

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



EL USO DE LA GRAMÁTICA DEL MUSIASSEM PARA EL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Juan José Cadillo Benalcazar

Tesis doctoral

Doctorado en Ciencia y Tecnología Ambientales
Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales
Universitat Autònoma de Barcelona

Director de tesis:

Dr. Mario Giampietro

Barcelona, septiembre 2015

**EL USO DE LA GRAMÁTICA DEL MUSIASSEM PARA EL
ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA SOSTENIBILIDAD DE
LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS**

TESIS DOCTORAL

Juan José Cadillo Benalcazar

Doctorado en Ciencia y Tecnología Ambientales

Instituto de Ciencia y Tecnología Ambientales

Universidad Autónoma de Barcelona

DIRECTOR: Dr. Mario Giampietro

SEPTIEMBRE 2015

AGRADECIMIENTOS

Aunque no creo en ninguna religión, mi mayor agradecimiento se lo tengo que dar a Dios por darme la fuerza de voluntad para alcanzar este pequeño logro personal y sobre todo por poner en mi camino, a lo largo de toda mi vida, a esas personas que me han enseñado a ser mejor persona y mejor profesional. Esta hoja es un ínfimo reconocimiento de la eterna gratitud que siempre tendré hacia ellos.

A mi hijo, Sebastián, quien es mi razón de vida y ha sacrificado años de mi compañía para que yo alcance mis metas. A pesar de la pena que me ha ocasionado estar lejos de él, su amor y alegría siempre me han hecho sentir que no estamos distanciados. A mis padres, Gladys y Adolfo por su incondicional amor, su lealtad, sus consejos, su apoyo y por enseñarme que el mayor valor que tiene una persona es darlo todo por su familia. A ellos, quienes son mi ejemplo de actitud e inspiración de superación. A mis segundos padres, mis abuelitos, Margarita, María y Germán; quienes con su nobleza y su ejemplo de lucha me han inculcado la fortaleza suficiente para hacer frente a las distintas pruebas de la vida. A Mayra, por suplir mi ausencia durante estos años en la crianza de mi hijo, por cuidarlo, educarlo e inculcarle valores y lo más importante, por enseñarle que su padre lo ama. A mis hermanos, Adolfo, Alejandro, Daniel y Germán, por su constante preocupación y apoyo en los momentos difíciles. A mi tía Lupe, por su cariño y su constante preocupación por el bienestar de la familia; asimismo a mi tía Rosario, mi tío Manuel y mis primos María, Miguel y Aurea por su colaboración en esta etapa de mi vida.

A Mario, mi maestro, mi ejemplo de persona y amigo, quien aceptó el reto de dirigir mi tesis doctoral, trabajo nada fácil. Además, nunca olvidaré sus consejos, en especial el que dice "...cuando estés ante un problema que piensas que no se puede solucionar, relájate y ya ...". Muchas gracias, Mario, por confiar en mí, aún sin conocerme. A Sandra, quién nunca dudó en ayudarme y sobre todo, junto con Mario, en darme la oportunidad de mejorar constantemente como profesional.

Esta tesis jamás se hubiera hecho sin el apoyo incondicional de Cristina. Ella quien siempre estuvo presente en todo momento, tanto en las buenas como en las malas. Especialmente, en las malas. Aunque esta ayuda ha sido fundamental para mi vida profesional, lo más importante para mí ha sido conocerla; su calidad como persona, su bondad, su humildad, su honradez, su alegría, su fortaleza y, principalmente, sus principios hacen de ella un ejemplo de admiración. Opinión que todos la que la conocemos compartimos. A ella, a quien admiro, mi eterno agradecimiento.

A mi hermano Carlos y a su adorable familia, quienes me acogieron como un miembro más. A Carlos, muchas gracias por darme tu apoyo y tu amistad desde mis primeros días en España, ello me sirvió para no sentirme solo en un país extraño y me ayudaron a superar los obstáculos propios de esta experiencia.

A Teresa, quien por su preocupación, su cariño, su respeto, su confianza y su amistad me hicieron y me hacen sentir como su hijo. A ella, quien batalló incansablemente para que siempre tuviera trabajo. Muchas gracias por ser esa maravillosa persona.

A Paul, a Neyra y a René con quienes compartí varios años de convivencia. Muchas gracias por hacerme sentir que tenía una familia y compartir conmigo los días especiales.

A Roberto, mi amigo, con quien compartí largas conversaciones y discusiones, las cuales me enseñaron a ser crítico y a abrir mi mente hacía otros campos de estudio.

A Bea, mi amiga, quien me ayudó en todo momento en conseguir oportunidades de trabajo.

A Christine y David por su calidez humana, por apoyarme y por preocuparse para que mi estancia en Arizona fuera la mejor.

A mi paisa Cathy por su amistad y confianza. Nuestras interminables conversaciones y caminatas al “A” mountain me sirvieron de inspiración para tener mi mente más abierta a nuevas ideas. Asimismo, un agradecimiento muy especial y respetuoso a su amorosa madre por su amistad.

A mis amigos, Jordi por su invaluable amistad y ser mi profesor de informática y Alexandra por contagiarme su carisma.

A mis amigos de las bibliotecas de la UAB por enseñarme y hacer de mi estadía con ellos un espacio muy confortable: María Antonia, Nuria, Vicenç, Ferran, Cristina, Esther, Rosa Lozano, Rosa Cabezas, Trinidad, Sergi, Mónica, Jaume, Joaquín, Antonia.

A mis amigos del ICTA, Tiziano, Pedro, Raúl, Rosaria, Tarik, Zora, François, Alev, Cristina, Antonio, Camilo, Arnim y Jesús. A ellos quienes con sus conversaciones y compartir han hecho de esta etapa de mi vida un aprendizaje constante.

En mi nueva etapa de vida en Ecuador, tengo que agradecerle a esta gente encantadora que me acogieron como uno más de ellos y hacen de mi estancia aquí mi hogar. Evelyn, Belén, Sofía, Valeria, Freddy, Gabriel, Pablo, Francisco, Andrés, Santiago Jaramillo, Santiago Verdesoto, Moisés, Vicky, Maja, Patricio y Eduardo.

A mis amigos del IAEN con los que comparto cada día experiencias nuevas, Javier, Kaysara, Gloria, Marcos, Daniel, Rony, Jaime y Hernán.

Finalmente, un agradecimiento muy especial al Instituto de Altos Estudios Nacionales por darme la oportunidad de ser un integrante más de su familia.

RESUMEN

En los tiempos modernos, la ciencia se enfrenta al desafío de cómo representar la interacción entre el sistema socioeconómico y el sistema ecológico, considerados en conjunto como sistema socioecológico, con la finalidad de analizar cuantitativamente su sostenibilidad. Sin embargo, esto supone necesariamente romper con el paradigma tradicional reduccionista de la ciencia para construir otro paradigma alternativo que sea consciente de las limitaciones inevitables de la representación cuantitativa de estos sistemas. Estas limitaciones nacen del razonamiento de entender este sistema socioecológico como un sistema complejo organizado a través de distintas escalas y niveles. Desde esta perspectiva, el sistema socioeconómico y el sistema ecológico se pueden observar solamente mediante distintas escalas y niveles. Precisamente, las dinámicas de estas interacciones ocasionan que cualquier actividad que suceda en una repercutirá en la otra y viceversa, dando así un marco de análisis para la sostenibilidad.

A partir de estas limitaciones, el Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM, por sus siglas en inglés) introduce el concepto de gramática como medio para superar el desafío epistemológico de representar los sistemas complejos. Entendiéndose este concepto como un conjunto de relaciones que se establecen entre categorías semánticas y categorías formales, previamente definidas, con la finalidad de obtener una representación capaz de ser operacionalizada en términos cuantitativos a través de diferente escalas y dimensiones. De este modo, la gramática se propone como un instrumento de análisis capaz de evaluar la sostenibilidad del sistema socioecológico sin caer en una excesiva simplificación de un reduccionismo cuantitativo.

Un aspecto fundamental de la sostenibilidad de cualquier sociedad es la adecuada satisfacción de sus necesidades básicas, como por ejemplo la alimentación. En este sentido, a pesar de que el Planeta produce la suficiente

cantidad de alimentos para todos, existen alrededor de 805 millones de personas que padecen hambre y un tercio de esta producción se pierde o se desperdicia. Asimismo, se espera que en el futuro estas condiciones empeoren a consecuencia de la dependencia de los insumos tecnológicos utilizados en la producción de alimentos, el cambio de la dieta de la población (con un mayor consumo de productos de origen animal), el agotamiento de los recursos biofísicos y el cambio climático.

Ante esta trágica realidad, las instituciones y las autoridades que toman las decisiones han remarcado la imperiosa necesidad de plantear estrategias dirigidas hacia la seguridad alimentaria. Pero ello amerita disponer de un panorama general que incluya la visión interna de su metabolismo - lo que la sociedad consume- y la visión externa de su metabolismo - de dónde proviene y cómo se produce lo que se consume. Sólo así se podrá tener un conocimiento holístico para discutir y plantear este tipo de estrategias.

Por lo tanto, en esta tesis se prueba la utilidad de la gramática del MuSIASEM como instrumento de representación del sistema socioecológico, capaz de identificar las vulnerabilidades de los sistemas alimentarios de las sociedades. Así como también, su potencial como generador de información - basado en la integración coherente de las diferentes variables demográficas, económicas y biofísicas- para la toma de decisiones. Esta utilidad y este potencial queda demostrado en los tres casos de estudio presentados: las Islas Mauricio, el Archipiélago de Galápagos y el Ecuador como país.

SUMMARY

In modern times, science is facing the challenge of how to represent the interaction between socio-economic systems and ecological systems, which together can be regarded as socio-ecological systems, in order to quantitatively analyze their sustainability. To face this challenge it is necessary to break the traditional reductionist approaches of science, to build an alternative paradigm that is aware of the unavoidable limitations in quantitative representations of these systems. These limitations arise from the lack of understanding that socio-ecological systems are complex systems organized across different levels of organization. From this perspective, socio-economic system and ecological systems can only be observed across different scales and dimensions. Indeed, the dynamics of these interactions cause any activity that happens in one to affect the other and vice versa, thus providing an analytical framework for sustainability.

From an acknowledgment of these limitations, the Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) introduces the concept of grammar as a means to overcome the epistemological challenge of representing complex systems. A grammar is defined as a set of relations established between semantic categories, previously defined, and formal categories in order to obtain a representation able to be operationalized in quantitative terms across different scales and dimensions. Thus, grammar is proposed as an analytical tool capable of assessing the sustainability of the socio-ecological system without falling in the risk of an excessive simplification of quantitative reductionism.

A key aspect of the sustainability of any society is the proper fulfillment of basic needs such as food. In this regard, although the planet produces enough food for all, there are about 805 million people suffering from hunger and a third of production is lost or wasted. It is also expected that in the future these conditions will worsen as a result of reliance on technological inputs used in food

production, changes in the diet of the population (with more animal products), biophysical resource depletion and climate change.

Faced with this tragic reality, institutions and decision-making authorities have stressed the urgent need to devise strategies aimed at food security. There is a need to have an overview, which includes what society consumes; the inner vision of the metabolism, and where food comes from, how it is produced and what is consumed; the external view of the metabolism. Only then, can you have a holistic knowledge to discuss and improve strategies aimed at food security.

In this thesis I tested the utility of the grammar renderer MuSIASEM as socio-ecological instrument, able to identify vulnerabilities in the food systems of societies and its potential as a source of information -based on the coherent integration of demographic, economic and biophysical variables- for decision-making. Three case studies - Mauritius, the Galapagos Islands and Ecuador as a whole – were used for such a test.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Formulación y sistematización del problema	3
Objetivos de la investigación	3
Justificación de la investigación	4
Hipótesis de trabajo	4
Estructura de la tesis	5
INTRODUCTION	8
Formulation and standardization of the problem	10
Research objectives	10
Justification of research	11
Working hypothesis	11
Thesis structure	11
1 EL DESAFÍO DE LA ALIMENTACIÓN EN EL MUNDO	15
1.1 El dilema de la conceptualización de las necesidades humanas	15
1.2 El problema de la alimentación	19
1.2.1 Las revoluciones tecnológicas y sus consecuencias	23
1.2.2 El cambio de la dieta alimenticia y su impacto en el medio ambiente	31
1.3 La incertidumbre de la alimentación del futuro	35
1.4 Referencias bibliográficas	38
2 NUEVOS CONCEPTOS PARA TRATAR CON EL TEMA DE LA SOSTENIBILIDAD	48
2.1 Introducción	48
2.2 Limitaciones de la tradición científica y económica modernas	50
2.3 Los problemas medioambientales como reto conceptual y metodológico	51
2.4 Bases conceptuales en la definición de los sistemas socioecológicos	53
2.5 La perspectiva del metabolismo social	56
2.6 Aproximaciones socioecológicas en el análisis de la sostenibilidad	58

2.7	La representación de sistemas socioecológicos para el análisis de la sostenibilidad	63
2.8	Referencias bibliográficas	64
3	POTENCIAL DE LA GRAMÁTICA DEL MUSIASEM EN LA REPRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD	
		71
3.1	Introducción	71
3.2	La representación a través de gramáticas	74
3.3	¿Por qué una gramática no es un modelo?	78
3.4	La gramática del MuSIASEM	81
3.5	Conclusiones	87
3.6	Referencias bibliográficas	89
4	LA GRAMÁTICA DE LOS ALIMENTOS	93
4.1	Introducción	93
4.2	Terminología	94
4.3	La visión interna frente a la visión externa	97
4.4	Complicaciones epistemológicas	100
4.4.1	Contextualizando los flujos agregados	100
4.4.2	El bucle interno de productos alimenticios para la producción de alimentos y la falta de una relación lineal	104
4.4.3	Así pues ¿cómo abordamos la contabilidad de los flujos de alimentos?	107
4.5	Un protocolo de contabilidad para el metabolismo de los alimentos	107
4.5.1	Una gramática para describir en términos semánticos el patrón metabólico de los alimentos	107
4.5.2	El bucle interno: una interrelación escurridiza entre la visión interna y la externa	109
4.6	Formalización de la gramática de los alimentos	112
4.7	Conclusiones	117
4.8	Referencias bibliográficas	118
5	LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA ALIMENTARIO DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS	120
5.1	Introducción	120

5.2	El diseño de la gramática del MuSIASEM	123
5.2.1	Fuentes de información	124
5.2.2	Tratamiento de los datos	128
5.3	Caracterización biofísica del sistema alimentario	129
5.3.1	Visión externa	129
5.3.2	Visión interna	145
5.4	Discusión	148
5.5	Conclusiones	151
5.6	Referencias bibliográficas	152
6	CARACTERIZACIÓN MULTI-ESCALA DEL SISTEMA ALIMENTARIO DEL ECUADOR	156
6.1	Introducción	156
6.2	Cambio de perspectiva sobre el desarrollo del sistema agrícola	158
6.3	La Gramática de los alimentos	159
6.3.1	Visión externa	159
6.3.2	Visión interna	168
6.4	La Soberanía alimentaria	172
6.5	Escenarios para el 2035	179
6.6	Conclusiones	182
6.7	Referencias bibliográficas	183
	CONCLUSIONES	185
	CONCLUSIONS	190
	ANEXO 1: Food Grammar	195
	ANEXO 2: Datos del caso de estudio de las Islas Mauricio.	221
	ANEXO 3: Datos del caso de estudio del Archipiélago de Galápagos	240
	ANEXO 4: Datos del caso de estudio del Ecuador	245
	ANEXO 5: Hoja de Vida	270

FIGURAS

Figura 1-1	Comparación entre la tasa de crecimiento de las principales categorías de alimentos agrícolas y la tasa de crecimiento de la población.	25
Figura 1-2	Comparación de la tasa de crecimiento de la producción de carne de ganado vacuno y pollo con la tasa de crecimiento de la población.	25
Figura 4-1	La estructura jerárquica anidada básica de los compartimientos funcionales de la sociedad	95
Figura 4-2	Los cuatro bucles autocatalíticos que rigen las características del patrón metabólico de la sociedad moderna	99
Figura 4-3	El conjunto de relaciones complejas en los análisis cuantitativos expresados en forma de números individuales y vectores	103
Figura 4-4	Visión general de la relación semántica sobre las categorías elegidas en la gramática de los alimentos	110
Figura 4-5	Formalización de la gramática de los alimentos para las Islas Mauricio basada en una contabilidad de portadores de nutrientes	113
Figura 4-6	Formalización de la gramática de los alimentos para las Islas Mauricio basada en una contabilidad de toneladas de productos alimenticios	114
Figura 5-1	Gramática de los alimentos propuesta para el análisis del Archipiélago de Galápagos	126
Figura 5-2	Visión externa del sistema alimentario del Archipiélago de Galápagos	130
Figura 5-3	Comparación de la productividad entre el Cantón de Santa Cruz con la de la provincia de Galápagos	135
Figura 5-4	Gramática del uso del suelo en las islas Galápagos	137
Figura 5-5	Mal uso de la tierra en el Archipiélago	138
Figura 5-6	Uso de la tierra en las áreas intervenidas del Archipiélago de Galápagos	139
Figura 5-7	Demanda biofísica de la producción de carne de pollo	144
Figura 5-8	Visión interna del sistema alimentario del Archipiélago de Galápagos	149

Figura 6-1 Gramática diseñada para caracterizar el sistema alimentario del Ecuador	160
Figura 6-2 Visión externa del Patrón Metabólico de los Alimentos del Ecuador - 2012	161
Figura 6-3 Importancia del análisis multinivel	168
Figura 6-4 Visión interna del Patrón Metabólico de los Alimentos del Ecuador -2012	170
Figura 6-5 Porcentaje de energía endosomática según categoría de alimento	171
Figura 6-6 Tendencia de la producción de maíz de grano duro para pienso de animales	171
Figura 6-7 Producción e importación de trigo en toneladas (2000-2012)	173
Figura 6-8 Flujo de la cebada y la producción de cerveza	174
Figura 6-9 Comparación entre los requerimientos internos y la capacidad productiva 2012	176
Figura 6-10 Comparación de los factores de producción entre Ecuador y EEUU para producir una tonelada de soya	176
Figura 6-11 Evolución de la producción de carne en el Ecuador	177
Figura 6-12 Crecimiento del suelo destinado a pastizales	178
Figura 6-13 Posibles escenarios para el 2035	180
Figura 6-14 Escenarios con mejora en la productividad de pastizales	181
Figura 6-15 Comparación entre el requerimiento interno de 2012 y de 2035	181

TABLAS

Tabla 2-1	Modelo conceptual del sistema	62
Tabla 2-2	Categorías del estudio de fortalecimiento de la resiliencia	63
Tabla 4-1	Representación multi-nivel y multi-escala del patrón metabólico de las islas Mauricio (2010)	105
Tabla 4-2	Consumo bruto y neto de maíz per cápita y año para EE.UU. y China	106
Tabla 5-1	Abastecimiento de alimentos en el Archipiélago	136
Tabla 5-2	Desagregación de la información para la producción agrícola del Archipiélago de Galápagos	142
Tabla 5-3	Diferencia entre el precio mayorista en Galápagos y el precio mayorista en el continente	146
Tabla 5-4	Escenarios sobre el consumo de carne de pollo para el 2020	147
Tabla 6-1	Uso del suelo en el Ecuador 2012	164
Tabla 6-2	Flujo de alimentos entre la sociedad ecuatoriana y las demás sociedades 2012	166
Tabla 6-3	Potencial agropecuario del Ecuador	167

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ABG	Agencia de Regulación y Control para la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos.
AG	Sector agricultura
CGREG	Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos.
EM	Sector de energía y minería
HH	Sector hogares
IAEN	Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca del Ecuador.
MuSIASEM	Análisis Integrado Multi Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema
PW	Sector del trabajo pagado
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador

INTRODUCCIÓN

Esta tesis está relacionada con el principal desafío al que la ciencia cuantitativa debe enfrentarse en los tiempos modernos: abordar la complejidad del dilema de la sostenibilidad (o mejor dicho, la falta de sostenibilidad) del patrón actual de desarrollo de la humanidad para generar información útil para la gobernabilidad.

Cada vez más los problemas de gobernabilidad requieren la consideración simultánea de múltiples aspectos relevantes que se pueden describir mediante diferentes escalas y dimensiones de análisis, a diferencia del enfoque de Newton en el que la base de la cuantificación radica en las ecuaciones diferenciales y en los modelos deterministas y por tanto, sólo puede tratar la representación de un tema específico mediante la adopción de una escala y de una dimensión a la vez.

En esta situación la superparametrización de los modelos y el intento de reducir miles de variables en un único sistema de contabilidad o la proliferación de criterios y de indicadores no constituyen soluciones válidas. No tratan la cuestión fundamental implícita en la complejidad, es decir cómo manejar en términos cuantitativos la inexorable existencia de percepciones no equivalentes de un sistema determinado (que requieren la consideración de unos criterios de actuación diferentes pero igualmente legítimos) y la representación no reducible de un sistema (que requiere de la adopción de esferas descriptivas diferentes y no reducibles para referirse a las distintas escalas y atributos observables).

En esta tesis abordaré dos temas arduos de la ciencia de la sostenibilidad: (Capítulo 1) la cuestión de la seguridad alimentaria en el planeta en el futuro; y (Capítulo 2) las limitaciones del enfoque tradicional sobre el análisis cuantitativo (reduccionismo) al tratar la complejidad de esta cuestión. Para encarar estas dos cuestiones: (Capítulo 3) exploraré nuevas vías de análisis de la sostenibilidad fundamentadas en conceptos innovadores desarrollados en el ámbito de la teoría de la complejidad y de la bioeconomía; y entonces me centraré (Capítulo 4) en el concepto de gramática introducido en el Análisis Multi-escala del Metabolismo de la

Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM, por sus siglas en inglés) que permite representar y proporcionar una estructura sólida para la contabilidad cuantitativa necesaria para un análisis efectivo de las raíces biofísicas de la seguridad alimentaria.

La parte empírica de la tesis presenta dos aplicaciones de la gramática del MuSIASEM que tienen como objetivo el de probar los potenciales del enfoque a la hora de abordar la complejidad de la cuestión de la seguridad alimentaria. La primera aplicación (Capítulo 5) examina los factores que se deberían considerar para describir y estudiar la seguridad alimentaria del Archipiélago de Galápagos. El análisis se basa en el paso diagnóstico y considera las opciones (lo que se puede hacer y lo que no) para así permitir llevar a cabo un debate informado sobre las futuras estrategias del desarrollo agropecuario en el archipiélago. La segunda aplicación (Capítulo 6) estudia los factores que se deberían considerar para describir y examinar la seguridad alimentaria del Ecuador (a nivel de todo el país). El análisis si se basa en un paso diagnóstico de la situación existente (qué se come en Ecuador, qué se produce y cómo, cuánto se importa, cuáles son las implicaciones tanto en la dieta como en el medioambiente del patrón metabólico existente) y se complementa con un paso de simulación en el que se examinan distintos escenarios con un mayor número de población y con características dietéticas diferentes (p. ej. un aumento en la cantidad y en la combinación de los productos de origen animal).

La última sección se centra en determinar la consecución de los objetivos propuestos con la finalidad de evaluar la validez de la hipótesis propuesta.

Formulación y sistematización del problema

Formulación

¿Puede la gramática del MuSIASEM servir como herramienta de representación y de operacionalización en el análisis de la sostenibilidad alimentaria de las sociedades?

Sistematización

- ¿Es la gramática del MuSIASEM una alternativa a los modelos?
- ¿Es la gramática del MuSIASEM capaz de integrar coherentemente variables demográficas, económicas y biofísicas para el análisis de flujos de los alimentos en las sociedades?
- ¿Puede la gramática del MuSIASEM, a través de la operacionalización, identificar los cuellos de botella que aumentan la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios?

Objetivos de la investigación

Objetivo general

Determinar si la gramática del MuSIASEM puede servir como herramienta de representación y de operacionalización en el análisis de la sostenibilidad alimentaria de las sociedades.

Objetivos específicos

- Identificar y evaluar las diferencias del poder explicativo y predictivo que existen entre los modelos y la gramática del MuSIASEM como alternativa de representación.
- Determinar la capacidad de la gramática del MuSIASEM para integrar coherentemente las variables demográficas, económicas y biofísicas para el análisis de los flujos de los alimentos.

- Analizar el potencial de la gramática del MuSIASEM, mediante su operacionalización, para identificar los cuellos de botella que generan la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios.

Justificación de la investigación

En la actualidad, la ciencia se enfrenta a dos visiones distintas para desarrollar el conocimiento. La primera, basada en un enfoque reduccionista, y la segunda en un enfoque integrador u holístico. No obstante, la perspectiva de los sistemas complejos ha puesto en evidencia la necesidad de una visión alternativa para entender la dinámica de la relación entre las sociedades humanas y el entorno. Es así que el enfoque holístico supone una posible alternativa para comprender el funcionamiento y la interrelación de los fenómenos identificables como sistemas complejos, ya sea con la denominación de sistema socioeconómico o de sistema ecológico.

Desde esta perspectiva, la gramática del MuSIASEM puede suplir las carencias de la visión reduccionista y ofrecer las posibilidades analíticas de la visión de los sistemas complejos. A pesar de eso, la gramática del MuSIASEM se ha desarrollado para estudiar la energía, el agua, el suelo, la gobernabilidad; pero no ha sido orientada al estudio de los alimentos propiamente dicho. En consecuencia, desarrollar y evaluar el potencial de la gramática del MuSIASEM para el análisis de la sostenibilidad de los alimentos puede contribuir al uso de éste para la toma de decisiones en el tema.

Hipótesis de trabajo

La gramática del MuSIASEM puede servir como herramienta de representación y de operacionalización del análisis de la sostenibilidad alimentaria de las sociedades.

Estructura de la tesis

Para alcanzar los objetivos planteados, la presente investigación seguirá la siguiente estructura:

En el Capítulo 1 se define como uno de los más grandes desafíos a los que se enfrentan los líderes mundiales y los responsables de la toma de decisiones es el de satisfacer adecuadamente las necesidades básicas de sus conciudadanos. Especialmente, aquellas que su insatisfacción pongan en riesgo la estabilidad de las sociedades, tal como sucede con la dificultad para acceder a los alimentos. Por ello, aquí se repasa, en primer lugar, los diferentes enfoques que se han elaborado para definir la necesidad. En segundo lugar, se presenta la ilusión del alimento para todos, un planteamiento que pretendía eliminar -mediante la revolución verde y la biotecnológica- el hambre en el mundo. En este caso, se subraya que, si bien desde esta propuesta se ha logrado mejorar la producción alimentaria, también ha ocasionado toda una serie de consecuencias que han puesto en evidencia la vulnerabilidad del actual sistema alimentario. Por último, se presenta un panorama general de los retos a los que se enfrenta el abastecimiento futuro de los alimentos.

En el Capítulo 2 se discuten las posibilidades explicativas de los enfoques científicos en los que ha descansado la descripción de la relación de las sociedades humanas con el entorno y el análisis de la sostenibilidad de dicha relación, a través de la caracterización y la distinción de lo que hemos denominado como enfoques reduccionistas y la alternativa transdisciplinaria que busca el conocimiento desde una perspectiva holística, mediante el reconocimiento de los sistemas complejos. En este sentido, se enfatiza la noción de sistemas socioecológicos, entendidos como sistemas complejos, como recuperación de la perspectiva de que las sociedades son parte de la naturaleza. Finalmente, se muestra cómo los conceptos desarrollados desde el enfoque de la complejidad han servido de referencia para innovadores abordajes que permiten superar las limitaciones del pensamiento científico tradicional a la hora de representar los sistemas complejos para el análisis de la sostenibilidad.

En el Capítulo 3 se empieza con el reconocimiento que una alta capacidad para representar los sistemas complejos es la exigencia central de cualquier metodología que pretenda encontrar en esto una herramienta para el diagnóstico de la relación de las sociedades humanas con el entorno. Los requerimientos de dicha capacidad de representación se cifran en un lenguaje lo suficientemente recursivo y sintético en sus rasgos y principios como para que sean flexibles y en ello, ofrezcan pertinencia y operatividad para diversidad de escenarios y situaciones que, en todo caso, se caracterizan por la complejidad -entre sus múltiples niveles y dimensiones. A través de una gramática, el MuSIASEM ha cifrado en ello su potencial analítico y predictivo. Por tanto, se argumentan las ventajas y los alcances de la gramática del MuSIASEM como alternativa a los modelos en la representación del análisis de la sostenibilidad.

En el Capítulo 4 se elabora la gramática, siguiendo los principios del MuSIASEM, para la caracterización de los flujos de energía de los alimentos a través de escalas y niveles. La necesidad de una gramática de los alimentos surge de dos grandes retos epistemológicos que se enfrentan en la contabilidad de los flujos de alimentos: a) la alternativa entre la visión interna y la externa del metabolismo de alimentos. Mientras la visión interna del metabolismo de los alimentos dentro de la sociedad se centra en el consumo de alimentos y requiere de un sistema de contabilidad en términos de portadores de nutrientes, la visión externa se centra en el lado de la producción de los productos agrícolas; y b) el carácter no lineal de la relación entre la oferta bruta de productos agrícolas primarios y la oferta neta de alimentos para las personas. Esta no linealidad de la relación referida se debe a la presencia de un bucle autocatalítico interno en la producción de alimentos (consumo de alimentos para la producción de alimentos). Lo importante de lo anterior es que la gramática de alimentos hace que sea posible caracterizar en términos cuantitativos los flujos de alimentos de acuerdo con estas dos visiones no equivalentes, a la vez que toma en cuenta las complicaciones introducidas por el bucle interno. A modo de

ejemplo, se determina el patrón metabólico de los alimentos para el caso de las Islas Mauricio.

En el Capítulo 5 se aplica la gramática del MuSIASEM para realizar un diagnóstico de la situación del sistema alimentario del Archipiélago de Galápagos, tomando como año de referencia el 2010. Este diagnóstico se basa en el establecimiento del patrón metabólico de los alimentos a través de la integración de las variables biofísicas, demográficas y económicas. Al mismo tiempo que, bajo los principios del MuSIASEM, se genera un sistema de contabilidad que facilita la comprensión de los limitantes externos (p. ej. la disponibilidad de recursos) y los limitantes internos (p. ej. la baja productividad) que ponen en evidencia la vulnerabilidad alimentaria de Galápagos. De este modo, se demuestra el potencial de la gramática del MuSIASEM como elemento de representación de los sistemas complejos y de generación de información para una toma de decisiones participativa.

En el Capítulo 6 se parte de la situación que el Estado Ecuatoriano ha considerado dentro de su Constitución Política la soberanía alimentaria como un objetivo estratégico y dentro de este, alcanzar la autosuficiencia alimentaria para reducir los impactos de los agentes externos. Ello le representa a las autoridades plantear estrategias que incentiven la consecución de este objetivo, pero que a su vez, mantenga un equilibrio entre la protección del medio ambiente, la obtención de divisas mediante la agroexportación y el logro de una seguridad alimentaria continua en el país. A partir de ello, en este capítulo se demuestra como una caracterización multiescala a través de la gramática del MuSIASEM permite apreciar las oportunidades e impedimentos que tendría el Ecuador para alcanzar la autosuficiencia alimentaria. Para ello, se muestra también el modo simulador del MuSIASEM que proporciona escenarios para la evaluación de la factibilidad, viabilidad y deseabilidad de políticas públicas.

Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación, las cuales estarán acorde con los objetivos propuestos, y los siguientes pasos a seguir en las líneas de esta investigación.

INTRODUCTION

This thesis is related to the major challenge faced by quantitative science in modern times: dealing the complexity of the predicament of sustainability (or better the lack of sustainability) of the existing pattern of development of humankind, towards generating useful information for governance. More and more the problems of governance require the simultaneous consideration of multiple relevant aspects across different scales and dimensions of analysis. Meanwhile, the Newtonian approach to quantification based on differential equations and deterministic models can only handle the representation of specific issues by adopting a scale and a dimension at a time. In this situation the over-parametrization of models and the attempt to reduce thousands of variables into a single system of accounting or the proliferation of criteria and indicators do not represent valid solutions. They do not address the basic issue implied by complexity, which is how to handle in quantitative terms the unavoidable existence of non-equivalent perceptions of a given system (requiring the consideration of different but legitimate criteria of performance) and non-reducible representation of a system (requiring the adoption of different and non-reducible descriptive domains referring to different scales and observable attributes).

In this thesis I will tackle two daunting issues in sustainability science: (Chapter 1) the issue of food security at a planetary level in the next century; and (Chapter 2) the limitations of conventional approaches in quantitative analysis (reductionism) when dealing with the complexity of that issue. To tackle these two issues I will: (Chapter 3) explore new approaches to the analysis of sustainability based on innovative concepts developed in the field of complexity theory and bio-economics; and then I will focus (Chapter 4) on a new method of accounting Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM) that makes it possible to provide a robust structuring of the quantitative accounting required for an effective analysis of the biophysical roots of food security.

The empirical part of the thesis presents two applications of the MuSIASEM approach with the goal of testing the potentialities of the approach in dealing with the complexity surrounding food security. The first application (Chapter 5) studies the factors that should be considered to characterize and study the food security of the Galapagos Islands. The analysis is based on a diagnostic step, which looks at the options (in terms of identifying what can be done and what cannot be done) which can make a contribution towards better informed decisions on future strategies in agricultural development for the archipelago.

The second application (Chapter 6) studies the factors that should be considered in order to characterize and study the food security of Ecuador (at the country level). The analysis is based on a diagnostic step of the existing situation and answers the following: What food is consumed in Ecuador? What is produced and how? How much is imported? And what are the implication on both the diet and the environment of existing metabolic pattern?. It is complemented by a simulation step in which different scenarios are considered with a larger population and with different characteristics of the diet (e.g. an increase in the quantity and the mix of animal products).

The last section provides the conclusion sharing the lessons learned from both the theoretical study and the empirical work.

Formulation and standardization of the problem

Formulation

Can the MuSIASEM grammar be useful as a tool of representation and operationalization in the analysis of food sustainability of the societies?

Standardization

- Is the MuSIASEM grammar an alternative to the models?
- Is the MuSIASEM grammar able to consistently integrate the demographic, economic and biophysical variables for the analysis of food flows in societies?
- Can the MuSIASEM grammar, through the operationalization, identify the bottlenecks which can increase the vulnerability of food systems?

Research objectives

Overall objective

To determine whether the MuSIASEM grammar can be used as a tool of representation and operationalization in the analysis of food sustainability in the societies.

Specific objectives

- To identify and assess the differences between the explanatory and the predictive abilities that exist between the MuSIASEM grammar and the models as representation alternatives
- To determine the capacity of the MuSIASEM grammar to consistently integrate the demographic, economic and biophysical variables for the analysis of food flows
- To analyze the potential of the MuSIASEM grammar, through its operationalization, to identify the bottlenecks, which can increase the vulnerability of the food systems

Justification of research

Today, science is facing two visions of developing knowledge. The first is based on a reductionist approach, and the second on an integrated or holistic approach. However, the prospect of complex systems has highlighted the need for an alternative vision to understand the dynamics of the relationship between human societies and the environment. Thus, a holistic approach is a possible alternative for understanding the operation and the interaction of identifiable phenomena as complex systems, either under the name of socio-economic system or of ecosystem.

From this perspective, the MuSIASEM grammar can fill gaps in the reductionist view and provide the analytical possibilities of the vision of complex systems. It has been developed to study energy, water, soil, governance; but there has yet to be applied to the study of the food system. Accordingly, the development and to assessment of the potential of the MuSIASEM grammar for analyzing food sustainability can contribute towards making decisions on the issue.

Working hypothesis

The MuSIASEM grammar can be used as a tool of representation and operationalization of the analysis of food sustainability of human societies.

Thesis structure

To achieve the objectives, this research is structured as follows:

Chapter 1 proposes that one of the greatest challenges that world leaders and decisions-makers face is meeting the basic needs of their citizens properly. Especially as this dissatisfaction can endanger the stability of societies, as is the case with the difficulty of access to food. Therefore, here we first review the different approaches that have been developed to define the needs. Second, the illusion of food for all is presented, as an approach that was intended to eliminate world hunger through the green revolution and biotechnology. In this case, it is underlined, that even if with this proposal food production has been improved, it has also led to a series of consequences that have highlighted the vulnerability of the current food

system. Finally, we present an overview of the challenges that the future food supply is facing.

In Chapter 2 I discuss the explanatory possibilities of scientific approaches that underlie the description of the relationship of human societies with the environment. We carry out a sustainability analysis of this relationship, through the characterization and the distinction of what we have called reductionist approaches, and the transdisciplinary alternative which seeks knowledge from a holistic perspective by recognizing complex systems. In this regard, it is highlighted that the notion of socio-ecological systems, understood as complex systems, to regain the vision that societies are part of nature. Finally, we present how the concepts developed from the perspective of complexity have served as a reference for innovative approaches that can overcome the limitations of traditional scientific thinking when representing complex systems for analyzing sustainability.

In Chapter 3 I begin with the recognition that a high ability representing complex systems, to analyze sustainability, is the central requirement of any approach that seeks to find in it a tool for diagnosing the relationship of human societies human with the environment. The requirements of such capacity of representation are stated in a language sufficiently recursive and synthetic in its features and principles as to be flexible; and therefore, to provide relevance and operability for different scenarios and situations that are characterized by complexity between their multiple levels and dimensions. MuSIASEM has estimated its analytical and predictive potential through a grammar. Thus, the advantages and scopes of the MuSIASEM grammar are reported as an alternative to the models in the representation of the analysis of sustainability.

In Chapter 4 the grammar is developed, according to the principles of MuSIASEM's for characterizing the flows of food energy across scales and levels. The need of a food grammar comes from two significant epistemological challenges facing the accounting of food flows: a) the alternative between the internal and the external view on food metabolism. Whereas the internal view on food metabolism

in a society focuses on food consumption and requires an accounting system in terms of nutrient carriers; the external view focuses on the production side of agricultural commodities; b) the non-linear relation between the gross supply of primary agricultural commodities and the net food supply for people. This non-linearity of the referred relation is due to the existence of an internal autocatalytic loop in food production (food consumption for food production).

What is important from the above is that the food grammar enables the characterization in quantitative terms of food flows, according to the two non-equivalent views. At the same time, it takes into consideration the difficulties introduced by an internal loop. For example, the metabolic pattern of food in the Mauritius case study.

In Chapter 5 the MuSIASEM grammar is applied for diagnosing the situation of the food system of the Galapagos archipelago, using 2010 as a reference year. This diagnose is based on the establishment of the metabolic pattern of food, through the integration of biophysical, demographic and economic variables. At the same time, according to the MuSIASEM principles, it generates an accounting system which facilitates the understanding of the external constraints (e.g. availability of resources) and the internal constraints (e.g. low productivity), which highlight the food vulnerability of Galapagos. Thus, the potential of the MuSIASEM grammar as an element representing complex systems and as a generator of information for participatory decision-making is demonstrated.

Chapter 6 starts from the situation of the Ecuadorian State, which has considered in its Political Constitution food sovereignty as a strategic goal and through it, reaching food self-sufficiency to reduce external agents' impacts. This demand from the authorities' proposals for future strategies provides an incentive to meet the objectives of this study; but, at the same time, keeping the balance between environment protection, foreign exchange earnings through agricultural exports and achieving continuous food security in the country. From this standpoint, in this chapter I demonstrate how a multi-scale characterization by means of the

MuSIASEM grammar enables us to appreciate the opportunities and the bottlenecks that Ecuador has to achieve for food self-sufficiency. For this purpose, I also demonstrate the MuSIASEM simulation mode which provides scenarios to check the feasibility, viability and desirability of public policies.

Finally, the research conclusions are presented in the last section, which are in line with the proposed objectives, and their subsequent steps in the different research areas are presented.

1 EL DESAFÍO DE LA ALIMENTACIÓN EN EL MUNDO

Resumen

El objetivo de este capítulo no consiste en hacer un tratado de los conceptos y discusiones que se efectúan frente al problema del abastecimiento de los alimentos en el mundo, sino señalar los principales debates que se realizan sobre el tema. En primer lugar, se repasan los diferentes enfoques que se han elaborado para definir la *necesidad*. En segundo, se presenta la ilusión del *alimento para todos* que se pretendía alcanzar mediante la revolución verde y la revolución biotecnológica; pero que si bien ha logrado mejorar la producción alimentaria ha traído consigo una serie de consecuencias que ha puesto en evidencia la vulnerabilidad del actual sistema alimentario. Finalmente, se presenta un panorama general de los retos a los que se enfrenta el abastecimiento futuro de los alimentos.

1.1 El dilema de la conceptualización de las necesidades humanas

La atención que ha recibido la conceptualización de *necesidad* radica, principalmente, en establecer unos principios fundamentales que sirvan como base, en todas las naciones del mundo, para la instauración de leyes básicas enfocadas al respeto de la dignidad humana (Nussbaum, 2002).

De este modo, se pueden encontrar diversas propuestas que han conceptualizado la necesidad desde diferentes enfoques. A continuación presentamos algunas de ellas: la teoría sobre la jerarquía de las necesidades humanas, propuesta por Maslow (1943), la cual sugiere que las necesidades son elementos innatos a la especie humana y que, por tanto, nunca desaparecen sino que, como especie, siempre se está en un estado de insatisfacción relativa. Él sugirió cinco categorías jerárquicas de necesidades, que son: 1) las necesidades básicas o fisiológicas; 2) las de seguridad y protección; 3) las sociales; 4) las de estima y, finalmente, 5) las de autorrealización. La importancia de este orden jerárquico recae, según Maslow, en la concepción de que únicamente se busca satisfacer las necesidades de una jerarquía superior

cuando, previamente, se han satisfecho las necesidades de la jerarquía inferior anterior. Así, las necesidades representan un conjunto de objetivos que condicionan los deseos y la conducta de las personas, que, al mismo tiempo, están influenciados por los rasgos culturales y la personalidad de cada individuo. No obstante, tal como señalan Doyal y Gough (1984), esto conlleva una confusión entre la necesidad y el deseo.

En contraposición a esta propuesta, Heller (1996) señala que las necesidades se refieren siempre a valores y sólo así se pueden definir. En consecuencia, las necesidades son aquellas de las cuales somos conscientes y que, por tanto, debemos reconocer y satisfacer, siempre y cuando no haga del hombre un simple instrumento de otro. En base a esto clasifica las necesidades en: existenciales (corresponden a las necesidades básicas, ya sean materiales o no); alienadas (corresponden a las necesidades de poder, ambición y posesión); no alienadas (corresponden a las necesidades afectivas) y radicales (corresponden a la superación del sistema capitalista). Al definir estas necesidades por un valor, se establece una dialéctica de valores negativos que se deben superar, como las necesidades incluidas en la categoría de radicales, y de valores positivos que se deben alcanzar.

Por su parte, Galtung y Wirak (1973) proponen una teoría del desarrollo que sugiere la existencia de dos condiciones contempladas en la definición de las necesidades: la primera, relacionada con las condiciones indispensables para la existencia del ser humano y, la segunda, con las condiciones necesarias para la continuidad de la sociedad. De esta manera, estos autores intentan integrar al individuo, que tiene su propia naturaleza, en la sociedad a la que pertenece; devolviendo de este modo a la sociedad su condición de sistema complejo. Sin embargo, también reconocen que no todas las necesidades son igual de importantes, sino que existe un rango de necesidades que abarca desde la más a la menos elemental. Estas son: las necesidades de seguridad (dirigidas a las necesidades de supervivencia), bienestar (orientadas a las necesidades de alimentación, etc.), libertad (orientadas a las necesidades de elección y expresión) e identidad (orientadas a las necesidades de pertenencia).

De un modo más radical, Marcuse (2010) reconoce, también, la existencia de necesidades, pero señala que éstas se pueden dividir en auténticas y ficticias. Para él, las necesidades auténticas son aquellas que provienen de la naturaleza del hombre y por tanto

son ineludibles, ya que de no satisfacerse se pondría en peligro el desarrollo personal del individuo. Mientras que las necesidades ficticias son aquellas que se han generado por intereses económicos y sociales, es decir, que son fundamentalmente ideológicas. La distinción que hace Marcuse parte del rechazo a la influencia que tiene el modelo económico para crear necesidades. Esto nace del nuevo uso de la economía, que ha dejado de ser la disciplina que tiene como objetivo gestionar adecuadamente los recursos escasos a convertirse en un instrumento de acumulación de capital.

En la creencia que existen necesidades universales, Doyal y Gough (1984) proponen una teoría de las necesidades humanas, en la que consideran la necesidad como una categoría específica de objetivos que se pueden universalizar. En cambio, definen los deseos como objetivos derivados que nacen de las preferencias de cada individuo y de su entorno cultural. De este modo, ellos opinan que se puede diferenciar claramente una necesidad de un deseo, hecho que no ocurre, necesariamente, en las teorías anteriormente comentadas. Asimismo, señalan que la no satisfacción de estas necesidades ocasionaría un grave daño objetivo, que se puede ver como una limitación fundamental en la búsqueda de lo que los autores consideran el bien. Doyal y Gough consideran como objetivos universales: la prevención de daños graves, la participación social y la participación crítica. De estos objetivos se derivan dos necesidades básicas que son la salud física y la autonomía, condiciones para llevar a cabo cualquier acción individual indistintamente de su cultura. Este hecho, según ellos, hace que estas necesidades sean universales. Además, señalan que si las necesidades básicas son universales, los bienes y servicios, en su mayoría, varían según la cultura. Así pues, debe existir una relación entre estas necesidades universales y los satisfactores que son socialmente relativos. Por eso, ellos definen como *satisfactor* a todo objeto, actividad y relación que satisface estas necesidades básicas. Simultáneamente, estos satisfactores tienen una serie de propiedades que son, propiamente dicho, las que satisfacen las necesidades básicas independientemente de su entorno cultural. En consecuencia, la categoría que reúne este conjunto de propiedades de los satisfactores es la que sirve como relación entre ambas condiciones.

Aunque Nussbaum (2002) enfoca su trabajo a los problemas específicos a los que se enfrentan mujeres y niñas, los principios y fundamentos que ella presenta se pueden

extrapolar, fácilmente, tanto a hombres como a niños (Gough, 2008). Ella postula el principio de capacidad para cada persona, es decir, toma a cada persona como un fin. Asimismo, presenta una lista de capacidades funcionales humanas centrales, en las que incluye: la vida, la salud corporal, la integridad corporal, los sentidos y el pensamiento, las emociones, la razón práctica, la afiliación, las otras especies, la capacidad para jugar y el control sobre el entorno de cada uno. Desde un sentido amplio, ella reconoce que estas capacidades se pueden diferenciar entre capacidades básicas (relacionadas con la dotación innata de cada individuo), internas (relacionadas con las características propias de las personas) y combinadas (corresponden a las capacidades internas combinadas con las condiciones externas apropiadas para el cumplimiento de la función). Gough (2008) encuentra diversas similitudes entre el trabajo realizado por Nussbaum y la teoría de las necesidades humanas (Doyal y Gough, 1984), a pesar de la diferencia en el uso de términos. Él señala que ella utiliza el término *capacidades* en lugar de necesidades. Las semejanzas son tan evidentes que Gough (2008) equipara los puntos presentados en ambas propuestas conceptuales. Por ejemplo, los tres objetivos universales, propuestos por Doyal y Gough, la prevención de daños graves, la participación social y la participación crítica son equivalentes, según él, a las capacidades de integridad física, de afiliación y de control sobre el entorno, respectivamente.

Uno de los trabajos más reconocidos en el ámbito de las necesidades es el de Sen por relacionarlas con las libertades fundamentales. Él señala que la ausencia de libertades fundamentales limita la satisfacción de las necesidades básicas de las personas, alejándolas de una vida digna (Sen, 1997). Por eso, realiza una crítica a las nociones del bienestar planteadas por la teoría económica clásica (Sen, 1977). Incluso defiende que la manera más adecuada para medir el bienestar y la pobreza debe estar fundamentada en las capacidades básicas, las cuales pueden ser entendidas como las habilidades que tienen las personas para conseguir una forma de vida digna y que esta dependerá de las libertades con las que cuente. Por este motivo, es indispensable que el desarrollo de la sociedad se centre en la potenciación de estas habilidades (Sen, 1977, 1983, 1987). Así se refleja que las capacidades son una asociación de componentes propios del individuo y de la estructura social (Groppa, 2004). Sin embargo, tal como señala

Gough (2008), Sen nunca elaboró un listado de capacidades, lo cual indica que no completó su trabajo.

Este conjunto de enfoques ha supuesto un debate entre el relativismo y el universalismo de las necesidades, así como de la subjetividad y objetividad de las mismas. Esta confrontación obedece a la delgada línea que separa los diversos tipos de necesidades, que se fundamentan en una apreciación meramente subjetiva. En la actualidad, este debate aún sigue abierto y no parece que vaya a llegar, próximamente, a un consenso. No obstante, sin restar importancia a la conceptualización de las necesidades, la problemática de la insatisfacción de los elementos básicos (ya se consideren necesidades o capacidades) para la vivencia de las personas y de las sociedades es una realidad que se va agravando cada vez más.

1.2 El problema de la alimentación

Independientemente del enfoque del concepto de necesidad, las personas tienen una serie de necesidades que requieren satisfacer para llevar una vida plena, entendiendo ésta última como un estado en el cual los individuos pueden desarrollar y ejercer adecuadamente sus capacidades (Malinowski, 1939; 1970). En este sentido, los alimentos desempeñan una función importante porque actúan como *satisfactor* de una necesidad básica, la alimentación (Maslow, 1943). Ello implica que el inadecuado abastecimiento de alimentos no sólo pone en peligro la integridad del individuo, sino también la continuidad de las sociedades.

Esta importancia de los alimentos ha quedado plasmada jurídicamente en la Declaración Universal de los Derechos Humanos, proclamada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1948, en su artículo 25 en donde señala: “toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación.....”(ONU, n.d.).

Lastimosamente, el hambre, entendido como la escasez de alimentos básicos que causa carestía y miseria generalizada (RAE, 2015), ha sido la portadora de muerte durante siglos. Episodios catastróficos relacionados con el hambre se datan desde tiempos muy antiguos. Por ejemplo, el documento más antiguo hallado que hace referencia a este problema corresponde a un mensaje escrito sobre granito por un faraón (Zottola, 1962). Incluso existen evidencias de

civilizaciones antiguas que desaparecieron como consecuencia de este problema (Diamond, 2004), los Mayas en Centroamérica (Eggebrecht et al., 2001), los Rapa Nui en la Isla de Pascua (Fonck, 1973), etc.

En la actualidad, a pesar de los avances alcanzados en la producción de alimentos, este problema dista mucho de ser resuelto. Durante el periodo 2012-14, alrededor de 805 millones de personas padecen hambre (FIDA, PMA y FAO, 2014). Aproximadamente 3,1 millones de niños menores de cinco años mueren a causa de una nutrición deficiente cada año y, en los países en desarrollo, 66 millones de niños en edad escolar primaria asisten a clase con hambre (WFP, 2015). Esta situación es tan crítica que se estima que el hambre mata a más personas que el SIDA, la malaria y la tuberculosis juntas (ibíd.).

A pesar de este número alarmante de personas con hambre, sí que ha habido mejoras respecto a este problema. Por ejemplo, en la última década más de 100 millones de personas han superado esta situación y desde 1990-92 alrededor de 209 millones de personas (FAO, 2014). El Índice Global del Hambre (GHI, por sus siglas en inglés)¹ señala que el hambre disminuyó de 19,8 puntos en 1990 a 14,7 puntos en el 2012². Pero como sucede con todas las cifras globales, esto no se dio de manera homogénea en todas las regiones del mundo. Así, se puede destacar que Europa, Asia Sudoriental, América Latina y el Caribe fueron las regiones donde se dieron los mayores avances en esta lucha. Mientras, en África este problema aún sigue siendo relevante a pesar de las mejoras que ha conseguido (Welthungerhilfe, IFPRI, y Concern Worldwide, 2012). Por ejemplo, en el África subsahariana más de una de cada cuatro personas permanecen crónicamente subalimentadas (FAO, 2014).

En la década de los setenta, la escasez de cereales y su consecuente subida de precio, trajo consigo el recuerdo del desequilibrio entre la población y los alimentos señalado por

¹ El GHI es un indicador elaborado para medir y evaluar el hambre, tanto a nivel mundial como a nivel nacional y regional. Este indicador combina otros tres indicadores a los que se les asigna una misma ponderación. Estos subindicadores, por así llamarlos, son: la *subnutrición*, que refleja la proporción de personas subnutridas como porcentaje de la población; el *bajo peso infantil*, que refleja la proporción de niños y niñas menores de cinco años con bajo peso y la *mortalidad infantil*, que señala la tasa de mortalidad de niños y niñas menores de cinco años (Welthungerhilfe et al., 2012).

² Si bien es cierto, el GHI es utilizado por diversas organizaciones como un referente. También ha sido objeto de críticas. Por ejemplo, Hirotsugu (2015) señala que únicamente el 50% de sus componentes está relacionado con el hambre, mientras el otro 50% no lo está.

Malthus (1798); quien decía que “mientras la población crece geoméricamente los alimentos lo hacen aritméricamente”. Este contexto sirvió a la Conferencia Mundial de Alimentación, realizada en 1974 en la ciudad de Roma, para definir el concepto de Seguridad Alimentaria como “la disponibilidad en todo momento de suficientes suministros mundiales de alimentos básicos para sostener el aumento constante del consumo de alimentos y compensar las fluctuaciones en la producción y los precios” (FAO, 2012a).

Según la coyuntura de ese momento, esta definición se centró específicamente en la disponibilidad de alimentos, dejando de lado el aspecto humano, el aspecto nutricional, el aspecto de inocuidad y el aspecto de accesibilidad. Sin embargo, sirvió como referente para un debate científico y político. A partir de este debate el concepto de seguridad alimentaria ha ido adquiriendo diferentes enfoques, tal como lo demuestran los aproximadamente doscientos conceptos que se contabilizaron en 1992 (Smith et al., 1992). Incluso dentro de los organismos internacionales hubo una evolución de este concepto, lo que sugiere una transformación en el razonamiento preceptivo oficial (FAO, 2003).

En las últimas décadas, el concepto aceptado por los organismos internacionales sobre la seguridad alimentaria es el que se presentó en la Cumbre Mundial sobre la Alimentación en el año 1996. En ella se definió la seguridad alimentaria como una situación que se da “cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades alimentarias para desarrollar una vida activa y sana” (FAO, 2015c). La intención de esta definición más elaborada es la de proporcionar un carácter multidimensional a la seguridad alimentaria y la de dar apoyo a la instauración de derechos encaminados a resolver o a evitar esta problemática. El éxito de esta intención se ve reflejado en la incorporación del derecho a la alimentación en la Constitución de más de cuarenta países, ya sea de manera especial o como parte del acápite del derecho a un nivel adecuado de vida (McClain-Nhlapo, 2004). Asimismo, se espera que otros cincuenta y cuatro países incorporen este derecho a sus respectivas Constituciones (ibíd.).

Este concepto consensuado abarca cuatro dimensiones: la disponibilidad, el acceso, la utilización y la estabilidad. La primera, hace referencia a la existencia de alimentos suficientes y de calidad aceptable, sin tomar en consideración el origen de ellos. La segunda, está

relacionada con el acceso de los individuos a los recursos pertinentes para conseguir alimentos nutricionalmente adecuados, lo cual involucra las condiciones económicas y físicas. La tercera, está vinculada al uso biológico de los alimentos como medio para obtener una nutrición adecuada y la última dimensión hace referencia a la estabilidad en el acceso a los alimentos, es decir, que en todo momento las personas puedan tener un acceso apropiado a ellos (FAO, 2006a).

A pesar del reconocimiento de una adecuada alimentación y de los esfuerzos en el establecimiento de un marco conceptual, en la práctica, el discurso de la seguridad alimentaria está principalmente influenciado por un pequeño sector dirigido a la oferta agrícola, la productividad y la tecnología (Burchi y De Muro, 2015).

La falta de seguridad alimentaria que genera el hambre se debe a un problema en el acceso a los alimentos y no a la falta de una producción global. Acorde con esto, la FAO (2015b) señala que el Planeta dispone de todos los recursos necesarios para alimentar a toda la población. Por ejemplo, según el Balance Alimentario del Mundo del 2011 cada persona tendría, por medio de los alimentos, un suministro energético aparente de 2.868 kcal/día (FAO, 2015a); cifra mayor a las 1.800 kcal/persona/día que sugiere la FAO como mínimo para que las personas disfruten de una vida saludable y productiva (Welthungerhilfe et al., 2012, pág. 9). Esta cantidad de energía sugerida por la FAO es meramente referencial, debido a que la ingesta de calorías dependerá de la constitución física y de la actividad que la persona realice. Además, una nutrición adecuada no depende exclusivamente de las calorías ingeridas, sino también de la ingesta de macro y micronutrientes (tales como proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, etc.). Sin embargo, lo que se desea resaltar aquí es la suficiente capacidad productiva del Planeta para mantener a la población actual.

En las últimas décadas se ha podido apreciar que los rendimientos de los cultivos mayormente consumidos en el mundo se han duplicado o más; lo cual ha generado un surplus en su producción (Long et al., 2015). Por ejemplo, la producción mundial del maíz, del arroz, del trigo y de la soja (productos que proporcionan dos tercios de las calorías consumidas en el mundo [Ray et al., 2013]) pasaron de a) 205 Mt, b) 215 Mt, c) 222 Mt y d) 27 Mt en 1961 a a) 1.018 Mt; b) 741 Mt; c) 716 Mt y d) 276 Mt en el 2013, respectivamente (FAO, 2015a).

1.2.1 Las revoluciones tecnológicas y sus consecuencias

La llamada revolución verde ha promovido el incremento de la producción de alimentos en las últimas décadas. Esta revolución se inició en los años cincuenta del siglo pasado y consistía en el uso de la tecnología con la finalidad de aumentar los rendimientos de la producción, bajo la justificación de acabar con el hambre que existía en el mundo. La tecnología destinada a este fin priorizaba las especies de altos rendimientos, obtenidas mediante la mejora genética tradicional, y el incentivo al uso de insumos (fertilizantes inorgánicos, plaguicidas, maquinarias, etc.) para una producción intensiva de alimentos en mayor escala (Lipton y Longhurst, 1989).

Esta serie de estrategias, incentivadas por las empresas que buscaban incorporar la tecnología desarrollada con fines militares al área civil, tuvieron logros evidentes, especialmente, en Asia, América Latina y África (Ibíd.). Por citar un caso específico, la producción de trigo en México pasó de 750 kg/ha en 1950 a 3.200 kg/ha en 1970, representando un aumento del 467% (Ceccon, 2008).

Como consecuencia, durante casi todo el periodo 1960-2013, la tasa de crecimiento de la producción de las principales categorías de alimentos agrícolas (cereales, hortalizas, cultivos oleaginosos y frutas) fue incluso mayor que la tasa de crecimiento de la población mundial (véase Figura 1-1). Aunque en la producción de carne la tasa de crecimiento decreció, la producción también se incrementó (véase la Figura 1-2). Por ejemplo, la producción de carne de pollo pasó de 8 Mt en 1961 a 96 Mt en el 2013, mientras que la de carne de res pasó de 28 Mt a 63 Mt durante ese mismo periodo (FAO, 2015a).

No obstante, esta revolución verde también ha traído consigo una serie de consecuencias que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la población mundial. En primer lugar, significó un cambio en el tipo y en la cantidad de energía que se utilizaba en la producción de alimentos. En los periodos prehistóricos la energía gastada para la obtención de alimentos provenía esencialmente del esfuerzo humano (alrededor del 95%). Ahora, en los países desarrollados que cuentan con una producción altamente mecanizada, el porcentaje del esfuerzo humano en las actividades agropecuarias no es significativo (Pimentel y Pimentel,

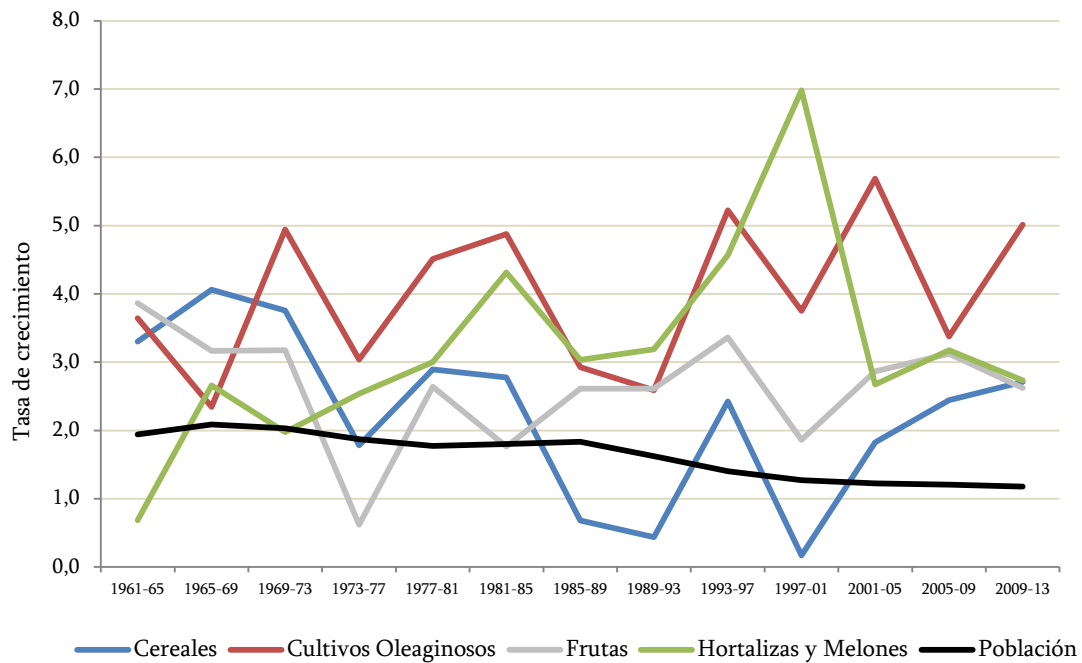
2008). Esto no representa, de ningún modo, una reducción de la inversión energética en los países desarrollados, sino que se ha sustituido la energía proporcionada por la fuerza humana y animal por la energía proporcionada por los combustibles fósiles, suponiendo una mayor inversión energética. Por ejemplo, aunque los Estados Unidos de América gastan únicamente el 19% de la energía en la producción de alimentos, su consumo en términos absolutos por kilocalorías de comida ingerida es mucho mayor al de varios países en vías de desarrollo (Ibíd.).

Incluso existen políticas de desarrollo que incentivan el uso de energía en la producción agrícola. Por ejemplo, en la zona del Punjab en la India, en el periodo 1996-97, la superficie regada con agua subterránea aumentó de 2,5 Mha a 3 Mha como consecuencia del subsidio que otorgó el gobierno a la electricidad utilizada en los sistemas de riego (Madrid et al., 2014).

El hecho de aumentar el consumo de combustibles fósiles a la producción de alimentos, tiene varias repercusiones: a) este tipo de recurso no es renovable, al menos en tiempo humano, lo cual hace de su dependencia una vulnerabilidad (Giampietro y Bukkens, 2012); b) un aumento en el precio de estos combustibles impacta directamente en el precio de los alimentos, afectando negativamente la accesibilidad de los alimentos por parte de la población más pobre; c) la dependencia y la escasez de los combustibles fósiles han originado la búsqueda de nuevas alternativas como los biocombustibles, los cuales afectan a la disponibilidad y accesibilidad de los alimentos (Pimentel, 2012); d) desplaza la mano de obra y e) el uso de maquinarias aumenta la compactación del suelo.

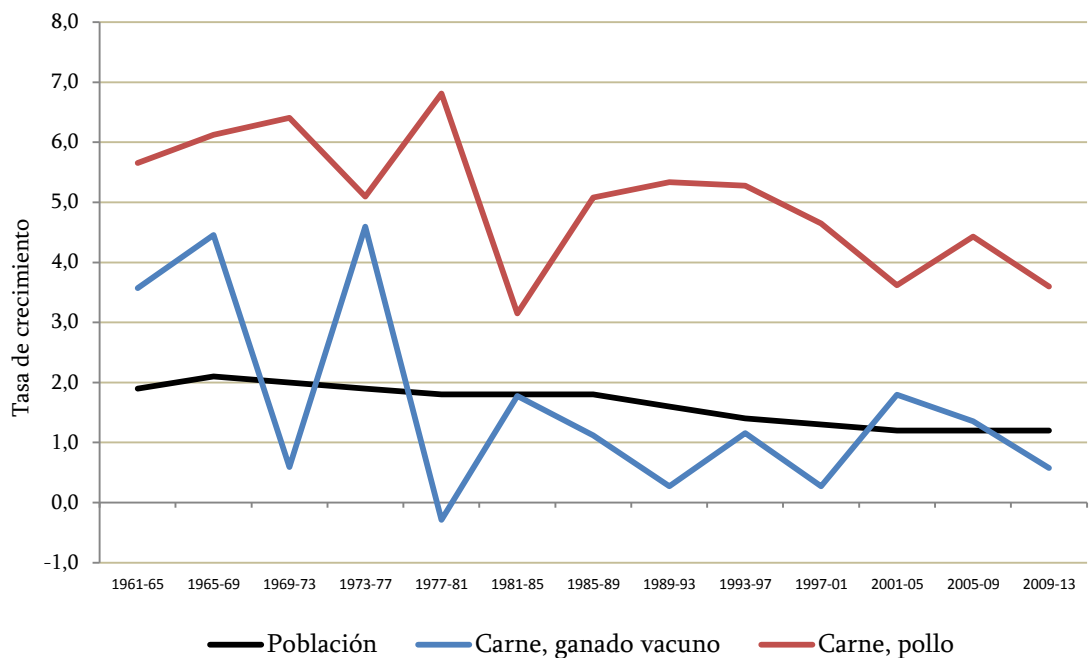
En segundo lugar, el uso de fertilizantes inorgánicos, a los cuales se les atribuye el 40-60% de la producción de alimentos (TFI, 2012), también repercute en el consumo energético debido a que se requiere una cantidad de energía importante para su producción. Asimismo, el precio de los fertilizantes sintéticos está relacionado con el precio de los combustibles (Llive et al., 2015), ya que sirve de materia prima para la producción de ellos, como por ejemplo la urea y el fosfato diamónico (MMAMRM, 2007).

Figura 1-1 Comparación entre la tasa de crecimiento de las principales categorías de alimentos agrícolas y la tasa de crecimiento de la población.



Fuente: (FAO, 2015a)

Figura 1-2 Comparación de la tasa de crecimiento de la producción de carne de ganado vacuno y pollo con la tasa de crecimiento de la población.



Fuente: (FAO, 2015a)

Este hecho supone un estado latente de riesgo ante un incremento de los precios de los combustibles, ya que muchos países en vías de desarrollo son importadores netos de fertilizantes (p. ej. Ecuador importa el 99,5%) y les representa el 30% de los costos de producción para ciertos cultivos (Llive et al., 2015).

Adicionalmente, las reservas mundiales de determinados nutrientes utilizados para la fabricación de fertilizantes son muy limitadas, como es el caso de los fosfatos. Dawson y Hilton (2011) sugieren que de mantenerse el ritmo de uso actual, en algunos cientos de años más las reservas se agotarían, generando una posible crisis alimentaria. A pesar de esta problemática, los subsidios que han aplicado algunos gobiernos a los fertilizantes, con la finalidad de mejorar la productividad alimentaria sin una capacitación previa de los productores, han conducido a una mala práctica del manejo del suelo. De este modo, ha tenido un impacto negativo en el suelo y se han desperdiciado recursos económicos que se podrían haber aprovechado de otra manera.

En tercer lugar, ante la pérdida anual del 42-48% del potencial de abastecimiento de alimentos a nivel mundial a causa de las plagas (Pimentel, 1987), se incentivó el uso de pesticidas para reducir estas pérdidas (Pingali y Rola, 1995). En consecuencia, se incrementó su uso de un millón de toneladas en 1940 a casi seis Mt en el 2005 (Carvalho, 2006). No obstante, su uso indiscriminado ha tenido diversos impactos negativos: se estima que de 1 a 5 millones de trabajadores del campo sufren intoxicaciones y que por lo menos 20 mil personas mueren anualmente a causa de estas sustancias, ocurrido, principalmente, en los países en desarrollo por la falta de preparación y el equipo adecuado (Hou y Wu, 2010; The World Bank, 2006); el mal uso de los pesticidas ha generado que ciertas plagas generen resistencia, hecho que agrava aún más el problema, y se han convertido en los principales contaminantes del suelo y de las fuentes de agua afectando la vida de las aves, de los peces, del ganado vacuno y del ser humano (Rekha y Prasad, 2006). A pesar de todas estas implicaciones, los agricultores siguen utilizando indiscriminadamente estas sustancias por la ignorancia de los riesgos, la falta de una alternativa mejor, la

subestimación de los costos de los pesticidas a corto y largo plazo, y la debilidad de las leyes y regulaciones aplicadas a su uso (Rahman, 2013).

En décadas posteriores tiene lugar una nueva revolución, la llamada revolución biotecnológica, que consiste en la generación de organismos genéticamente modificados, también llamados transgénicos. Los transgénicos son organismos a los que se les ha insertado un gen de otra especie para otorgarle un atributo que originalmente no tenía. Quizás el caso más conocido es el del maíz al que se le incorporó el gen de la proteína Cry1Ab de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), de ahí el nombre maíz Bt. El objetivo era otorgar resistencia a las plagas originadas por el *Ostrinia nubilalis* y el *Sesamia nonagrioides*, llamados vulgarmente barrenadores del maíz, que ocasionaban importantes pérdidas económicas en este cultivo (Castañera et al., 2010). Con esta nueva herramienta tecnológica, se pretendió resolver los problemas a los que se enfrentaban los agricultores (p. ej. las plagas, las sequías, entre otros [Clive, 2008]) y el problema de la nutrición (p. ej. mediante la producción de cultivos con altos contenidos de vitamina A, C, B9, entre otros [Zhu et al., 2007]). Incluso, tanta ha sido la ilusión por esta nueva tecnología que se ha sugerido que la tecnología genómica y los cultivos transgénicos representan un *progreso para la humanidad* (Bridge, McManus y Marsden, 2003; pág. 165).

“En extensas explotaciones de Europa y EE.UU., los cultivos se desarrollan, suministrando a la población alimentos abundantes. Pero en otras partes del mundo, la población tiene que hacer frente cotidianamente al hambre. Buscar nuevas soluciones para la demanda mundial de alimentos, y a la vez conservar el equilibrio ecológico del Planeta, es quizás el gran reto del próximo siglo.

Compartimos este Planeta -compartimos las mismas necesidades. En la agricultura, muchas de nuestras necesidades tienen un aliado de futuro en la biotecnología. Cultivos más abundantes y sanos. La producción más barata. La reducción del uso de plaguicidas y de combustibles fósiles. Un

medio ambiente más limpio. Con estos avances prosperaremos. Sin ellos será imposible avanzar.

En el próximo siglo tendremos que producir más alimentos y producirlos más económicamente que hoy en día. La tierra menos fértil tiene que rendir más y para esto tenemos que aplicar nuevas técnicas- el abuso y la erosión han causado un efecto negativo-. Para reforzar nuestras economías tenemos que producir nuestros alimentos sin depender de los demás.

La biotecnología agrícola asumirá un papel importante para llenar nuestras esperanzas. La aceptación de esta técnica puede dar lugar a un cambio drástico en las vidas de millones de personas. Las semillas del futuro ya están sembradas, déjalas crecer. Y luego la cosecha comenzará. Porque la producción segura de alimentos asegura una vida y un futuro mejor para todos. Un mensaje de las voces más respetadas del mundo, hecho posible por las compañías más respetadas del mundo, incluyendo Monsanto, la compañía que tiene el compromiso de encontrar soluciones para el problema del hambre en el mundo.”

Extracto del documento enviado por la empresa Monsanto a los líderes africanos (citado por Novás, 2005 págs.56-57).

La Organización Mundial del Comercio ha promovido esta nueva revolución, mediante el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, firmado en 1995. Este acuerdo obliga a los países miembros a proporcionar protección a las invenciones biotecnológicas, tanto de productos como de procedimientos. Tal como lo señala la Sección 5: Patentes, en su artículo 27, relativo a la Materia patentable “los Miembros otorgarán protección a todas las obtenciones vegetales mediante patentes, mediante un sistema eficaz sui generis o mediante una combinación de aquéllas y éste” (OMC, 1995 p. 354).

El impacto que ha tenido esta medida ha permitido que los transgénicos se utilicen en diversos países del mundo, porque las empresas dedicadas al desarrollo de esta tecnología han visto protegidos sus intereses y han realizado un trabajo de publicidad entre los productores y de presión ante las autoridades. Gracias a este mecanismo de acción de las empresas, se estimó que los países productores de cultivos transgénicos pasaron de seis en 1996 a veintiocho en el 2012; logrando en este último año una extensión superficial de cultivo de 170 Mha (Clive, 2012).

Con la introducción de esta tecnología se abrió un debate que aún no ha concluido y que, al parecer, no hay perspectivas que termine próximamente. Los que están a favor de esta tecnología les atribuyen los siguientes aportes:

1. La mejora de la seguridad alimentaria mediante la producción de alimentos a precios más bajos (Clive, 2008).
2. La reducción de los impactos que la agricultura tiene sobre la biodiversidad debida a la reducción de insecticidas, al uso de herbicidas más benignos y al aumento de la producción disminuyendo así la necesidad de tierras adicionales (Brookes y Barfoot, 2008, 2006; Carpenter, 2011).
3. La mejora en la rentabilidad de los agricultores. Por ejemplo, Qaim (2009) determinó que, en términos de aumento en la rentabilidad del maíz GM, el margen bruto en Estados Unidos fue de US\$12/ha, en Filipinas de US\$ 53/ha, en Sudáfrica de US\$ 42/ha, y en Argentina de US\$ 20/ha.
4. Colaboran en la lucha contra el cambio climático y la emisión de gases con efecto invernadero gracias a un menor consumo de combustibles fósiles, y a una menor cantidad de aplicaciones de plaguicidas y de la roturación del suelo (Brookes y Barfoot, 2008, 2006; Clive, 2012, 2009, 2008).
5. Mejoran la producción rentable de biocombustibles mediante la rentabilización y optimización de la biomasa por hectárea de cultivo, y existe la oportunidad de mejorar el metabolismo de los cultivos para facilitar el proceso de obtención de biocombustibles (Clive, 2008; Sticklen, 2006).

En cambio, los detractores de esta tecnología argumentan:

1. El problema del hambre no radica en la falta de producción, sino más bien es un problema de distribución de los alimentos.
2. Respecto a la biodiversidad, el problema son los efectos potenciales que pueden suceder por la hibridación de cultivos transgénicos con variedades locales o parientes silvestres, lo cual podría tener consecuencias indeseables y afectar a la seguridad alimentaria (Colwell, Norse, Pimentel, y Sharples, 1985; Dale, 1992; Ellstrand, 2001, 1988). Ya se han detectado casos de ADN transgénico en cultivos tradicionales de maíz en México (Quist y Chapela, 2001) y se han registrado polinizaciones cruzadas entre variedades transgénicas de canola en Canadá (Hall, Topinka, Huffman, y Davis, 2000).
3. Algunos estudios sugieren que la utilización de productos transgénicos se convierte en una dependencia hacia las empresas fabricantes (Movimiento Sem Terra citado por Pellegrini, 2009; Zerbe, 2004). Esto se debe a que estas empresas también fabrican los herbicidas y los plaguicidas, por lo tanto tienen un gran control sobre el mercado de estos insumos (Vía Campesina, 2012).
4. Respecto al cambio climático, para obtener un transgénico se utilizan toda una serie de laboratorios y equipos especiales que también requieren materiales y energía (que tiene un impacto importante sobre el cambio climático). Asimismo, demandan ciertas sustancias químicas que no solo utilizan energía para su fabricación sino que son altamente tóxicas para los seres vivos y que requieren un tratamiento especial para sus desechos. Por ejemplo, para la replicación del ADN se usan el isotiocianato de guanidinio y el fenol que son altamente tóxicos.
5. El 57% del área cultivada de transgénicos está orientada a la soja resistente a herbicidas, la cual está destinada principalmente a elaborar pienso animal y biocombustibles. Esto ha significado una sustitución del suelo destinado a producir alimentos para el humano a producir alimentos para biocombustibles (Altieri, 2009).

1.2.2 El cambio de la dieta alimenticia y su impacto en el medio ambiente

Otro fenómeno que se ha puesto de manifiesto en algunas sociedades o en determinados segmentos de la población es la transición de la dieta alimenticia, originada por las mejoras en las condiciones socioeconómicas y la urbanización de la población. En esta transición incluso se pueden identificar etapas. En un primer momento, cuando las sociedades salieron de su economía de subsistencia hacia una de mayor bienestar socioeconómico se observó un crecimiento cuantitativo en el consumo de alimentos tradicionales, generalmente de origen vegetal (Combris y Soler, 2011; Grigg, 1995). Posteriormente, ocurrió un cambio radical en la dieta alimenticia, cumpliendo así la denominada Ley de Bennet (1941). Esta ley señala que cuando los ingresos económicos aumentan en la población hay una disminución en el consumo de productos ricos en carbohidratos y un aumento de otros productos más ricos en proteínas, tales como la carne, los huevos, etc. Evidencia de esta transición alimentaria también ha sido señalada por Popkin (1993, 2006).

En este sentido, se puede constatar que en las últimas décadas la producción a nivel mundial de alimentos de origen animal ha crecido de manera notoria. Tanto así, que la producción de carne de res, cerdo, aves de corral, leche y huevos pasó de 1) 36,50 Mt, 2) 33,86 Mt, 3) 12,38 Mt, 4) 381,81 Mt y 5) 18,16 Mt en 1967 a 1) 66,89 Mt, 2) 109,12 Mt, 3) 105,64 Mt, 4) 753,92 Mt y 5) 71,92 Mt en el 2012, respectivamente (FAO, 2015a). Esto representó un incremento del 83% en carne de res, del 222% en carne de cerdo, de un 753% en carne de aves de corral, de un 97% en la producción de leche y de 296% en la producción de huevos.

La causa de este incremento fue una mayor demanda de los países en desarrollo, que vieron aumentado su poder adquisitivo (Delgado, 2003; Speedy, 2003). Por ejemplo, a comienzos de los años ochenta del siglo pasado el consumo diario de carne y de leche era un privilegio de los países más ricos, porque para los habitantes de África y de Asia estos productos eran un lujo casi inaccesible (Steinfeld et al., 2008). En cambio, se estima que, para el periodo 2013-2022, los países en desarrollo llevarán la mayor parte del crecimiento proyectado en el consumo

mundial de carnes con el 81% y que, además, serán los responsables del 92% del incremento total de la importación de carnes del mundo (Trostle y Seeley, 2013).

La importancia nutricional de los alimentos de origen animal radica, principalmente, en la aportación de proteínas de alta calidad. Denominadas así porque contienen aminoácidos esenciales que el ser humano no puede sintetizar en mayor proporción que los alimentos de origen vegetal, y porque tienen un alto porcentaje de digestibilidad. Por ejemplo, el ratio de digestibilidad de las proteínas del huevo es del 97%, el de los lácteos del 95% y el de la carne alrededor del 94% (FAO/WHO, 1993). Estos valores son más altos en comparación con los de las proteínas de origen vegetal, por ejemplo el ratio de digestibilidad del trigo entero y del maíz está entre el 85-86% (Smil, 2013b).

Esta clase de alimentos no son completamente esenciales para la dieta humana. Sin embargo, pueden desempeñar un papel importante en la nutrición humana mediante un consumo equilibrado (McAfee et al., 2010). Además, puede jugar un rol importante en la seguridad alimentaria porque incrementa la disponibilidad de proteínas comestibles para el humano, a través de la transformación del forraje (CAST, 2013; FAO, 2011).

Pero, por otro lado, la mayor demanda de alimentos de origen animal ha puesto en discusión un conjunto de problemas. Respecto a la seguridad alimentaria, si bien es cierto que anteriormente se señaló que los alimentos de origen animal pueden mejorar la seguridad alimentaria, especialmente en las zonas donde la accesibilidad a alimentos es precaria, también puede producir el efecto contrario. Esto ocurre cuando se destina alimentos consumibles por el ser humano como pienso para animales. Por ejemplo, se calcula que alrededor de un tercio de la producción mundial de cereales está destinado a la alimentación de animales (FAO, 2006b). Incluso Pimentel y Pimentel (2008) sugiere que si los 323 millones de toneladas de grano utilizado como pienso para animales fuera destinado a consumo humano, se podría alimentar a mil millones de personas. Esta cifra es mayor a los 805 millones de personas que sufren de hambre en la actualidad.

Respecto a la salud pública, el uso frecuente de antibióticos y quimioprofilácticos en los sistemas de producción intensivos para tratar enfermedades o como aditivos para impulsar el crecimiento, ha ocasionado la aparición de patógenos resistentes a dichos fármacos (FAO, 2013b). Por ejemplo, en 1960, a los seis meses después de que se empezara a comercializar la meticilina para estos fines se hallaron tres cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes a este antibiótico (Grundmann et al., 2006). Esto ha generado la alarma por la dificultad que supone para combatir las infecciones cada vez más resistentes (CDC, 2015).

Respecto al impacto ambiental, se prevé que la demanda de productos de origen animal aumente y con ello la demanda de energía, de agua y de suelo para su producción. En el caso de la energía, los combustibles fósiles constituyen los insumos más utilizados, porque son necesarios de manera indirecta para la producción, almacenaje, procesamiento y distribución del pienso; y de manera directa para la climatización de los corrales, la construcción de infraestructuras, el traslado del pienso del almacén a los corrales, la recogida y el tratamiento de los residuos, el sacrificio de los animales y el procesamiento, la distribución, la comercialización y la conservación de la carne (Pimentel y Pimentel, 2008; Sainz, 2003; Veermäe et al., 2011).

El consumo de energía varía según la zona y el sistema de producción. Uno de los elementos que mayor impacto tendrá en la demanda de energía es el tipo de dieta (Sainz, 2003). Por ejemplo, la cantidad de energía utilizada para la producción de concentrados es mayor a la utilizada para la producción de pastos (Barnnet y Russell, 2010). De ahí que los sistemas de pastoreo extensivo sean menos demandantes de energía que los sistemas intensivos (Kraatz y Berg, 2009). Entre los tipos de carne la de res, criados en cebaderos, son los más demandantes de energía (80-100 MJ/kg), seguido de la carne de cerdo (25-70 MJ/kg) y de pollo (25-35 MJ/kg) (Smil, 2008). Pimentel y Pimentel (2008) señalan que para producir una kilocaloría de proteína de carne de vacuno se necesitan cuarenta kilocalorías de combustible fósil, en cambio

para producir una kilocaloría de proteína de carne de pollo se requieren cuatro kilocalorías de combustible fósil.

En el caso del agua, se estima que la industria de la producción de alimentos de origen animal consume aproximadamente el 8% del abastecimiento del agua global (Schlink et al., 2010). Mekonnen y Hoekstra (2010) utilizando el método de la huella hídrica, sugieren que la producción animal mundial requiere alrededor de 2.422 Gm³ de agua al año, de los cuales un tercio es consumido para la producción de carne y un 19% para la producción de leche. De igual manera que sucede con la energía, la producción del alimento para los animales es el mayor demandante de agua, aproximadamente el 98% del agua utilizada para la producción animal. Así pues se indica que para producir carne de res se requiere de 15.400 m³/t, para la carne de cerdo de 6.000 m³/t, para la carne de pollo de 4.300 m³/t, para los huevos de gallina de 3.300 m³/t y para la leche de vaca de 1.000 m³/t (Ibíd.). Asimismo, se puede señalar que los países en desarrollo son los que tienen un mayor consumo de agua en la producción de este tipo de alimentos (Ran, 2010).

Uno de los mayores impactos de este sector es la contaminación con estiércol de las fuentes de agua ocasionando una eutrofización (EPA, 2013). La producción anual de estiércol de un pollo de carne es de 5 kg/año, de un cerdo en etapa de finalización es de 550 kg/año, y para un ternero de 4.500 kg/año (Key et al., 2011; MacDonald et al., 2009). Para el 2004, la FAO estimó que de los 135 Mt de nitrógeno excretado, el 58% provenía del ganado vacuno, el 12% de los cerdos y el 7% de los pollos para carne (Smil, 2013a).

En el caso del suelo, el área utilizada para la producción animal incluye el suelo dedicado al pastoreo y el dedicado a la producción de cultivos para pienso. Incluso, el sector de producción animal es uno de los principales agentes motivadores del cambio del uso del suelo. Por ejemplo, se calcula que el área ocupada de pastizales equivale al 26% de la superficie terrestre libre de hielo, es decir aproximadamente 3.433 millones de hectáreas (Steinfeld et al., 2006). Además, se calcula que cada año 13 mil millones de hectáreas de bosques se pierden por su

conversión para usos agrícolas, pastos o tierras de cultivo, lo cual tiene efectos negativos sobre la fertilidad del suelo, la biodiversidad y la disponibilidad del agua (FAO, 2012b). A pesar de este incremento de las tierras de pastoreo, el 20% de los pastizales del mundo han sido degradados por sobrepastoreo, compactación y erosión (Steinfeld et al., 2006).

En términos generales de impacto ambiental, la producción de 1 kg de carne de res es el que tiene el mayor uso de suelo y energía, y el más alto potencial de contribución al calentamiento global, seguido de 1 kg de carne de cerdo, pollo, huevos y leche (de Vries y de Boer, 2010).

1.3 La incertidumbre de la alimentación del futuro

Como se ha explicado en los apartados anteriores, a pesar de que el Planeta produce los suficientes alimentos para todos, hay 805 millones de personas que sufren de hambre, a causa de un problema en la distribución y en la accesibilidad de los alimentos. Por lo tanto, aunque la producción de alimentos se ha incrementado en las últimas décadas, las condiciones económicas de muchas personas han decaído. Por ejemplo, desde 1990 el ingreso per cápita ha sufrido un aumento del 3% anual en cuarenta países. No obstante, en ochenta países el ingreso per cápita es inferior al que tenían el decenio anterior. Esta situación se ha vuelto tan crítica que se estima que aproximadamente una quinta parte de la población mundial vive con menos de un dólar al día, lo cual se traduce en que no disponen de los medios económicos suficientes para tener acceso a los alimentos adecuados (Pengue, 2009).

En consecuencia, a nivel local, lo que determina la accesibilidad a los alimentos es el poder adquisitivo y no la necesidad, determinando así una relación inversamente proporcional entre el precio de los alimentos y el acceso a los alimentos sanos (Akter y Basher, 2014; Leung et al., 2014; Lin et al., 2014). Este panorama se hizo más patente en el año 2007, cuando a causa del aumento de los precios de los alimentos, el número de personas que padecen de hambre crónica se

incrementó en 75 millones; empeorando, además, la situación de la población que ya estaba en situaciones precarias (FAO, 2008).

Incluso el aumento de los precios de los alimentos tuvo un efecto negativo en la salud de las personas de dos maneras: en la calidad y cantidad de alimentos que el individuo ingiere directamente y en la reducción que ocasiona en el presupuesto destinado a la salud (Regmi y Meade, 2013). Esto provoca serias adversidades en aquellos países que ya tienen un alto porcentaje en el gasto del hogar destinado a alimentos. En Nigeria, durante el periodo 2009-10, los hogares destinaron el 65% del gasto total a la adquisición de alimentos y únicamente el 0,7% a gastos de salud (National Bureau of Statistic, 2012).

Sin embargo, ante esta realidad, se calcula que alrededor de un tercio de los alimentos producidos globalmente (1.300 Mt) se pierde o se desperdicia (FAO, 2012c). Esto demuestra que ni siquiera los sueños de la revolución verde tuvo el efecto deseado, es decir, el de eliminar el hambre a causa del aumento de la población, sino por el contrario el cambio del modelo de producción ha hecho los productos más caros.

Entonces, ahora, la desigualdad entre las sociedades ha marcado un nuevo panorama de intervención en el que se tiene que combatir la desnutrición, la malnutrición y la sobrenutrición (Gómez et al., 2013).

En el futuro, la situación no parece que vaya a mejorar. La población mundial pasará de más de 7 mil millones de personas en el 2015 a casi 10 mil millones de personas en el 2050 y serán África (1,3 mil millones de personas) y Asia (0,9 mil millones de personas) los continentes que tendrán el mayor crecimiento poblacional (United Nations, 2015). Precisamente, los mismos lugares donde encontramos un mayor número de casos de hambre, Asia que tiene dos tercios de la población mundial padeciendo hambre y África, específicamente el África Subsahariana, en donde más de una de cada cuatro personas sigue sufriendo hambre (FAO, 2014).

Este crecimiento poblacional junto con los cambios en la dieta hacen presumir que el sistema alimentario mundial y el ecosistema que lo mantiene afrontarán notables desafíos (Tilman et al., 2002; de Boer et al., 2006). Incluso se ha señalado que para satisfacer la demanda de alimentos para el 2050, la producción global de la agricultura debería aumentar entre el 60% y el 110% (Tilman et al., 2011). No obstante, los rendimientos de los principales cultivos (maíz, arroz, trigo y soja) no alcanzarían la tasa de crecimiento anual necesaria para producir la demanda requerida (Ray et al., 2013).

Además, el cambio de dieta generaría una desviación de alimentos consumibles para el ser humano a la producción de alimentos de origen animal. Así lo expresa Keyzer et al. (2005) “el principal desafío para el mercado mundial de alimentos en un futuro a medio plazo no es si estaremos biofísicamente aptos para alimentar a la población, sino más bien si podremos alimentar a los animales”. Hecho que no es plausible, ni siquiera en la proyecciones que hace la FAO de aumentar la producción de carne en el año 2050 en 450 Mt, simplemente un incremento del 20% en la producción de carne implicaría un alto costo ambiental (Smil, 2014). Por otro lado, si el 40% de todos los cultivos producidos hoy para alimentar a los animales se destinara al consumo humano se podría alimentar a los 9 mil millones de personas en el 2050 (FAO, 2012b).

Especialmente, ahora que el uso indiscriminado de los recursos naturales para la producción de alimentos amenaza el mismo abastecimiento futuro de alimentos, mediante la degradación de los suelos y el agotamiento de las reservas de agua fresca (Bosire et al., 2015; Campbell et al., 2005; Oago y Odada, 2007), y su impacto en el calentamiento global ya que aproximadamente el 22% de las emisiones totales provienen del sector agricultura (McMichael et al., 2007).

Por lo tanto, se hace necesario plantear estrategias que aseguren el abastecimiento de alimentos y fomenten patrones alimenticios más sostenibles del sistema alimentario futuro (Allievi et al., 2015). Sólo así, se logrará mejorar la eficiencia en el uso de los recursos para intentar alcanzar la sostenibilidad de la

producción mundial de alimentos y del consumo (Herrero y Thornton, 2013). En relación con este objetivo es esencial desarrollar herramientas científicas capaces de proporcionar un análisis efectivo del nexo entre los recursos necesarios para la producción de alimentos (agua, energía, suelo, biodiversidad) y las características de la sociedad que producen y consumen alimentos según las características esperadas. Hacia este punto es hacia dónde se dirige el resto de esta tesis.

1.4 Referencias bibliográficas

- Akter, S., y Basher, S. A. (2014). The impacts of food price and income shocks on household food security and economic well-being: Evidence from rural Bangladesh. *Global Environmental Change*, 25, 150–162.
- Allievi, F., Vinnari, M., y Luukkanen, J. (2015). Meat consumption and production e analysis of efficiency, sufficiency and consistency of global trends. *Journal of Cleaner Production*, 92, 142–151.
- Altieri, M. (2009). Transgénicos y agrocombustibles en América Latina. Disponible en http://www.verdeoliva.org/prensa/TRANSGENICO-FUNES-FREYRE/14_Miguel_Altieri.pdf Revisado el 04-04-2015.
- Barnnet, J., y Russell, J. (2010). Energy Use on Dairy Farms. Environmental issues at dairy farm level. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 443, 23–32.
- Bennet, M. (1941). Wheat studies of the Food Research Institute. (Stanford University, Ed.) (vol. 12). Stanford, CA.
- Bosire, C., Ogutu, J., Said, M., Krol, M., Leeuw, J., y Hoekstra, A. (2015). Trends and spatial variation in water and land footprints of meat and milk production systems in Kenya. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 205, 36–47.
- Bridge, G., McManus, P., y Marsden, P. (2003). The next new thing? Biotechnology and its discontents. *Geoforum*, 34, 165–174.
- Brookes, G., y Barfoot, P. (2006). Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and Environmental Effects in the First Ten Years of Commercial Use. *Ag. Bio. Forum*, 9(3), 139–151.
- Brookes, G., y Barfoot, P. (2008). Global Impact of Biotech Crops: Socio-Economic and Environmental Effects, 1996-2006. *Ag. Bio. Forum*, 11(1), 21–38.
- Brown, L. R. (2006). Plan B 2.0: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble (información en el Capítulo 9). Washington D.C. Disponible en http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/pb2ch09.pdf Revisado el 13-07-2015.

- Burchi, F., y De Muro, P. (2015). From food availability to nutritional capabilities: Advancing food security analysis. *Food Policy*, Disponible online 1 de mayo. Aún no cuenta con numeración.
- Campbell, D. J., Lusch, D. ., Smucker, T. A., y Wangui, E. (2005). Multiple methods in the study of driving forces of land use and land cover change: a case study of SE Kajiado District, Kenya. *Hum. Ecol.*, 33, 763–794.
- Carpenter, J. (2011). Impact of GM crops on biodiversity. *GM Crops*, 2(1), 7–23.
- Carvalho, F. (2006). Agriculture, pesticides, food security and food safety. *Environ Sci Policy*, 9, 685–692.
- CAST. (2013). Animal Feed vs. Human Food: Challenges and Opportunities in Sustaining Animal Agriculture Toward 2050. Council for Agricultural Science and Technology, September(53), 1–16. Disponible en <<http://www.cast-science.org/download.cfm?PublicationID=278268&File=1e30d111d2654524a7967353314f1529765aTR>> Revisado el 14-09-2014.
- Castañera, P., Ortego, F., Hernández-Crespo, P., Farinós, G., Albajes, R., Eizaguirre, M., ... Pons, X. (2010). El maíz Bt en España: experiencia tras 12 años de cultivo. *Phytoma*, 219, mayo.
- CDC. (2015). Antibiotic/Antimicrobial Resistance. Disponible en <<http://www.cdc.gov/drugresistance/>> Revisado el 28-07-2015.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias*, 1(91), 21–29.
- Clive, J. (2008). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008 (No. Brief N° 39). Ithaca, NY.
- Clive, J. (2009). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009 (No. ISAAA Brief N° 41). Ithaca, NY.
- Clive, J. (2012). Situación mundial de los cultivos biotecnológicos/GM: 2012 (No. Brief N° 44). Ithaca, NY.
- Colwell, R. E., Norse, E. A., Pimentel, D., y Sharples, F. E. (1985). Genetic engineering in agriculture. *Science*, 229, 111–112.
- Combris, P., y Soler, L. G. (2011). Consommation alimentaires: Tendances de long terme et questions sur leur durabilité. *Innovations Agronomiques*, 13, 149–160.
- Dale, P. J. (1992). Spread of engineered genes to wild relatives. *Plant Physiology*, 100, 13–15.
- Dawson, C. J., y Hilton, J. (2011). Fertiliser availability in a resource-limited world: Production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy*, 36, S14–S22. doi:10.1016/j.foodpol.2010.11.012
- De Boer, J., Helms, M., y Aiking, H. (2006). Protein consumption and sustainability: Diet diversity in EU-15. *Ecological Economics*, 59(3), 267–274. doi:10.1016/j.ecolecon.2005.10.011

- De Vries, M., y de Boer, I. J. M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1-3), 1–11. doi:10.1016/j.livsci.2009.11.007
- Delgado, C. (2003). Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *The Journal of Nutrition*, 133, 3907–3910.
- Diamond, J. (2004). *Collapse*. New York: Viking Press.
- Doyal, L., y Gough, I. (1984). A theory of human needs. *Critical Social Policy*, 4, 6–38. doi:10.1177/026101838400401002
- Eggebrecht, E., Eggebrecht, A., Seipel, W., Grube, N., y Krejci, E. (2001). *Maya Amaq. Mundo Maya*. Guatemala: Cholsamaj.
- Ellstrand. (2001). When Transgenes Wander, Should We Worry? *Plant Physiology*, 125(4), 1543–1545.
- Ellstrand, N. C. (1988). Pollen as a vehicle for the escape of engineered genes?. En J. Hodgson y A. M. Sugden (Eds.), *Panned Release of Genetically Engineered Organisms* (pp. 530–532). Cambridge, UK: Elsevier.
- EPA. (2013). Literature review of contaminants in livestock and Poultry manure and Implications for water quality. Disponible en <<http://water.epa.gov/scitech/cec/upload/Literature-Review-of-Contaminants-in-Livestock-and-Poultry-Manure-and-Implications-for-Water-Quality.pdf>> Revisado el 14-08-2015.
- FAO. (2001). Food Balance Sheets, A handbook. Rome, Italy: FAO. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/003/x9892e/x9892e00.htm>> Revisado el 05-03-2015.
- FAO. (2003). Food security: concepts and measurement. In Trade reforms and food security. Conceptualizing the linkages. Rome, Italy: FAO. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/005/y4671e/y4671e00.htm#Contents>> Revisado el 13-04-2015
- FAO. (2006a). Seguridad alimentaria. Informe de Políticas, 2(Junio).
- FAO. (2006b). World agriculture: towards 2030/2050. Rome, Italy.
- FAO. (2008). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2008. Rome, Italy.
- FAO. (2011). World Livestock 2011 – Livestock in food security. Rome, Italy: FAO.
- FAO. (2012a). En buenos términos con la terminología. Seguridad alimentaria, seguridad nutricional, seguridad alimentaria y nutrición, seguridad alimentaria y nutricional. Rome, Italy. Disponible en <[http://www.fao.org/fsnforum/sites/default/files/file/Terminology/MD776S\(CF S___Coming_to_terms_with_Terminology\)01\[1\].pdf](http://www.fao.org/fsnforum/sites/default/files/file/Terminology/MD776S(CF_S___Coming_to_terms_with_Terminology)01[1].pdf)> Revisado el 15-12-2014
- FAO. (2012b). Livestock and landscapes. Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/3/a-ar591e.pdf>> Revisado el 23-07-2014.

- FAO. (2012c). Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo. Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s00.htm>> Revisado el 04-12-14.
- FAO. (2013a). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources- Summary Report. Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>> Revisado el 04-05-2015.
- FAO. (2013b). World Livestock 2013 – Changing disease landscapes. Rome, Italy: FAO.
- FAO. (2014). Desciende el hambre en el mundo, pero 805 millones de personas sufren todavía subalimentación crónica. Disponible en <<http://www.fao.org/news/story/es/item/243842/icode/>> Revisado el 14-03-2015.
- FAO. (2015a). FAOSTAT. Disponible en <<http://faostat.fao.org/>> Revisado el 04-08-2015
- FAO. (2015b). Seguridad Alimentaria y Derecho a la Alimentación. La Agenda de Desarrollo Post-2015 y los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Disponible en <<http://www.fao.org/post-2015-mdg/14-themes/food-security-and-the-right-to-food/es/>> Revisado el 08-09-2015.
- FAO. (2015c). World Food Summit 13-17 November 1996. Disponible en <<http://www.fao.org/wfs/>> Revisado el 20-07-2015.
- FAO/WHO. (1993). Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO Ad hoc Expert Committee. Rome, Italy.
- FIDA, PMA y FAO. (2014). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2014. Fortalecimiento de un entorno favorable para la seguridad alimentaria y la nutrición. Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/3/a-i4030s.pdf>> Revisado el 03-03-2015.
- Fonck, O. (1973). Rapa Nui. El último refugio. Santiago de Chile: Zig-Zag.
- Galtun, J., y Wirak, A. (1973). Human needs, humans rights and the theories. París: UNESCO.
- Georgescu-Roegen, N. (1975). Energy and economic myths. *Southern Economic Journal*, 41, 347. doi:<<http://dx.doi.org/10.2307/1056148>>
- Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J., y Bukkens, S. (2014). Resource Accounting for Sustainability Assessment. The Nexus between Energy, Food, Water and Land Use. London: Routledge.
- Giampietro, M., y Bukkens, S. (2012). Biofuel and the world population problem. En D. Pimentel (Ed.), *Global Economic and Environmental Aspects of Biofuels* (pp. 15–50). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.

- Gómez, M., Barrett, C., Raney, T., Pinstруп-Andersen, P., Meerman, J. ., Croppenstedt, A., ... Thompson, B. (2013). Post-green revolution food systems and the triple burden of malnutrition. *Food Policy*, 12, 129–138.
- Gough, I. (2008). El enfoque de las capacidades de M. Nussbaum: un análisis comparado con nuestra teoría de las necesidades humanas. Papeles de Relaciones Ecosociales Y Cambio Global, 100(CIP-Ecosocial/Icaria), 177–202. Disponible en <http://www.otrodesarrollo.com/desarrollohumano/GoughEnfoqueCapacidadesNusbaum.pdf> Revisado el 12-11-2014.
- Grigg, D. (1995). The nutritional transition in Western Europe. *Journal of Historical Geography*, 21(3), 247–261.
- Groppa, O. (2004). Las necesidades humanas y su determinación. Los aportes de Doyal y Gough, Nussbaum y Max-Neef al estudio de la pobreza. Argentina. Disponible en <http://uca.edu.ar/uca/common/grupo32/files/Las-necesidades-Groppa-2004.pdf> Revisado el 04-02-15.
- Grundmann, H., Aires-de-Sousa, M., Boyce, J., y Tiemersma, E. (2006). Emergence and resurgence of meticillin-resistant *Staphylococcus aureus* as a public-health threat. *Lancet*. doi:10.1016/S0140-6736(06)68853-3
- Hall, L., Topinka, K., Huffman, J., y Davis, L. (2000). Pollen flow between herbicide-resistant *Brassica napus* is the cause of multiple-resistant *B. napus* volunteers. *Weed Science*, 48, 688–694.
- Heller, A. (1996). Una revisión de la Teoría de las Necesidades. Barcelona: Paidós.
- Herrero, M., y Thornton, P. (2013). Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *PNAS*, 110(52), 20878–20881.
- Hirotsugu, A. (2015). Hunger measurement complexity: is the Global Hunger Index reliable? *Public Health*, In press.
- Hou, B., y Wu, L. (2010). Safety impact and farmer awareness of pesticide residues. *Food Agric Immunol*, 21, 191–200.
- Key, N., McBride, W., Ribaudó, M., y Sneeringer, S. (2011). Trends and Developments in Hog Manure Management: 1998-2009. Economic Information Bulletin No. (EIB-81).
- Keyzer, M. A., Merbis, M. D., Pavel, I. F. P. W., y Van Wesenbeeck, C. F. A. (2005). Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: Can we feed the animals in 2030? *Ecological Economics*, 55(2), 187–202. doi:10.1016/j.ecolecon.2004.12.002
- Kraatz, S., y Berg, W. E. (2009). Energy Efficiency in Raising Livestock at the Example of Dairy Farming. In ASABE Annual International Meeting Grand Sierra Resort and Casino Reno. Nevada: ASABE Meeting Presentation Paper Number: 096715.

- Leung, C. W., Epel, E., Ritchie, L., Crawford, P., y Laraia, B. (2014). Food Insecurity Is Inversely Associated with Diet Quality of Lower-Income Adults. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(12), 1943–1953.
- Lin, B., Ver Ploeg, M., Kasteridis, P., y Yen, S. (2014). The roles of food prices and food access in determining food purchases of low-income households. *Journal of Policy Modeling*, 36, 938–952.
- Lipton, M., y Longhurst, R. (1989). *New Seeds and Poor People*. London: Unwin Hyman.
- Llive, F., Cadillo, J., Liger, B., Rosero, G., Fraga, E., y Ramos, J. (2015). Vulnerabilidad y dependencia de los fertilizantes en el Ecuador. Quito Ecuador.
- Long, S., Marshall-Colon, A., y Zhu, X. G. (2015). Meeting the Global Food Demand of the Future by Engineering Crop Photosynthesis and Yield Potential. *Cell*, 26(March), 56–66.
- MacDonald, M., Ribaud, M., Livingston, M., Beckman, J., y Huang, W. (2009). *Manure use for fertilizer and for energy*. Washington D.C.
- Madrid, C., Cadillo, J., Diaz-Maurín, F., Kovacic, Z., Serrano-Tovar, T., Gomiero, T., ... Bukkens, S. (2014). Punjab State, India. In M. Giampietro, R. Aspinall, J. Ramos-Martín, y S. Bukkens (Eds.), *Resource Accounting for Sustainability Assessment* (pp. 181–193). Oxon: Routledge.
- Malinowski, B. (1939). El Grupo y el Individuo en Análisis Funcional. *Revista Mexicana de Sociología*, Jul-Aug (3), 111–133.
- Malinowski, B. (1970). *Una Teoría científica de la cultura y otros ensayos*. Barcelona : EDHASA.
- Malthus, T. (1798). *An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society*. London: J. Johnson.
- Marcuse, H., y Elorza, A. (2010). *El Hombre unidimensional : ensayo sobre la ideología de la sociedad industrial avanzada*. Barcelona : Ariel.
- Martinez-Alier, J. (1987). *Ecological economics: energy, environment and society*. Ecological Economics Energy Environment and Society.
- Martinez-Alier, J., Munda, G., y O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26, 277–286. doi:10.1016/S0921-8009(97)00120-1
- Maslow, A. H. (1943). A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, (50), 370–396.
- McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., y Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Science*, 84(1), 1–13. doi:10.1016/j.meatsci.2009.08.029

- McClain-Nhlapo, C. (2004). Implementing a Human Rights Approach to Food. In Conference on Assuring Food and Nutrition security in Africa by 2020. Disponible en <<http://conferences.ifpri.org/2020africaconference/pubs.asp>> Revisado el 08-05-2015.
- McMichael, A. J., Powles, J. W., Butler, C. D., y Uauy, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet*. doi:10.1016/S0140-6736(07)61256-2
- Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE. Delft, the Netherlands.
- MMAMRM. (2007). Mejores técnicas disponibles de referencia europea. Industria Química inorgánica de gran volumen de producción (Amoniaco, ácidos y fertilizantes). España: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- National Bureau of Statistic, S. (2012). Consumption Pattern in Nigeria 2009-10.
- Novás, A. (2005). El hambre en el mundo y los alimentos transgénicos. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Nussbaum, M. C. (2002). Las Mujeres y el desarrollo humano : el enfoque de las capacidades. Barcelona : Herder.
- Oago, D. O., y Odada, E. . (2007). Sediment impacts in Africa's transboundary lake/river basins: case study of the east African great lakes. *Aquat. Ecosyst. Health*, 10, 23–32.
- OMC. (1995). Acuerdo sobre los aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio. Disponible en <https://www.wto.org/spanish/docs_s/legal_s/27-trips.pdf> Revisado el 28-07-2015.
- ONU. (n.d.). Declaración Universal de Derechos Humanos. Disponible en <<http://www.un.org/es/documents/udhr/>> Revisado el 14-07-2015.
- Pellegrini, P. (2009). Knowledge, identity and ideology in stances on GMOs: the case of the Movimento Sem Terra in Brazil. *Science Studies*, 22(1), 44–62.
- Pengue, W. (2009). Fundamentos de Economía Ecológica (Primera ed.). Buenos Aires: Kaicron.
- Pimentel, D. (1987). Pesticides: Energy Use in Chemical Agriculture. *Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology*, 19, 157–175.
- Pimentel, D. (2012). Global Economic and Environmental Aspects of Biofuels. (D. Pimentel, Ed.). Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Pimentel, D., y Pimentel, H. M. (2008). Food, energy, and society (Third Edit.). Boca Raton, Fl. : CRC Press / Taylor & Francis G., cop.
- Pingali, P., y Rola, A. (1995). Public regulatory roles in developing markets: the case of Philippines. In P. Pingali y P. Roger (Eds.), Impact of pesticides on farmer

- health and the rice environment (pp. 391–411). Boston: Kluwer Academic Publisher.
- Popkin, B. M. (1993). Nutritional patterns and transitions. *Population and Development Review*, 19, 138–157.
- Popkin, B. M. (2006). Global nutrition dynamics: The world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 84, 289–298.
- Qaim, M. (2009). The Economics of Genetically Modified Crops. *Annu. Rev. Resour. Econ*, 1, 665–693.
- Quist, D., y Chapela, H. (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*, 414(29), 541–543.
- RAE. (2015). Diccionario de la lengua española. Disponible en <<http://lema.rae.es/drae/?val=hambre>> Revisado el 04-06-2015.
- Rahman, S. (2013). Pesticide consumption and productivity and the potential of IPM in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 445–446, 48–56.
- Ran, Y. (2010). Consumptive water use in livestock production – Assessment of green and blue virtual water contents of livestock products.
- Ray, D., Mueller, N., West, P., y Foley, J. (2013). Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *PLoS ONE*, 8 (6): e66.
- Regmi, A., y Meade, B. (2013). Demand side drivers of global food security. *Global Food Security*, 2, 166–177.
- Rekha, S., y Prasad, R. (2006). Pesticide residue in organic and conventional food-risk analysis. *Journal of Chemical Health and Safety*, 13(6), 12–19.
- Sainz, R. (2003). Framework for calculating fossil fuel use in livestock systems. Disponible en <<http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6100e/x6100e00.HTM>> Revisado el 14-08-2015.
- Schlink, A. C., Nguyen, M. L., y Vijoien, G. J. (2010). Water requirements for livestock production: a global perspective. *Rev Sci Tech*, 29(3), 603–619.
- Sen, A. (1977). Rational fools. A critique of the behavioural foundations of economic theory. *Philosophy and Public Affairs*, 6(4), 317–344.
- Sen, A. (1983). Poor, relatively speaking. *Osf. Econ. Pap.*, 35(2), 153–169.
- Sen, A. (1987). *Commodities and capabilities*. Oxford: Oxford UP.
- Sen, A. (1997). Desigualdad y desempleo en la Europa Contemporánea. *Revista Internacional Del Trabajo*, 136(2).
- Smil, V. (2008). *Energy in nature and society- general energetic of complex systems*. Massachusetts: MIT Press, Cambridge.
- Smil, V. (2013a). Meat in nutrition. In *Should We Eat Meat?*. Evolution and consequences of modern carnivory (p. 18). UK: John Wiley y Sons, Ltd.

- Smil, V. (2013b). *Should we eat meat?* West Sussex: John Wiley y Sons. Ltda.
- Smil, V. (2014). Eating meat: Constants and changes. *Global Food Security*, 3, 67–71.
- Smith, M., Pointing, J., y Maxwell, S. (1992). Household Food Security: Concepts and Definitions - An Annotated Bibliography. In S. Maxwell y T. Frankenberger (Eds.), *Household Food Security: Concepts, Indicators, and Measurements*. New York - Rome: UNICEF /IFAD.
- Speedy, A. (2003). Global production and consumption of animal source foods. *The Journal of Nutrition*, 133, 4048–4053.
- Steinfeld, H., Costales, A., Rushton, J., Scherf, B., Bennett, T., y Hall, D. (2008). *Perspectiva Mundial. Informe Pecuario 2006*. Rome, Italy.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., y De Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. Rome, Italy: FAO. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>> Revisado el 04-02-2014.
- Sticklen, M. (2006). Plant genetic engineering to improve biomass characteristics for biofuels. *Current Opinion in Biotechnology*, 17, 315–319.
- TFI. (2012). What is the Role of Fertilizer in Today's Society? Disponible en <<http://www.tfi.org/voice/what-role-fertilizer-today's-society>> Revisado el 02-06-2015.
- The World Bank. (2006). *Toxic pollution from agriculture: an emerging story*. Washington D.C. Disponible en <<http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/>> Revisado el 12-11-2014.
- Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., y Befort, B. L. (2011). From the Cover: Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. doi:10.1073/pnas.1116437108
- Trostle, R., y Seeley, R. (2013). Developing countries dominate world demand for agricultural products. Disponible en <http://www.ers.usda.gov/amber-waves/2013-august/developing-countries-dominate-world-demand-for-agricultural-products.aspx#.Vb_Lhfl_Oko> Revisado el 13-08-2015.
- Ulanowicz, R. (1986). *Growth and development: ecosystem phenomenology*. New York: Springer.
- United Nations. (2015). *World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables (No. Working Paper No. ESA/P/WP.241)*. Disponible en <http://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf> Revisado el 14-08-2015.
- Veermäe, I., Frorip, J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, V., Ruus, A., y Lepasalu, L. (2011). Energy consumption in animal production. Disponible en

<http://enpos.weebly.com/uploads/3/6/7/2/3672459/energy_consumption_in_animal_production.pdf> Revisado el 02-07-2015.

Vía Campesina. (2012). Lucha contra Monsanto. Disponible en <<http://www.viacampesina.org/downloads/pdf/sp/Monsanto-Publication-ES-Final-Version.pdf>> Revisado el 03-06-2015.

Welthungerhilfe, IFPRI, y Concern Worldwide. (2012). Índice Global del Hambre 2012. El desafío del hambre: Garantizar la seguridad alimentaria sostenible en situaciones de penuria de tierras, agua y energía. Bonn, Washington D.C., Dublín. Disponible en <<http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ghi12es.pdf>> Revisado el 17-08-2015.

WFP. (2015). Datos del hambre. Disponible en <<https://es.wfp.org/hambre/datos-del-hambre>> Revisado el 05-07-2015.

Zerbe, N. (2004). Feeding the famine? American food aid and the GMO debate in Southern Africa. *Food Policy*, 29, 593–608.

Zhu, C., Naqvi, S., Gomez-Galera, S., Pelacho, A. M., Capell, T., y Christou, P. (2007). Transgenic strategies for the nutritional enhancement of plants. *Trends in Plant Science*, 12(December), 548–555.

Zottola, G. (1962). La enemiga más vieja del hombre. El Correo. Una Ventana Abierta Sobre El Mundo, 15–19. Disponible en <<http://unesdoc.unesco.org/images/0006/000637/063738so.pdf>> Revisado el 01-08-2015.

2 NUEVOS CONCEPTOS PARA TRATAR CON EL TEMA DE LA SOSTENIBILIDAD

Resumen

Este capítulo tiene como objetivo diferenciar las posibilidades explicativas de los enfoques científicos en los que ha descansado la descripción de la relación de las sociedades humanas con el entorno y el análisis de la sostenibilidad de dicha relación, a través de la caracterización y la distinción de lo que hemos denominado como enfoques reduccionistas y la alternativa transdisciplinaria que ofrece la explicación y modelación de la sostenibilidad como sistemas complejos. El capítulo sirve para sugerir que la perspectiva de los sistemas complejos es la más apropiada en la atención a los problemas existentes en la relación sociedad humana-entorno por su capacidad para recoger de mejor manera su dinámica y operaciones. En este sentido, se enfatiza la noción de sistemas socioecológicos, como un recurso conceptual que surge de dicha comprensión sistémica. Adicionalmente, se muestra cómo los conceptos desarrollados desde el enfoque de la complejidad han servido de referencia para innovadores abordajes que permiten superar las limitaciones del pensamiento científico tradicional a la hora de representar los sistemas complejos para el análisis de la sostenibilidad. Finalmente, se muestran la perspectiva del metabolismo social como perteneciente al marco general de enfoques anclados al paradigma de la complejidad.

2.1 Introducción

La racionalidad moderna, es decir, la perspectiva de la historia y de las pretensiones humanas respecto al entorno social y natural, de la cual se alimentan los paradigmas clásicos de la ciencia y la tecnologías modernas (véase Weber, 1964), producto de la evolución social europea entre los siglos XVII y XIX, ha sido cuestionada desde la segunda mitad del siglo XX (véase Habermas, 1986, 1982; Jameson, 2004; Vattimo,

1987). Esta crisis ha alcanzado a valores y pretensiones social y culturalmente dominantes como, por ejemplo, la certeza sobre el progreso, el control instrumental en el logro de los fines, la felicidad, la emancipación humana y, subrayadamente, la certeza de la ciencia como un recurso efectivo en tal logro. Más allá de si lo que acompaña a esta crítica es una continuación, es decir, una nueva versión de la racionalidad y las actitudes ante el mundo heredadas de los siglos XVIII, XIX y XX (véase Beck, 2006; 1998; 1992; Habermas, 1986), queremos resaltar que esa crisis de civilización es expresada de manera destacada en la crisis planetaria, no solo por lo determinante que es la salud del planeta para los humanos y todos los seres vivos, sino por su severidad y consecuencias en todas las escalas imaginadas.

El problema del abasto de alimentos, tratado en el anterior capítulo, hace reflejo de fenómenos ecológicos como el efecto invernadero, el adelgazamiento de la capa de ozono, el agotamiento de recursos materiales y de combustibles fósiles, la deforestación, la sobreexplotación y expoliación de los recursos acuíferos, la contaminación atmosférica, la lluvia ácida, la erosión o la desertificación son en buena medida resultados de los modos de producción y consumo que han caracterizado a la industrialización y la expansión económica en las que se ha expresado esa racionalidad y tecnología modernas.

Segun el informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, 2005), en los últimos 50 años los seres humanos han transformado los ecosistemas más rápido y extensamente que en ningún otro periodo de tiempo comparable de la historia humana. Estos cambios realizados en los ecosistemas han contribuido a obtener considerables beneficios netos para el bienestar humano y el desarrollo económico, pero estos beneficios se han obtenido con crecientes costos consistentes en la degradación de muchas capacidades de los ecosistemas, un mayor riesgo de cambios no predecibles y la acentuación de la pobreza de algunos grupos de población.

En este sentido, Gowdy (1994) señala que el proceso evolutivo de los sistemas culturales en los últimos siglos, y particularmente después de la revolución

industrial, ha cambiado muchos aspectos del metabolismo entre la sociedad y la naturaleza; de tal manera que la evolución socio-cultural se ha convertido en una fuerza macro-evolutiva.

2.2 Limitaciones de la tradición científica y económica modernas

El pensamiento científico y económico, así como diversas instituciones de toma de decisiones, han ignorado este proceso co-evolutivo entre el sistema biofísico-ecológico y el sistema socio-económico-cultural (Gowdy, 1994; Norgaard, 1994; Gual y Norgaard, 2010). El rechazo a incluir en un sólo objeto de estudio los procesos co-evolutivos y las relaciones socio-ecológicas encaja perfectamente en el paradigma científico occidental consolidado en la base del racionalismo cartesiano y mecanicismo newtoniano, sobre los que se ha inspirado esa referida racionalidad moderna.

Este paradigma de simplificación basado en la disyunción, reducción y abstracción (Morin, 1990), con sus principios de disciplinariedad y especialismo, ha tenido grandes avances científicos en distintas especialidades; pero, al mismo tiempo, ha resultado en una aproximación sesgada y limitada de la realidad por, entre otras cosas, aislar los tres grandes campos del conocimiento científico: la física, la biología y las ciencias del hombre (Ibíd.). De esta manera, todas las interrelaciones y retroalimentaciones entre los subsistemas sociales y biofísicos que requerían una aproximación inter y transdisciplinar, se quedaron fuera de los marcos disciplinares de estudio y análisis.

Para evidenciar esta resistencia sirve darse cuenta de que en las tradiciones científicas de la Historia y las Ciencias Sociales el concepto de naturaleza ha ocupado un lugar marginal y/o instrumental en la conceptualización de lo social en el presente y a través del tiempo. Lo mismo es desafortunado en el sentido opuesto, es decir, lo cultural e histórico han ocupado un lugar marginal en las Ciencias de la Naturaleza.

Como ejemplo de ello, es sintomático que la historia ambiental surgió como respuesta a la limitada capacidad de las disciplinas convencionales o tradicionales para entender la creciente complejidad de la realidad actual. Morin (2001) sugiere que las principales limitaciones de la investigación científica predominante se resumen en un paradigma simplista, el cual constituye una manera de organizar un conocimiento que se desentiende de esa creciente complejidad. La necesidad de superar esa objetividad fragmentaria por medio de explicaciones integrales multidisciplinarias, ha provocado la aparición de nuevas propuestas epistemológicas y metodológicas.

2.3 Los problemas medioambientales como reto conceptual y metodológico

De este entorno nos interesa el caso de la transformación metodológica representada en el abordaje de los problemas socio-ambientales, como el desabastecimiento de alimentos. Actualmente, los estudios ambientales constituyen un reto mayor para las ciencias contemporáneas, tanto porque aquellos demandan urgentemente -a éstas nuevos enfoques- información creíble y comprensible para resolver numerosos problemas como porque estos problemas representan una colosal amenaza a la supervivencia de las sociedades humanas en el planeta.

Folke et al. (2002) sugieren dos errores fundamentales al tratar con los temas medioambientales, el primero, una perspectiva lineal de las respuestas del ecosistema a la acción e intervención humanas que ve a dichas respuestas como predecibles y controlables, y, el segundo, el supuesto de que las esferas de lo humano y la del ecosistema pueden ser abordados como separadas.

Parece necesario el reconocimiento de los límites biofísicos como un tópico fundamental para entender cómo trabajan los sistemas socioeconómicos, para desarrollar aplicaciones y evaluar el riesgo. A pesar de que estos intereses no son nuevos (véase Meadows et al., 1972), las narrativas científicas dominantes, principalmente económicas, por décadas ha reproducido un paradigma que rechaza,

ignora o no atiende a los procesos de retroalimentación entre la naturaleza y la sociedad.

En el afán de superar estos supuestos, a la integración conceptual de los sistemas naturales y sociales se le ha denominado sistemas socioecológicos, Este término da el mismo peso tanto a la dimensión social como a la natural (Folke et al, 2005).

De entre las características relevantes de los sistemas socioecológicos cabe señalar que estos se relacionan de modo no lineal, se acompañan fuertemente y manifiestan tendencias en sus dinámicas. En ellos, elementos de distintas clases (biofísicos, sociales, económicos, geográficos y culturales) deben ser considerados para el análisis de estos sistemas. Dada esta multidimensionalidad, las características de un sistema socioecológico no pueden ser explicadas y estudiadas desde evaluaciones exclusivamente monetaristas, y se vuelve necesario un análisis biofísico.

En este sentido, el nacimiento de una ciencia de la sostenibilidad puede ser entendida como el resultado de una convergencia impulsada por las presiones medioambientales sobre las distintas ramas de la ciencia.

La economía ecológica se ha convertido en una especialidad capaz de realizar esta tarea y ofrecer resultados con dicho enfoque en el estudio de la sostenibilidad. En este sentido, Daly (1992) define a la sostenibilidad desde una perspectiva biofísica que distingue tres aspectos: a) los recursos renovables, indicando que la tasa de uso no debe exceder la tasa de regeneración; b) la polución, la tasa de generación de desechos no debe exceder la capacidad de asimilación; y c) los recursos no renovables, indicando que el agotamiento de recursos requiere el desarrollo comparable de sustitutos renovables de esos recursos.

Otra propuesta es la elaborada por Goodland (1995), quien divide la sostenibilidad en tres dimensiones principales: económica, social y medioambiental. El autor considera que no se puede alcanzar la sostenibilidad sin la integración de

estas tres dimensiones. De cualquier modo, la división entre estas tres categorías ejemplifica los límites disciplinarios desde donde se instrumentan las decisiones de política pública.

Algunos autores (Ayres et al. 1998; Martínez-Alier, 1995; Turner, 1992) propugnan por dos visiones de la sostenibilidad: *el paradigma de la sostenibilidad débil*, éste considera que el capital humano puede reemplazar los servicios ecológicos y los recursos naturales, y *el paradigma de la sostenibilidad fuerte* que considera que el medioambiente, la naturaleza y sus funciones ecológicas no pueden ser reproducidos por la industria u otros procesos de intervención humana. Por ejemplo, el ciclo del agua que usa 35.000 - 44.000 terawatts de energía solar no puede ser controlado por la tecnología humana que controla alrededor de 16 terawatts de energía (Giampietro et al. 2013).

Así pues, la ciencia de la sostenibilidad es un campo de investigación emergente con interacciones entre los sistemas naturales y sociales y con cómo esas interacciones afectan los cambios de sostenibilidad. Es decir, hacer coincidir las necesidades de las generaciones presentes y futuras mientras se reduce la pobreza sustancialmente y se conserva los sistemas de soporte vital del planeta (citado en Kates, 2001 pág. 19449).

Actualmente, la ciencia de la sostenibilidad es usualmente entendida como la investigación que provee los insumos necesarios para hacer operativo el concepto normativo de la sostenibilidad y los medios para planear e implementar los pasos adecuados con ese fin (Spangenberg, 2011 pág. 276).

2.4 Bases conceptuales en la definición de los sistemas socioecológicos

El desarrollo del marco teórico de los sistemas socioecológicos se debe, en gran parte, a los avances de la filosofía y la epistemología de la ciencia a lo largo del siglo XX. Principalmente, a la Teoría General de los Sistemas (TGS, Von Bertalanffy, 1968) y el paradigma de complejidad (Rosen, 1977; Holland, 1995; Levin, 1999; Kauffman, 1993; Costanza et al., 1993; Farber et al., 2002; Morin, 1990; 2007; Maturana y

Varela, 1980; 1987). Para Berkes et al (2003), el gran salto de la ciencia en las últimas décadas ha sido el reconocimiento de no linealidad e incertidumbre existentes en la mayor parte de los procesos que suceden en Ecología, Economía, y muchos otros ámbitos.

El pensamiento de los sistemas complejos ha sido una oportunidad para articular las Ciencias Sociales y las Ciencias Biofísicas. Bajo este pensamiento, los sistemas socioecológicos se caracterizan como sistemas complejos, caracterizados por la no linealidad, la incertidumbre, la emergencia, la relevancia de múltiples escalas, y la auto-organización (Berkes et al., 2003).

Adicionalmente, el pensamiento sistémico complejo constituye hoy una epistemología donde han concurrido el recorrido histórico del pensamiento sistémico (Von Bertalanffy, 1968, la teoría del sistema social, Luhmann, 1998; Luhmann y De Georgi 1993), la Cibernética (primera: Wiener, 1948, Ashby, 1956 y segunda: Von Foester, 1979) y la teoría de la complejidad (Rosen, 1977; Morín, 1990).

Los distintos planteamientos de estos enfoques permiten hoy el estudio de las relaciones e interacciones de los seres humanos con la naturaleza de una manera distinta a las precedentes. Por tanto, varios conceptos de la teoría de los sistemas como sistemas complejos, emergencia, resiliencia, vulnerabilidad, capacidad adaptativa y transformabilidad, se emplean para el estudio de los sistemas socioecológicos.

En específico, las distintas propuestas para definir los sistemas socioecológicos tienen subyacente una epistemología sistémica y holística. Así, Berkes y Folke (1998) parten de una perspectiva ecosistémica; para Odum (1989), los seres humanos o, mejor dicho, el sistema social, se incluye explícitamente dentro de los ecosistemas. Esta visión es compatible con la ecología humana de Park (1936) y con la visión de muchas sociedades tradicionales que se consideraban como parte de la naturaleza.

Por su parte, el Centro de Resiliencia de Estocolmo plantea que en la gestión de los recursos naturales no se trata de las cuestiones solo ecológicas, ni solo sociales, sino de múltiples elementos integrados. Estos sistemas en los que múltiples componentes culturales, políticos, sociales, económicos, ecológicos, tecnológicos y otros, están interactuando.

En las definiciones de estas perspectivas sobre los sistemas socioecológicos prevalece el enfoque sobre la contribución de los componentes clave en la dinámica de todo el sistema. También, se considera que, debido a las interacciones y retroalimentaciones socio-ambientales, aparecen configuraciones emergentes.

A manera de ejemplo, la propuesta de Liu et al., (2007) sobre los *Sistemas Natural-Humanos Acoplados* (SNHA), que representan sistemas integrados en que los seres humanos están interactuando con los componentes naturales, caracteriza a estos (SNHA) por a) la emergencia de dinámicas no lineales con umbrales de cambio y transición entre estados, b) bucles complejos de retroalimentación, c) lapsos de tiempo (time lags) en la observación de las consecuencias, d) resiliencia, e) heterogeneidad y f) sorpresas.

En otro caso, Holland (1992), Gell-Mann (1994) y Walker et al (2002) caracterizan a los sistemas socioecológicos como sistemas adaptativos complejos. Tal propuesta subraya que, a pesar del alto grado de complejidad y la no linealidad y no previsibilidad, estos sistemas no son tan imprevisibles, debido a los ciclos adaptativos que existen en sus dinámicas.

Holling (1973, 1996) dio origen a la metáfora de “ciclos adaptativos” desde una perspectiva ecológica. Hoy en día, estos ciclos adaptativos son aplicables a los sistemas socioecológicos (Holling, 2001; Walker et al, 2002). Los sistemas adaptativos complejos poseen una naturaleza evolutiva. La panarquía, término usado por Holling (2001) para caracterizar la naturaleza evolutiva de los sistemas adaptativos, explica la estructura jerárquica en la que los sistemas socioecológicos siguen unos

interminables ciclos adaptativos de crecimiento, acumulación, reestructuración y renovación.

En dicha propuesta conceptual, debido a la existencia de estos ciclos adaptativos, la capacidad adaptativa de los sistemas toma un papel muy importante. Así, Folke (2006) y Folke et al., (2002) sugieren que el reto del estudio de los sistemas socioecológicos reside en entender sus retroalimentaciones, distinguiendo entre las que causan vulnerabilidad en el sistema y las que fortalecen la resiliencia del sistema.

En suma, para el pensamiento sistémico, fundamentalmente, los sistemas no pueden ser entendidos exclusivamente a partir de los componentes que los conforman, debido a que en dichos sistemas surgen propiedades emergentes que difieren de las propiedades individuales de sus componentes. Es por esto que se requiere un análisis multi-escala, es decir que se considere los componentes de las partes, las partes y el funcionamiento del todo en su contexto. En consecuencia, las relaciones, los intercambios y las propiedades emergentes del sistema socio-económico y del sistema ecológico hacen que estos sean considerados como sistemas complejos (véase Cumming et al, 2005).

2.5 La perspectiva del metabolismo social

Fisher-Kowalski (1997) define al metabolismo social como la forma particular en la que las sociedades establecen y mantienen el ingreso y salida de materiales (material input-output) con la naturaleza y en el modo de cómo estas sociedades organizan el intercambio de materia y energía con el medio ambiente natural. El metabolismo social ha surgido también como una teoría explicativa del cambio socio-ambiental (Fisher-Kowalsky y Haberl 2007; 2000; Sieferle 2001, 2011; De Molina y Toledo, 2014), o ha sido usado como un paquete metodológico de herramientas para analizar el comportamiento biofísico de las economías (Matthews et al. 2000; Haberl, 2001a, 2001b; Weisz, 2007).

En todas estas opciones, el metabolismo social ha sido una nueva perspectiva para el análisis de las bases materiales de las relaciones entre sociedad y naturaleza, principalmente de sus flujos de energía y materiales.

El concepto reconoce que, en cuanto a su función y reproducción, las sociedades necesitan flujos de energía y materiales, flujos que fueron amplificados a través de los procesos de industrialización. Esta necesidad de crecimiento implica uno de los principales retos en términos de sostenibilidad (Fisher-Kowalski, 1997; Fisher-Kowalski et al. 2014; Giampietro y Mayumi, 2000; Giampietro et al. 2012).

Desde la década de los noventa, la metáfora del metabolismo social ha sido indudablemente exitosa, pues se han formalizado teorías inspiradas en ella y éstas se han aplicado en multiplicidad de estudios de caso. Al tratar sobre la perspectiva del metabolismo social, es necesario subrayar a los elementos del pensamiento complejo como paradigma subyacente sobre la calidad y naturaleza del conocimiento posible del comportamiento biofísico de las economías.

Según Rosen (1977), un sistema complejo es aquel que nos permite discernir algunos subsistemas, entendiéndose como subsistema a la descripción del sistema en base a una elección de determinadas propiedades o cualidades, que dependerá totalmente de la forma como deseamos interactuar con el sistema.

Es posible entender la definición de Rosen desde el sentido epistemológico de la complejidad, es decir, como una relación de comprensión con algo que desborda nuestro entendimiento, pero que, sin embargo, se puede tener una comprensión parcial y transitoria de ello (Moreno, 2002). En tal sentido, Rosen sugiere que los sistemas complejos no pueden ser completamente entendidos. Por eso, solo podemos percibir parte de ellos, partiendo de unos atributos o características que sean de nuestro interés.

De manera más específica al estudio de los sistemas socioecológicos, la explicación de los mismos desde la noción de complejidad busca ser sensible a que un sistema presenta conexiones múltiples en diferentes escalas o jerarquías,

compartiendo al mismo tiempo procesos de retroalimentación de elementos intraescalas, un patrón emergente impulsado por la estructura, y cambios impredecibles considerando las condiciones iniciales (Waldrop, 1992, Ahl y Allen, 1996, Koestler, 1967, Prigogine et al., 1972).

Costanza (2000) agrega que el bucle de retroalimentación en sistemas complejos hace difícil de distinguir la causa del efecto, los retrasos de espacio y tiempo, los límites y las discontinuidades. En consecuencia, es difícil seguir el rastro de todas las interacciones, encontrar maneras apropiadas para medir a la misma y planear soluciones con una evaluación adecuada de los riesgos y del impacto para la sostenibilidad. De este modo, parece necesario encontrar herramientas integradoras para gestionar con la complejidad de la realidad. En suma, la noción de sostenibilidad busca recoger la complejidad de los procesos de la naturaleza relacionados con la intervención humana en un espacio determinado.

2.6 Aproximaciones socioecológicas en el análisis de la sostenibilidad

Los estudios transdisciplinarios sobre la realidad socioecológica han sido realizados por autores procedentes de distintas disciplinas. Así pues, existen varios enfoques dentro del marco de los sistemas socioecológicos y no un planteamiento exclusivo o un único marco común de referencia para su estudio. La base del marco de los sistemas socioecológicos reside en la suposición de que los sistemas sociales y ecológicos están estrechamente conectados y, por tanto, el delineamiento de sus fronteras y la delimitación exclusiva de un ecosistema o de un sistema social resultan artificiales y arbitrarios. Bajo esta perspectiva, las nociones de sistemas socioecológicos como enlaces socio-ecológicos son utilizadas para enfatizar el concepto integrado del ser humano en la naturaleza (Berkes y Folke, 1998).

Para Anderies et al. (2004), el sistema socioeconómico es un sistema ecológico intrincadamente enlazado y afectado por uno o varios sistemas sociales. Entonces, este sistema presenta un subconjunto de sistemas sociales, en él, algunas relaciones e interacciones que suceden entre los seres humanos se ven afectadas por las

interacciones con unidades biofísicas y biológicas no humanas. Para estos autores, una de las claves del sistema reside en las configuraciones institucionales que afectan a las interacciones entre los distintos elementos de los socio-ecosistemas.

Ellos también estudian cómo las distintas configuraciones institucionales afectan a las relaciones e interacciones que se producen entre los distintos elementos de los sistemas socioecológicos. El modelo conceptual utilizado por estos autores está compuesto de cuatro elementos fundamentales: recursos, usuarios de los recursos, infraestructuras públicas y proveedores de las infraestructuras públicas. Según Costanza et al. (2000), estas infraestructuras públicas incluyen los dos tipos de capital hecho por el hombre: físico (como los trabajos ingenieriles) y social (como reglas de gobernanza).

El modelo focaliza las interacciones que se producen entre los distintos elementos. Pero, partiendo de la perspectiva institucional, la clave de vulnerabilidad y robustez del sistema está en las interacciones entre “los usuarios de los recursos” y “los proveedores de las infraestructuras públicas”; aunque, históricamente, el enfoque se había concentrado en las relaciones entre los diferentes usuarios de los recursos y sus efectos y consecuencias en “los recursos” (Anderies et al, 2004).

Otro enfoque es el de Janssen y Ostrom (2006), para quienes los sistemas socioecológicos permiten a los agentes sociales y biofísicos interactuar a múltiples escalas temporales y espaciales. El marco anidado multinivel (Ostrom, 2009) consiste en cuatro subsistemas principales: sistema de recursos, unidades de recursos, sistemas de gobernanza y usuarios. Estos se consideran como subsistemas de primer-nivel. Por tanto, cada uno de ellos incluye varias variables de segundo nivel.

El marco sirve para identificar las variables relevantes en el estudio de un sistema socioecológico concreto. Asimismo, proporciona un índice común de variables para poder hacer estudios en socio-ecosistemas similares.

Janssen et al., (2008); Janssen y Ostrom (2006) y Janssen (2005) emplean el método de los Sistemas Multi-Agentes (SMA) para estudiar el tema de la gestión y la

gobernanza de los sistemas socioecológicos. Los SMA son modelos de simulación de los sistemas complejos. En estos modelos se considera que los sistemas contienen un entorno, con diferentes componentes, como los objetos y los agentes (los agentes de ser los únicos a actuar), y las relaciones entre las entidades (Ferber, 1999). Los modelos basados en agentes (MBA) se emplean como laboratorios computacionales, en los que se pueden probar diferentes hipótesis de manera sistémica y en relación con los atributos de los agentes, sus reglas de comportamiento, los tipos de interacción, etc. Con este método, el investigador estaría interesado en analizar cómo un fenómeno macro surge de un comportamiento a nivel micro, entre un conjunto heterogéneo de agentes que están interactuando (Holland, 1992).

Otro enfoque atiende a la necesidad de aplicar los principios matemáticos al análisis de los sistemas socioecológicos. Becker (2010) persiguió una definición matemática de “sistema”, al considerarlo necesario para el uso de las teorías y los métodos que proceden de la teoría de los sistemas y de la complejidad. Este desarrollo alimenta dos visiones: una ontología realista y empírica (p. ej. el Centro de Resiliencia de Estocolmo), que perciben a los sistemas socioeconómicos como sistemas concretos en el mundo real, los cuales pueden ser percibidos útilmente y representados de una manera indiscutible por la adopción de una definición de espacio y tiempo, y una ontología constructivista, que concibe los sistemas como representaciones abstractas proporcionada por objetos matemáticos.

Entre estos dos extremos, Becker (2010) propone combinar la ontología realista con la epistemología constructivista. Así desarrolla una perspectiva denominada “realismo constructivista orientado por modelos”. Bajo esta perspectiva, los sistemas socioeconómicos se consideran como “modelos de conocimiento acerca de los fenómenos del mundo real” (Jahn et al, 2008; Becker, 2010).

Actualmente, para Becker (2010), los sistemas socioecológicos son considerados como “objetos de frontera”. De este modo, están débilmente estructurados y existen varias interpretaciones para su explicación y análisis en el ámbito transdisciplinario.

En la perspectiva de redes es necesario elegir los atributos clave del sistema a traducirse en la estructura de una red. Los nodos simbolizan los componentes sociales y ecológicos. Asimismo, se sugieren distintos tipos de conexión. Por ejemplo, humano-humano o humano-especies. Los nodos y las conexiones pueden estar dormidos, activándose solamente en unas situaciones específicas de crisis. En este sentido, al mantener la capacidad para reactivar estos nodos y conexiones en los tiempos de crisis se contribuye a la resiliencia del sistema. Cuando desaparece un nodo o una conexión, la resiliencia del sistema llena este espacio en la red con nuevos nodos y conexiones (Walker et al, 1999).

Los autores creen que esta perspectiva puede servir como un complemento en los estudios de los sistemas socioecológicos, con la oportunidad que proporciona para el enfoque exclusivo en las interacciones entre los componentes del sistema y los efectos en su funcionamiento. Además, esta perspectiva propone un lenguaje común para el estudio de los sistemas complejos en términos de nodos y conexiones (Janssen et al, 2006). Este enfoque permite aplicar varias herramientas analíticas desarrolladas para el estudio de las redes, por ejemplo la teoría de grafos y la topología de redes. Enfoques como éste, Janssen et al. (2006) sugieren una reestructuración hacia “objetos epistémicos”.

Con el objetivo de evaluar la resiliencia de los sistemas socioecológicos y estudiar las posibilidades de su fortalecimiento, Berkes y Folke (1998) presentaron un marco conceptual en base a cuatro elementos que describen las características y las interacciones de los sistemas socioeconómicos: ecosistemas, seres humanos y tecnología, conocimiento local e instituciones de derechos de propiedad. El objetivo de este marco es poder analizar las relaciones entre los elementos y sobre todo, las interacciones clave que resultan en la sostenibilidad del sistema.

Con el objetivo de estudiar la gestión de los sistemas socioecológicos, desde la perspectiva de resiliencia y los ciclos adaptativos, Walker et al (2002) proponen una metodología de cuatro fases (Tabla 2-1), con la estrecha participación de los agentes relevantes del socio-ecosistema. En la determinación del “modelo conceptual del

sistema”, que conforma la primera fase de este método, se intentan abordar las cuestiones fundamentales.

Tabla 2-1 Modelo conceptual del sistema

Ejemplos de preguntas en la definición de las cuestiones fundamentales
<ul style="list-style-type: none">• ¿Cuáles son las fronteras espaciales del sistema socioecológico?• ¿Quiénes son los “agentes relevantes”?• ¿Cuáles son los servicios clave de los ecosistemas que se utilizan, y que se preocupan por las personas del sistema socioeconómico?• ¿Cuáles son sus valores?• ¿Quiénes son los “agentes relevantes”?• ¿Cuáles son los componentes claves del sistema socioecológico?• ¿Cuál es el perfil histórico del sistema a nivel local, regional y multi-regional?• ¿Cuáles son las variables de control que actúan como impulsores de cambio de los ecosistemas y sus servicios?• ¿Que factores son controlables y que factores no lo son?• ¿Cuáles son las ambigüedades e incertidumbres que no pueden controlarse ni cuantificarse?• ¿Cómo la estructura institucional actual, las relaciones de poder y los derechos de propiedad, afectan a los procesos de toma de decisiones y el acceso a la información?

Fuente: Walker et al., 2002

Por su parte, Folke (2003), Berkes y Seixas (2005) y Ruiz Ballesteros (2011) utilizan un marco constituido de cuatro categorías para el estudio de fortalecimiento de resiliencia en casos específicos (Tabla 2-2).

Tabla 2-2 Categorías del estudio de fortalecimiento de la resiliencia

Categorías
Nutrir la diversidad para la reorganización y renovación
Aprender a vivir con el cambio y la incertidumbre
Combinar diferentes tipos de conocimiento
Crear oportunidad para la auto-organización

Fuente: Folke (2003), Berkes y Seixas (2005) y Ruiz Ballesteros (2011)

2.7 La representación de sistemas socioecológicos para el análisis de la sostenibilidad.

En términos de esta reflexión, la representación de los sistemas y su interacción constituyen una base conceptual desde la cual se desarrollan enfoques metodológicos orientados al análisis de la sostenibilidad. Sin embargo, éstos necesitan un marco conceptual que les permita elaborar representaciones que consideren los procesos de transformación de energía y de materiales y mantengan, al mismo tiempo, la noción de escala y nivel en las cuales actúan y funcionan. Entendiéndose, el término escala como las dimensiones analíticas, temporales, espaciales que determinan las características cuantitativas que son utilizadas para estudiar objetos y/o procesos. Mientras, el término nivel debe considerarse como las posiciones que se puedan dar dentro de una organización jerárquica definida a través de múltiples escalas.

En el ámbito de los sistemas socioecológicos, planteados en apartado anteriores, respecto a la generación de soluciones y de políticas públicas, se espera que una representación adecuada permita obtener datos e información que aporten, en primer lugar, la selección de lo relevante y lo que no es pertinente a la

integración de distintas partes del sistema y, en segundo lugar, un sistema coherente de comprensión válido a nivel individual y general.

Estas condiciones son necesarias al seleccionar la narrativa a desarrollar. Costanza et al. (1993) también alertan que la producción de información sobre escalas agregadas e interactivas lleva a fragmentar la realidad en elementos simples de partes aisladas, lo que tiene como riesgo dejar de lado procesos principales de interacción entre el sistema económico y el ecológico.

A fin de seleccionar la mejor estrategia para tratar con un problema o proyecto socioecológico, el paradigma de la ciencia posnormal (Funtowicz y Ravetz 1994) ha definido dos atributos: uno de ellos es el nivel de desacuerdo sobre los valores en la toma de la decisión, el otro es el nivel de incertidumbre, el cual remite a la información inadecuada como fuente de esa imprecisión y de la falta de fiabilidad (Walker et al. 2002).

Dentro de las teorías inspiradas en la metáfora del metabolismo social, el MuSIASEM (Giampietro, 2012) ha puesto énfasis en la necesidad de elaborar una narrativa que permita alcanzar una representatividad adecuada de la complejidad de los sistemas socioeconómicos. En dicho perfil, destaca el uso de la noción de gramática como un conjunto limitado de reglas que permiten elaborar representaciones infinitas, producto de la combinación de esas reglas. Sobre estas características del MuSIASEM versará el siguiente capítulo.

2.8 Referencias bibliográficas

Ahl, V. y Allen, T. F. (1996). *Hierarchy theory: a vision, vocabulary, and epistemology*. New York: Columbia University Press.

Anderies, J. M., Janssen, M. A., y Ostrom, E. (2004). A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and society*, 9 (1), 18.

Ashby, W.R., (1956). *An introduction to cybernetics*. London: Chapman y Hall LTD.
Ayres et al. (1998). Viewpoint: Weak versus Strong Sustainability. Tinbergen Institute. *Tinbergen Institute Discussion Papers Series*, (3), 98-103.

- Beck, U. (1992) From industrial society to risk society: questions of survival, social structure and ecological enlightenment. *Theory Cult. Soc.*, 9 (1), 97–12
- Beck, U. (1998). Políticas ecológicas en la edad del riesgo. Barcelona: El Roure
- Beck, U. (2006). La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad. Barcelona: Paidós
- Becker, E. (2010). Social-ecological systems as epistemic objects. Frankfurt, Germany: Institute for Social-Ecological Research (ISOE)
- Berkes, F., Colding, J. y Folke, C. (eds.). (2003). Navigating Social-Ecological Systems: Building Resilience for Complexity and Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Berkes, F. y Folke, C. (1998). Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience. Cambridge: Cambridge University Press
- Berkes, F. y Seixas, C. S. (2005). Building resilience in lagoon social–ecological systems: a local-level perspective. *Ecosystems*, (8) 967-974
- Costanza, R., Low, B. S., Ostrom, E., Wilson, J., (2000). Institutions, ecosystems, and sustainability. CRC Press
- Costanza, R., Wainger, L., Folke, C., y Mäler, K. G. (1993). Modeling complex ecological economic systems. *BioScience*, 43 (8) 545-555
- Cumming, G.S., Barnes, G., Perz, S., Schmink, M., Sieving, K., Southworth, J., Binford, M., Holt, R.D., Stickler, C. y Van Holt, T. (2005). An exploratory framework for the empirical measurement of resilience. *Ecosystems*, (8), 975-987
- Daly, H. E. (1992). Allocation, distribution, and scale: toward an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecol. Econ.* 6 (3), 185–193.
- De Molina, M. G. y Toledo, V. M. (2014). The Industrial Metabolism. En: The Social Metabolism. A Socio Ecological Theory of Historical Change (pp. 197-253). Springer International Publishing
- Farber, S., Costanza, R. Wilson, M. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41 (3), 375-392
- Ferber, J. (1999). Multi-agent systems: an introduction to distributed artificial intelligence. (Vol. 1). Boston: Addison-Wesley Longman
- Fischer-Kowalski, M. (1997). Society 's metabolism: on the childhood and adolescence of a rising conceptual star. En: M. Redclift y M. G. Woodgate

- (Eds.), *The international handbook of environmental sociology*, (pp. 119–137). Cheltenham: Edward Elgar
- Fischer-Kowalski, M. y Haberl, H. (2000). "El metabolismo socioeconómico". *Ecología política* n°19 pp 21-33
- Fischer-Kowalski, M. y Haberl, H. (2007). *Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Cheltenham: Edward Elgar, cop
- Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F. y Pallua, I. (2014). A sociometabolic reading of the Anthropocene: Modes of subsistence, population size and human impact on Earth. *The Anthropocene Review*, 1 (1) pp 8-33
- Folke, C. (2003). Freshwater for resilience: a shift in thinking. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 358 (1440), 2027-2036
- Folke, C. (2006): Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analysis. En: *Global Environmental Change*, 16 (3) 253-267
- Folke, C., Carpenter, S., Elmqvist, T., Gunderson, L., Holling, CS. y Walker B., (2002). Resilience and Sustainable Development: Building Adaptive Capacity in a World of Transformations. Royal Swedish Academy of Sciences, *Ambio*. 31 (5), 437-441
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., Norberg, J., (2005). "Adaptive governance of social ecological systems". *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441-473
- Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (1994). The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics*, 10 (3) 197-207
- Gell-Mann, M., 1994. Complex Adaptive Systems. En *Complexity; Metaphors, models and reality*, pp 17-45. Addison-Wesley
- Giampietro, M. y Mayumi, K. (2000). Multiple-scale integrated assessment of societal metabolism: introducing the approach. *Popul. Environ.*, 22 (2), 109–53
- Giampietro, M., Mayumi, K. y Sorman, A. H. (2012). *The Metabolic Pattern of Societies: Where Economists Fall Short*. UK: Routledge
- Giampietro, M., Mayumi, K. y Sorman, A. H. (2013). *Energy Analysis for a Sustainable Future: Multi-scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism*. UK: Routledge
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual review of ecology and systematics*, 26 pp 1-24

- Gowdy, J. M. (1994). The social context of natural capital: The social limits to sustainable development. *International Journal of Social Economics*, 21 (8), 43-55
- Gual, M. A. y Norgaard, R. B. (2010). Bridging ecological and social systems coevolution: A review and proposal. *Ecological economics*, 69 (4), 707-717
- Haberl, H. (2001a). The energetic metabolism of societies part I: accounting concepts. *Journal of industrial ecology*, 5 (1), 11-33
- Haberl, H. (2001b). The energetic metabolism of societies: Part II: empirical examples. *Journal of Industrial Ecology*, 5 (2), 71-88
- Habermas, J. (1982). *Conocimiento e interés*. Madrid: Taurus
- Habermas, J. (1986) *Ciencia y técnica como ideología*. Madrid: Tecnos
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* (4), 1-23.
- Holling, C. S. (1996). Cross-scale morphology, geometry, and dynamics of ecosystems. En: *Ecosystem management* (pp. 351-423). New York: Springer
- Holling, C. S. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. *Ecosystems* (4) pp 390-405
- Holland, J. H. (1992). *Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Mass: MIT Press
- Holland, J. H. (1995). *Hidden order: How adaptation builds complexity*. CA: Addison Wesley Longman Publishing
- Jahn, Th. (2008): *Transdisziplinarität in der Forschungspraxis*. En: M. Bergmann y E. Schramm, *Transdisziplinäre Forschung* (pp. 21-37). Frankfurt am Main; New York (Campus)
- Jameson, F. (2004). *Una modernidad singular: Ensayo sobre la ontología del presente*. Barcelona: Gedisa
- Janssen, M. A., (2005). "Agent-Based Modelling". Internet Encyclopaedia of Ecological Economics. *International Society for ecological Economics*
- Janssen, M. A., Goldstone, R. L., Menczer, F. y Ostrom, E. (2008). Effect of Rule Choice in Dynamic Interactive Spatial Commons. *International Journal of the Commons*. 2 (2) 288-312

- Janssen, M. A. y Ostrom, E. (2006). Governing Social-Ecological Systems. En: L. Tesfatsion y L. J. Kenneth (Eds.), *Handbook of Computational Economics: Agent-Based Computational Economics*, vol. 2, (pp. 1465–1509). Amsterdam: North-Holland Imprint of Elsevier Publishers
- Kates, R. W. et al. (2001): Sustainability Science. *Science* 292, (5517) pp 641-642
- Kauffman, S.A. (1993). The origins of order: Self -Organization and Selection in Evolution. NY: Oxford University Press
- Koestler, A. (1967). The Ghost in the Machine. NY: MacMillan
- Levin, S. (1999). Fragile Dominion: Complexity and the Commons. MA: Perseus Books
- Liu, J., Dietz, T., Carpenter, S.R., Alberti, M., Folke, C., Moran, E., Pell, A.N., Deadman, P., Kratz, T., Lubchenco, J., Ostrom, E., Ouyang, Z., Provencher, W., Redman, C.L., Schneider, S.H. y Taylor, W.W. (2007). Complexity of coupled human and natural systems. *Science*, (317) 1513-1516
- Luhmann, N. (1998). Sistemas sociales: lineamientos para una teoría general. Barcelona: Anthropos
- Luhmann, N. y De Georgi ,R. (1993). Teoría de la Sociedad. México: UIA-UdeG-ITESO
- Matthews, H. S., Hendrickson, C. y Lave, L. (2000). Harry Potter and the health of the environment. *IEEE Spectrum* 37, (11), 20-22
- Martinez-Alier, J. (1995). The environment as a luxury good or “too poor to be green”? *Ecological Economics*, 13 (1), 1-10
- Maturana, H.y Varela, F. (1980). Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living. D. Reidel Publishing, Dordrecht
- Maturana, H.y Varela, F. (1987). The Tree of Knowledge. The biological roots of human understanding. Boston: Shambhala
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. y Behrens, W. W. (1972). Limits to Growth. New York: Universe Books
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). Ecosystems and Human WellBeing: Synthesis. Washington, D.C.: Island Press
- Moreno, J. C. (2002). Fuentes, autores y corrientes que trabajan la complejidad. En: Manual de Iniciación Pedagógica al Pensamiento Complejo. Complexus
- Morin, E., (1990). Introducción al pensamiento complejo, Gedisa, Barcelona.

- Morin, E., (2007). Complejidad restringida y complejidad generalizada o las complejidades de la complejidad. (Spanish). *Utop. y Prax. Latinoam.* 12 (38), 107–119
- Norgaard, R. B. (1994). *Development betrayed: The end of progress and a coevolutionary revisiting of the future.* London & New York: Routledge
- Odum, H. T. (1989). Ecological engineering and self-organization. En: Mitsch, W.J. y S. E. Jorgensen, eds. *Ecological engineering: an introduction to ecotechnology.* NY: Wiley & Sons, Inc pp 79-101
- Ostrom, E. (2009). A polycentric approach for coping with climate change. *Policy Research Working Paper* 5095
- Park, R. E. (1936). Succession, an ecological concept. *American Sociological Review*, 1(2), 171-179.
- Prigogine, I., Nicolis, G., Babloyantz A., (1972). Thermodynamics of evolution. *Physics Today* 25 (11), 23-28
- Rosen, R. (1977). Complexity and system descriptions. En *Systems-Approaches, Theories, Applications* pp 169– 175
- Ruiz Ballesteros, E., (2011). Social-ecological resilience and community-based tourism: an approach from Agua Blanca, Ecuador. *Tourism Management*, 32 (3) 655- 666
- Sieferle, R. P. (2001). "Qué es la historia ecológica". En González de Molina y Martínez Alier j. (eds), *Naturaleza transformada. Estudios de historia ambiental en España.* Icaria. Barcelona, pp 31-54
- Sieferle, R. P. (2011). Cultural evolution and social metabolism. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 93 (4), 315-324
- Spangenberg, J. H. (2011). Sustainability science: a review, an analysis and some empirical lessons. *Environmental Conservation*, 38 (03), 275-287
- Turner, R.K. (1992). "Speculations on strong and weak sustainability". *CSERGE working paper GEC. 92-26*
- Vattimo, G. (1987). *El fin de la modernidad. Nihilismo y hermenéutica en la cultura posmoderna,* Barcelona: Gedisa
- Von Bertalanffy, L. (1968). *General System theory: Foundations, Development, Applications.* NY: George Braziller
- Von Foester, H. (1979). Cybernetics of Cybernetics. *Rev. Lit. Arts Am.* (8), 5-8

- Waldrop, M. (1992). *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. New York: Simon & Schuster
- Walker, B. H., A. Kinzig, A. Langridge, J. (1999). Plant attribute diversity, resilience and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species. *Ecosystems*, (2), 95-113
- Walker, B., S. Carpenter, J. Anderies, N. Abel, G. S. Cumming, M. Janssen, L. Lebel, J. Norberg, G. D. Peterson, and R. Pritchard. (2002). Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology* 6(1), 14
- Weber, M. (1964). *Economía y sociedad. Esbozo de sociología comprensiva* ed. J. Winckelmann. México: FCE
- Weisz, H. (2007). Combining social metabolism and input-output analyses to account for ecologically unequal trade. En: A. Hornborg, J. R. McNeill, A. Martínez (Eds.), *Rethinking environmental history. World-system history and global environmental change*, (pp. 289-306). AltaMira Press, Lanhan
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge: Cambridge MIT Press

3 POTENCIAL DE LA GRAMÁTICA DEL MUSIASSEM EN LA REPRESENTACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD³

Resumen

Una alta capacidad para representar el análisis de la sostenibilidad es la exigencia central de cualquier metodología que pretenda encontrar en dicho análisis una herramienta para el desarrollo social y un diagnóstico de relación de las sociedades humanas con el entorno. Los requerimientos de dicha capacidad representadora se cifran en un lenguaje lo suficientemente recursivo y sintético en sus rasgos y principios como para ser flexible y en ello ofrecer pertinencia y operabilidad para diversidad de escenarios y situaciones que, en todo caso, se caracterizan por la complejidad del tejido entre sus múltiples niveles y dimensiones. A través de una gramática el MUSIASSEM ha cifrado en ello su potencial analítico y predictivo. Este capítulo argumenta las ventajas y alcances de las gramáticas como alternativa a los modelos en la representación del análisis de la sostenibilidad y explica cómo está fundamentada la gramática del MUSIASSEM.

3.1 Introducción.

Las actividades humanas actuales están produciendo impactos ambientales tan importantes que los problemas regionales, potencialmente controlables, se están convirtiendo en desastres globales incontrolables (Dittmar, 2014). Esto sugiere que los procesos de transformación de los recursos naturales, por parte de las sociedades humanas, tienen consecuencias que ocurren en distintas escalas y niveles.

Por ejemplo, las emisiones de dióxido de carbono de las ciudades (escala local) contribuyen al efecto invernadero que es el responsable del cambio climático (escala

³ En la elaboración de este capítulo se agradece los aportes del Dr. Roberto Aguirre Fernández de Lara.

global). Por lo tanto, se hace indispensable analizar el desarrollo sostenible utilizando representaciones que consideren las relaciones que ocurren en distintas escalas y niveles entre las sociedades humanas y su entorno. Ello supone un cambio de concepción del análisis de la sostenibilidad, superando a la heredada de la ciencia clásica decimonónica, hacia una visión más holística y contemporánea. Desde esta nueva perspectiva, las sociedades humanas y su entorno deben ser considerados como sistemas que interactúan entre ellos, formando lo que se denominó en el capítulo anterior como sistemas socioecológicos.

Como es propio del pensamiento sistémico, ambos sistemas no pueden ser entendidos exclusivamente a partir de los componentes que los conforman, debido a que en dichos sistemas surgen propiedades emergentes que difieren de las propiedades individuales de sus componentes. En consecuencia, las relaciones, los intercambios y las propiedades emergentes de los sistemas socioecológicos hacen que estos sean considerados como sistemas complejos.

Con base en lo expuesto en el capítulo anterior, los elementos del pensamiento complejo han sido desarrollado en las últimas décadas desde distintas disciplinas (Cibernética -Von Foerster [1979]; Sociología - Luhmann [1990], Morin [2007]; Biología -Rosen, [1977a], Maturana y Varela [1987; 1991]), sin embargo, a pesar de sus diferencias en sus enfoques, han coincidido en que el paradigma de la complejidad ha hecho evidente que el conocimiento científico es una representación flexible y limitada a un punto de vista. Esto se debe a que cuando se analiza cualquier sistema complejo se hace según determinados criterios o cualidades elegidos por el investigador (Rosen, 1977b). En tal sentido, los sistemas complejos no pueden ser completamente entendidos. Por eso, solo podemos percibir parte de ellos, partiendo de unos atributos o características que sean de nuestro interés, y como consecuencia de este hecho, sólo podemos describir partes de ellos.

Los párrafos anteriores permiten preguntarnos por el tipo de representación posible y deseable en el análisis de la sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. Si seguimos el planteamiento de Rosen (1977b), la representación de los

sistemas y su interacción, subyacente en el análisis de la sostenibilidad, será siempre parcial, pero a su vez tendremos presente ese limitante para realizar nuevos análisis y generar nuevos puntos de vista. Respecto a lo deseable, podemos decir que alcanzar los objetivos propuestos y evaluar los resultados puede ser suficiente para someter a prueba las bondades explicativas y diagnósticas de la representación subyacente.

En términos de esta reflexión, la representación de los sistemas y su interacción constituyen el fundamento conceptual desde la cual se diseñan planteamientos metodológicos orientados al análisis de la sostenibilidad. Sin embargo, éstos carecen de un marco conceptual que les permita elaborar representaciones que consideren los procesos de transformación de energía y de materiales y mantengan, al mismo tiempo, la noción de escala y nivel en las cuales actúan y funcionan. Entendiéndose, el término escala como la elección de las dimensiones analíticas, temporales, espaciales que determinan las características cuantitativas que son utilizadas para estudiar objetos y/o procesos (Allen y Starr, 1982). Mientras, el término nivel debe considerarse como las posiciones que se puedan dar dentro de una organización jerárquica definida a través de múltiples escalas (Gibson et al., 2000).

Esta carencia de marco conceptual para elaborar representaciones supone, a mi juicio, una examinación poco desarrollada de la noción de representación por parte de dichos enfoques metodológicos. Esta situación, al parecer, no les ha permitido hacer operativa esta toma de conciencia del fenómeno de la representación. Considero que el desarrollo e incorporación de nociones operativas de la representación a dichos enfoques pasa por el desarrollo de gramáticas. Es decir, por un cuerpo coherente y limitado de principios y reglas generales que enlacen categorías formales y categorías semánticas. El primer tipo de categorías remite a la forma de los signos usados. El segundo tipo, a los significados que a través de ellos se pretenden expresar. Los elementos de estas categorías se relacionan en distintas escalas, sin perjuicio de la representación en cada una de ellas.

Lo anterior es el caso de la noción de Gramática introducida por Giampietro (2004). La gramática que propone dicho autor forma parte del marco teórico del Análisis Integrado Multi Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIAEM, por sus siglas en inglés) (Giampietro y Mayumi, 2000a, 2000b; Giampietro, 2004; Giampietro et al., 2012). El MuSIASEM es un enfoque de análisis que integra los conceptos teóricos de distintas disciplinas científicas, tales como la termodinámica del no-equilibrio aplicada al análisis ecológico (Odum, 1996, 1983, 1971; Ulanowicz, 1995, 1986), la teoría de los sistemas complejos (Kaufmann, 1993; Morowitz, 1979; Rosen, 2000; Zipf, 1941) y la bioeconomía, según los criterios de Georgescu-Roegen (1971).

Precisamente, este enfoque ha sido desarrollado para hacer frente al desafío epistemológico de cómo percibir y representar procesos que ocurren a través de diferentes escalas para analizar la viabilidad, factibilidad y deseabilidad de los patrones metabólicos de las sociedades humanas (para mayor detalle véase Giampietro et al., 2012).

3.2 La representación a través de gramáticas

Se ha dicho anteriormente que el paradigma de la complejidad ha permitido al conocimiento científico contemporáneo darse cuenta de que, a través de las teorías, modelos, hipótesis y postulados que genera, está produciendo una representación del mundo que es necesariamente incompleta. Esto, que pareciera una obviedad, tiene implicaciones diversas sobre los alcances del conocimiento generado. A saber, la conciencia de su incompletitud y dependencia de un punto de vista.

No es nuevo decir que en el promedio del quehacer científico se ha confiado en las matemáticas y la lógica simbólica como fuentes de códigos de representación científicamente deseables por rasgos tales como su significado unívoco, no ambigüedad o su no autorreferencia. Esta perspectiva, sin duda, ha sido la compañera de un modelo de ciencia que cuestiona el pensamiento complejo. Dicho cuestionamiento no radica en el uso del lenguaje matemático para la formulación de

axiomas o el uso de algoritmos para modelar las observaciones y registros experimentales, sino en acudir a las matemáticas y la lógica como paradigmas de la representación de la que somos capaces los entes productores de conocimiento científico. Es decir, los humanos.

De algún modo, esta situación parece haber jugado en perjuicio del lenguaje como una base o paradigma, no como un código específico, para pensar la representación científica. Es decir, como el referente básico de cómo la representación se hace operativa a través de un código. El hecho histórico es que las capacidades computacionales y referenciales del lenguaje no son descritas por los estudiosos del lenguaje a través de modelos, sino de gramáticas. En este sentido, la gramática parece un referente *ad hoc* para una perspectiva según la cual el conocer es también un sistema complejo, ante el cual no estamos exentos de los señalamientos ya hechos por Rosen (1977a) y el pensamiento complejo en general.

Por su parte, el positivismo lógico ya había advertido que el lenguaje con el que se representa el conocimiento es crucial para dar garantías de certeza y verificabilidad de aquél. Entonces, es necesario advertir que las formas usadas para representar los fenómenos observados son por sí mismas instrumentos a evaluar. Su capacidad para resguardar y transmitir el saber adquirido y observar con mayor o menor amplitud los acontecimientos de nuestro interés es objeto de la epistemología contemporánea. En este sentido, tenemos un problema de representación, puesto que se está tratando de las relaciones entre las formas usadas para representar y el saber representado.

El término gramática puede hacer referencia al conocimiento intuitivo y funcional de que los hablantes disponen cuando comunican eficazmente, lo cual le da un carácter de competencia, o también puede referirse a la denominación de las explicaciones y descripciones que de tal funcionamiento pueden llevar a cabo los lingüistas, dándole así un carácter de descripción o explicación a esta competencia (Ortega, 1988). En este último caso, la gramática puede ser entendida como el

conjunto de reglas y principios que gobiernan el uso del lenguaje y su organización en constituyentes de distintos dominios.

Es en este último sentido que interesa la proyección de la gramática a la necesidad o la persecución de una adecuada representación en el análisis de la sostenibilidad. En sintonía con una perspectiva que concede un papel central a la sintaxis, es decir, al perfil computacional de establecer un orden de los ítems lingüísticos asociado a un valor funcional que se les atribuye para realizar aseveraciones. Giampietro et al. (2012 pág. 140) subrayan a la gramática como un conjunto de reglas dedicadas a definir las bases y la organización del habla a fin de lograr un vínculo eficaz de las aseveraciones semánticas a las sintácticas, tanto a nivel oracional como textual.

Desde la perspectiva generativista (Chomsky, 1998), a la que suele adscribirse el común de los aprovechamientos de la teoría lingüística hechos desde el mundo de las Ciencias Exactas y de la Computación, se entiende que esos principios y reglas son limitados y tienen una alta productividad al permitir la generación de una cantidad ilimitada de formaciones simbólicas gramaticales. Es decir, correctas según esas propias reglas.

Otros rasgos del lenguaje, manifiestos en la gramática y que, por lo tanto, se llegan a considerar rasgos de la misma en los enfoques generativistas, y en buena parte en la generalidad de la teoría lingüística, están la denominada doble articulación. Es decir, un conjunto de componentes gramaticales dedicados a la computación lingüística, que dan lugar a categorías formales y un conjunto de componentes semánticos, que dan lugar a categorías semánticas.

El otro rasgo en cuestión remite al carácter escalar de las categorías formales que se van desarrollando como componentes más elaborados, con cambios en su valor funcional al pasar de un dominio descriptivo del lenguaje a otro (por ejemplo, de fonemas a sílabas, de sílabas a palabras, de palabras a oraciones, etc.).

Esta arquitectura computacional permite a la gramática dar cuenta del lenguaje natural como un sistema de representación en el que los ítems del código son caracterizados funcionalmente de un modo en un dominio descriptivo (fonético, morfológico, sintáctico, semántico), etc. y son re-categorizados funcionalmente de otra manera en otro dominio descriptivo.

En este sentido, es fácil de entender que el lenguaje es un sistema de representación complejo con interfaces múltiples entre dominios descriptivos. Cada uno de estos dominios descriptivos le permite interfaces con distintos entornos (fisiológico, psicológico, cultural, social, etc.) que determinan la capacidad representadora del lenguaje.

Independientemente de las polémicas sobre si los dominios del lenguaje son módulos independientes (Gramática generativa) o hay un continuo entre dominios (Gramática cognitiva), la gramática da cuenta de un sistema de representación complejo y flexible, siendo este último uno de sus rasgos que explican su potencial representador. Este rasgo significa que hay una red de relaciones esperadas entre las categorías formales y las semánticas expresadas en lo que el sistema de reglas permite y en la alta productividad de las mismas. Kaufmann (1993) parece transportar este rasgo a su denominada gramática multipropósito.

Sin embargo, en la misma lógica del estudio gramatical del lenguaje, la competencia gramatical toma instancia en una competencia narrativa y discursiva de un hablante, que por lo mismo se constituye como un operador. Es decir, en una expresión específica que para determinados propósitos comunicativos de ese operador puede elegir las categorías formales en razón de las categorías semánticas que le permiten dar cumplimiento a dichos propósitos y elegir determinados datos del entorno.

En este sentido, este apartado subraya que cualquier descripción de las relaciones de representación entre un conjunto de categorías formales y semánticas

de un código puede ser considerada como una gramática instanciada por un operador.

Puesto que representar es una condición general del conocimiento y de la actividad humana, se puede hablar de gramática para cualquier ámbito de experiencia mientras sea posible elaborar categorías formales (p. ej. cantidad de litros de agua, toneladas de CO₂, etc.) susceptibles de ser asociadas a categorías semánticas (p. ej. consumo de agua, contaminación atmosférica), a expectativas de esa asociación, a un grado de productividad de esa relación y a un operador que le da actualidad a dichas asociaciones.

3.3 ¿Por qué una gramática no es un modelo?

La exposición anterior ha mostrado algunas características básicas de las gramáticas y del tipo de fenómenos sobre los cuales se puede establecer gramáticas. Si nos atenemos al lenguaje, podemos considerar que los eventos en los que se ven implicados distintos ámbitos de experiencia y capacidades fuertemente imbricadas parecen ser explicados mediante gramáticas.

Una inspección más detallada del lenguaje como fenómeno explicado mediante gramáticas nos sugiere que los códigos o sistemas de representación son candidatos a sistemas complejos. La hipótesis fundamental es que las gramáticas, y no los modelos, nos permiten el acercamiento parcial del que habla Rosen (1977a) a los sistemas complejos, sin perder la perspectiva de su inconmesurabilidad (Martinez-Alier et al. 1998).

Un primer argumento es que el lenguaje reúne diversas características de un sistema complejo, puesto que no es entendible a partir de los elementos discretos que lo conforman (p. ej. vocales vs consonantes) y la suma de componentes suyos del mismo dominio descriptivo permite el paso a dominios adicionales (p. ej. un conjunto de palabras, siguiendo ciertas reglas forman oraciones), sea que se focalice el significante (categorías formales) o el significado (categorías semánticas).

Si aplicamos la explicación de Rosen, podemos caracterizar a los dominios del lenguaje como subsistemas, es decir, como realidades describibles en base a la elección de determinadas propiedades o cualidades de los componentes de las categorías formales y las semánticas. Estas elecciones son parciales, porque remiten a atributos de nuestro interés y a datos elegidos. Sin embargo, la gramática por sí misma incluye las interacciones entre todas esas categorías formales y semánticas, sea que resulten elegidas o no, y, por lo tanto, recogidas o no en una observación.

Así, si bien un hablante, como operador, establece en el uso de determinadas estructuras lingüísticas una instancia específica de la gramática, ésta por sí misma no deja de ofrecer al operador recursos para cualquier explicación en la que dicho uso pueda ser evaluado de acuerdo a los propósitos de su uso. Giampietro et al. (2012 pág. 141) rescatan ese rasgo de la gramática para distinguir una gramática de un modelo y señalar que las realizaciones (output) de una gramática permanecen semánticamente abiertas.

Un segundo argumento para la elección de una gramática es que ésta establece una relación simbólica entre un índice -más o menos arbitrario o motivado según el código- y un referente. Los índices se pueden agrupar en categorías formales capaces de ser relacionados en distintos escenarios con categorías semánticas. En este sentido, la gramática no establece relaciones de causa y efecto entre diversos dominios de la representación, sino relaciones que permiten la emergencia de nuevas propiedades por la interacción entre ellos.

A diferencia de las gramáticas, los modelos no permiten esa denominada diversidad de instanciaciones de la representación, puesto que los modelos son en sí mismos realizaciones de expectativas semánticas específicas válidas asociados a realizaciones sintácticas consideradas pertinentes. Aplicado al lenguaje natural, resulta el equivalente a tipos de oraciones (afirmativas, declarativas, interrogativas) o tipos de registros, tales como informes científicos, recetas de cocina o distintos géneros literarios.

Según Rosen (2000), la complejidad no puede ser modelada porque un modelo establece una congruencia entre una secuencia de eventos que percibimos del mundo externo (orden causal) y un conjunto de proposiciones lógicas o matemáticas que describen dichos eventos (orden inferencial). Sin embargo, las relaciones de congruencia no son relaciones de representación, sino de identidad formal o funcional.

Si bien, por sí mismos, los aspectos semánticos y discursivos del lenguaje se pueden explicar mediante reglas inferenciales y se pueden realizar modelos computacionales y matemáticos de los aspectos computacionales del lenguaje, desarrollando, por ejemplo, normas de asociación libre, ello no explica las relaciones de representación propias de una gramática que se asocian con el *significado* de la misma. En cambio, las relaciones de representación explican la capacidad de algo para estar en lugar de algo en algún sentido y respecto a un valor. Es decir, son relaciones de sustitución que pueden ser arbitrarias. Su congruencia es producto de una *convención*.

En el caso de una gramática, no podemos hablar de un orden causal formado por elementos del mundo externo que -si bien son discernibles de manera discreta- no interesan de esa manera para explicar la representación, puesto que el interés por ésta es, por definición, el de cómo algo se vincula con otra cosa. La coherencia y validez de una gramática depende de su capacidad de tener sentido para aquellos que la usan.

Finalmente, puesto que por definición el desarrollo sostenible y su análisis remiten a explicar la manera en que concurren distintos dominios de experiencia con sus propios componentes y las propiedades que emergen en las interacciones entre dichos dominios en la interacción con entornos distintos, es necesaria una explicación isomórfica con esa concurrencia y emergencias. Una gramática ofrece esta posibilidad, puesto que no establece una relación lineal entre las formas de representar y lo representado, sino una que, por ser arbitraria, permite configuraciones e instanciaciones diversas. Esta característica es muy importante

cuando se trata de análisis cuantitativos para la ciencia de la sostenibilidad donde se requiere la integración de diferentes tipos de información relacionadas a diferentes escalas y dimensiones.

3.4 La gramática del MuSIASEM

Giampietro et al. (2012) definen el concepto de gramática del MuSIASEM como un conjunto de relaciones que se establecen entre categorías semánticas y categorías formales, previamente definidas, con la finalidad de obtener una representación capaz de ser operacionalizada en términos cuantitativos a través de diferentes escalas y dimensiones. En esta definición, las categorías semánticas, estrictamente, corresponden a la designación que hacemos, mediante el lenguaje, del mundo que nos rodea y que permite, a su vez, tratar como equivalentes objetos que en sí son diferentes. Asimismo, la organización coherente de estas categorías semánticas facilita diversas operaciones cognitivas, como por ejemplo, la de atribuir características o propiedades a objetos que no conocemos, establecer relaciones entre objetos, hacer inferencias, etc.

De esta manera, la organización funcional de estas categorías semánticas proporciona una estructura que sirve de base para el análisis cuantitativo. Para ello se establecen las categorías formales que pertenecen a un lenguaje formal, el cual está constituido por reglas claras, precisas y rigurosas. Un ejemplo claro de lenguaje formal es el lenguaje matemático. A diferencia de un lenguaje natural, los lenguajes formales son más limitados pero es una manera de evitar las paradojas, que son puntos muertos en la explicación, y las ambigüedades, que oscurecen los hechos a considerarse para apreciar la validez de un razonamiento (Andrade et al., 2008). Así pues, la gramática del MuSIASEM mediante las relaciones entre categorías semánticas y formales proporciona una estructura operacional a la fase pre-analítica de la percepción semántica.

La gramática del MuSIASEM parte de la noción de narrativa, es decir que refleja un significado a partir de la experiencia y no pretende, en ningún momento,

ser una consideración objetiva de la realidad. De este modo, la gramática funciona como un medio de construcción que permite transmitir una experiencia entre un narrador y un oyente. Ello implica que el narrador realice, previamente, una elección acerca de lo que es relevante de la realidad (apreciación subjetiva), imponiendo así una identidad al sistema en observación e infiriendo una relación causal entre eventos (Giampietro et al., 2012). En consecuencia, se puede decir que la gramática rompe la concepción de *entender totalmente* la realidad, tal como lo intentan los modelos, y en su lugar proporciona *una interpretación* de la realidad.

Tal como se comentó anteriormente, el diseño de una narrativa requiere la elección de un conjunto de atributos que defina lo que el *sistema es* y lo que el *sistema hace*, el cual servirá de base para elaborar cualquier análisis cuantitativo. Este proceso de elección tiene relevancia en cuanto se vuelve un proceso iterativo, es decir, que a lo largo del diseño y desarrollo de la gramática se va confirmando la pertinencia de la representación según los objetivos propuestos.

Para este proceso, la gramática del MuSIASEM adopta el modelo de Flujo y Fondo propuesto por Georgescu-Roegen (1971). Este modelo permite representar los procesos socioeconómicos de producción y consumo de bienes y servicios en términos biofísicos. Para ello distingue dos tipos de categorías:

- 1) la categoría de *fondos*, que denota lo que el *sistema es*, hace referencia a los agentes que durante el periodo a representar no sufren modificación alguna y mantienen su propiedad de agentes transformadores. Por ejemplo, las personas, la tierra ricardina, el capital, etc., y
- 2) la categoría de *flujos*, que denota lo que el *sistema hace*, hace referencia a los elementos que sufren una modificación durante el periodo a representar. Por ejemplo, el agua, la energía, los alimentos, etc.

Asimismo, esta elección de atributos puede ocasionar que un mismo sistema tenga más de una identidad, lo cual dependerá de la escala a la que se observe. Esto supone, de por sí, que cada identidad será definida por un dominio descriptivo, que a

su vez tendrá asociado un límite, relacionado a la extensión en espacio y tiempo, y en una resolución, relacionada al *grain*⁴ en espacio y tiempo (Ahl y Allen, 1996). Por lo tanto, la existencia de múltiples escalas en un sistema involucra la coexistencia de distintos dominios descriptivos. Ante esto la gramática del MuSIASEM tiene la propiedad, inherente de las narrativas, de proporcionar una disposición en serie de eventos que tienen escalas y niveles muy diferentes (Allen et al., 1999: 232).

Como ejemplo para distinguir la diferencia entre escala y nivel, se puede considerar un país como una escala espacial y sus correspondientes niveles podrían ser las provincias, los distritos, las ciudades, etc. Esta distinción lógica entre escalas y niveles se puede apreciar usando como ejemplo la relación entre Delaware (un estado de EE.UU.) y San Bernardino (un condado del estado de California). Cuando se considera el nivel jerárquico de organización del país, Delaware está por encima de San Bernardino, mientras que en relación con el tamaño de su área San Bernardino (52.000 km²) es ocho veces más grande que Delaware.

La gramática del MuSIASEM permite caracterizar a los sistemas socioecológicos como un tipo de jerarquía anidada constitutiva, es decir, que el nivel más bajo puede combinarse en nuevas unidades que poseen nuevas organizaciones, funciones y propiedades (Mayr, 1982).

La caracterización de los sistemas socioecológicos como un sistema jerárquico infiere al análisis de la sostenibilidad la capacidad de considerar al sistema como un conjunto sucesivo de subsistemas, los cuales tienen una doble naturaleza: la de ser un todo y, al mismo tiempo, una parte del sistema. Esto quiere decir que son un todo porque poseen su propia organización generando sus propias propiedades emergentes – desde este punto de vista son tipos funcionales - y, también, son una parte porque contribuyen a la organización de un sistema más grande, siendo así elementos necesarios por la generación de las propiedades emergentes de este sistema más

⁴ En Ecología del paisaje, la palabra *grain* describe el tamaño de la unidad homogénea más pequeña de estudio y determina la resolución en la cual el paisaje es estudiado. Un pixel en una imagen digital sería el análogo a un *grain* en un paisaje (Graves, 2010).

grande – desde este punto de vista son tipos estructurales. Koestler (1968) denomina a cada una de estas unidades que tienen esta doble naturaleza como *holón*, el cual es una combinación de un tipo estructural con un tipo funcional.

La gramática del MuSIASEM permite manejar una representación de relaciones funcionales entre holones para señalar la organización estructural asociada con su función. De este modo, una gramática establece un conjunto de puentes semánticos entre diferentes requerimientos de organización estructural y funcional a través de niveles (Giampietro et al., 2012).

Implícitamente, también se puede sugerir que una mayor elaboración de la jerarquía denota una mayor organización. Sin embargo, en este caso, el grado de organización no se expresa en mediciones de la complejidad, sino más bien en mediciones de lo que tenemos que reconocer a fin de conseguir un poco de explicación coherente de la complejidad (Allen y Giampietro, 2006). Esta noción de organización presupone una frontera entre el sistema y su entorno, pero esta diferenciación no involucra, de ningún modo, una independencia del sistema con respecto a su entorno.

En esta línea, se puede hacer caso del concepto de *clausura de operación*, introducido por Luhman (1996, 1997). Esta noción sugiere que la diferencia se puede señalar en base a los propios límites que establece el sistema a través de sus operaciones exclusivas, ya que el sistema depende exclusivamente de su propia organización para llevar a cabo sus operaciones.

Este concepto conlleva, también, a los mecanismos de autoorganización y de autopoiesis (Maturana y Varela, 1991). La autoorganización es el mecanismo por el cual los sistemas construyen y transforman sus propias estructuras mediante operaciones que se dan dentro de sí mismo (Luhman, 1997). Mientras, la autopoiesis, que literalmente significa autoproducción, describe la complementariedad entre los tipos de funcionalidad y los tipos de estructura que se encuentran en los sistemas

para que un sistema pueda producirse asimismo (Maturana y Varela, 1991; Giampietro et al., 2012).

Sin embargo, es preciso señalar que la estructura no es el factor productor de la autopoiesis sino que, únicamente, limita las relaciones posibles dentro del sistema (Luhman, 1997). La autoorganización implica que los sistemas *vivos* se mantienen alejados del equilibrio termodinámico mediante el intercambio de energía y materiales con su entorno. En términos de entropía, los sistemas vivos mantienen sus estructuras altamente ordenadas mediante la exportación de entropía negativa (negentropía) del entorno (Schrödinger, 1944).

La interacción entre el sistema y su entorno hace que los sistemas vivos sean sistemas abiertos, porque necesitan un aporte continuo de materiales y energía para compensar la disipación de estos que ocurren en los procesos de autoorganización. Por este motivo, Prigogine (1961, 1978) denominó a este tipo de sistemas como *sistemas disipativos*. El punto relevante de estos sistemas disipativos es que las interacciones no lineales, que se dan entre las diferentes escalas y niveles, pueden promover el surgimiento de la capacidad del sistema para regenerarse a grados más altos de autoorganización, como una respuesta a las “demandas” del entorno (Gómez Marín, 2002).

Del modo anterior, el entorno se convierte en un factor constituyente de la construcción del sistema (Osorio, 2012). En consecuencia, las interacciones no lineales sugieren la imprevisibilidad de la evolución de los sistemas y la fuerte conexión existente entre la organización del sistema y su entorno.

En analogía con los sistemas vivos, el sistema socioeconómico de las sociedades también requiere de un flujo de materiales y energía para su existencia, por lo tanto se puede considerar como una entidad viva. Además, este aporte continuo de materiales y energía hacia los sistemas implica que las funciones que cumplen las estructuras del sistema actúen como un metabolismo que le permita al sistema mantener este alto grado de ordenamiento.

Por el anterior motivo, la gramática del MuSIASEM utiliza el enfoque del metabolismo de la sociedad (Georgescu-Roegen, 1975; Martinez-Alier, 1987) para caracterizar los flujos de materiales y energía que se dan a través de los distintos holones (compartimientos) que constituyen el sistema socioeconómico. Esta caracterización del metabolismo de la sociedad, también llamado *patrón metabólico*, se basa en la categorización en flujos y fondos que se comentó anteriormente.

La caracterización anterior es relevante para los análisis de sostenibilidad del sistema socioeconómico porque permite identificar cuáles son los compartimientos que más requerimientos tienen y qué tipo de requerimiento son. Al tener este tipo de representación se proporciona una visión panorámica de cómo funciona el sistema socioeconómico y la dependencia hacia el sistema ecológico.

Un aspecto importante a tener en cuenta al analizar el funcionamiento de los procesos autoorganizativos de las estructuras disipativas y de la autopoiesis son los mecanismos que explican la dinámica de los bucles generadores de la no-linealidad. Estos mecanismos hacen referencia a la clase de redes de reacciones no-lineales con propiedades únicas que permiten una integración y evolución adecuada de un conjunto de entidades acopladas de una manera funcional. A estos mecanismos, que son una forma de autoorganización, se les conoce con el nombre de hiperciclos (Eigen y Schuster, 1979; Ulanowicz, 1986).

La gramática del MuSIASEM utiliza la noción del hiperciclo para representar procesos acoplados, entre categorías semánticas, como parte del metabolismo del sistema socioeconómico o del sistema ecológico y que son necesarios para la estabilidad del mismo. Por ejemplo, en el proceso para producir energía útil para el sistema socioeconómico, se tiene que utilizar ya energía útil. Esto señala un bucle en la producción que representa un conjunto de procesos acoplados que son indispensables para la obtención, en este caso, de energía útil.

Finalmente, la gramática del MuSIASEM es etiquetada como semánticamente abierta por Giampetro et al. (2012) porque tiene la cualidad de incorporar categorías

y de relacionarlas, según las necesidades del observador. No obstante, debido a que en secciones anteriores se ha utilizado la analogía entre la gramática del lenguaje y la gramática del MuSIASEM para explicar el funcionamiento de este último, se hace necesario señalar que la definición de semánticamente abierto que proporciona Giampietro et al. (2012) difiere de la definición que se utiliza en el lenguaje. En éste se considera semánticamente abierto cuando un fragmento no tiene el problema de la autorreferencia o cuando no contiene su propio predicado de verdad (Andrade et al., 2008).

3.5 Conclusiones

En la actualidad de las sociedades humanas existen buenas razones para caracterizar su capacidad transformadora del entorno como un hecho urgido de una atención capaz de dar cuenta de la complejidad de los intercambios con dicho entorno y sus efectos en escalas distintas.

Una breve revisión de las capacidades de los recursos y estrategias para analizar y conocer la sostenibilidad de las relaciones dentro del sistema socioecológico muestra que los paradigmas científicos heredados del siglo XIX no ofrecen hoy maneras pertinentes de representar esas relaciones y, por tanto, de tener una descripción adecuada.

En este sentido, el análisis de la sostenibilidad tiene la necesidad de encontrar una forma adecuada para representar esas relaciones, su complejidad, flexibilidad y multidimensionalidad. De esta manera, la representación de esas relaciones por vía de gramáticas parece ofrecer el instrumento adecuado para dar cuenta del perfil complejo del sistema socioecológico y de las interacciones que existen dentro de él.

Tal pertinencia y adecuación parece radicar en el isomorfismo de las gramáticas respecto a las relaciones y los sistemas representados. Es decir, las gramáticas provienen de la explicación del lenguaje natural como un fenómeno que ha sido descrito como sistema complejo, flexible y multidimensional. De hecho, esos

rasgos parecen vitales en la capacidad del lenguaje natural para poder representar nuestro conocimiento.

La capacidad representadora de las gramáticas está en que ofrecen un sistema limitado de reglas y principios para relacionar categorías semánticas y sintácticas, distinguiendo, en distintos dominios descriptivos, los componentes computacionales y las representaciones del lenguaje. La aspiración es entonces desarrollar metodologías de análisis de la sostenibilidad capaces de contar con ese poder representador. En este sentido, las gramáticas son una epistemología y un método que se exige poder atender a la diversidad de propósitos y mantener un perfil semántico abierto. Es decir, que puede reusar y ajustar las categorías formales para la explicación (lo que los lingüistas llaman un lenguaje de explicación) de nuevas o las mismas categorías semánticas.

Sin embargo, para servir al análisis de la sostenibilidad, las gramáticas deben ser capaces de mantener la relación funcional jerárquica entre las categorías semánticas, porque de esta manera permiten entender, en base a los parámetros establecidos, cuales son los requerimientos de energía y materiales que los holones (compartimientos) de la sociedad necesitan y como estos influyen en la existencia de la sociedad. En este sentido, la gramática del MuSIASEM es una herramienta potente para dicho análisis ya que, tal como se mencionó en secciones anteriores, integra un conjunto de conceptos de distintas disciplinas científicas para lograr una versatilidad que permite caracterizar un patrón metabólico de la sociedad manteniendo la funcionalidad jerárquica de las categorías a considerar.

Finalmente, más adelante se ejemplificara las interacciones agrupadas en torno a los alimentos la aplicación de la noción de gramática en distintas narrativas, entendida como instanciación por parte de un observador (un punto de vista, un objetivo de análisis en un límite espacio-temporal) de los recursos y posibilidades de una gramática.

3.6 Referencias bibliográficas

- Ahl, V. y Allen, T.F.H. (1996). *Hierarchy Theory*. NY: Columbia University Press
- Allen, T.F.H. and Starr T. (1982). *Hierarchy: Perspectives for Ecological Complexity*. Chicago IL University of Chicago Press
- Allen, T., Tainter, J. y Hoekstra, T. (1999). Supply-side sustainability. *Syst. Res. Behav. Sci.*, 16, 403–427.
- Allen, T.F.H. y Giampietro, M. (2006). Narratives and transdisciplines for a post-industrial world. *Syst. Res. Behav. Sci.* 23, 595–615. doi:10.1002/sres.792
- Andrade, E.J., Cubides, P., Márquez, C.M., Vargas, E.J., Cancino, D. (2008). *Lógica y pensamiento formal*. Bogota: Editorial Universidad del Rosario
- Chomsky, N., (1998). *On language*. NY: New Press
- Dittmar, M. (2014). Development towards sustainability: How to judge past and proposed policies? *Sci. Total Environ.* 472, 282–288.
doi:10.1016/j.scitotenv.2013.11.020
- Eigen, M. y Schüster, P. (1979). *The hypercycle: A principle of natural self-organization*. Berlin: Springer
- Georgescu-Roegen, N. (1971). The Entropy Law and the Economic Process. *The Economic Journal*.
- Georgescu-Roegen, N. (1975). Energy and Economic Myths. *Southern Economic Journal*, 41, 347. doi:http://dx.doi.org/10.2307/1056148
- Giampietro, M., (2004). *Multi-scale integrated of agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton.
- Giampietro, M. y Mayumi, K. (2000a). Multiple-scale integrated assessments of societal metabolism: Integrating biophysical and economic representations across scales. *Popul. Environ.*, 22, 155–210.

- Giampietro, M. y Mayumi, K.(2000b). Multiple-scale integrated assesment of societal metabolism: Introducing the approach. *Popul. Environ.*, 22, 109–153.
- Giampietro, M., Mayumi, K. y Sorman, A.H., (2012). *The Metabolic pattern of societies : where economists fall short*. London: Routledge
- Gómez Marín, R. (2002). Arquitectura teórica de la complejidad paradigmática, in: *Manual de Iniciación Pedagógica Al Pensamiento Complejo*. Corporación para el desarrollo complexus.
- Kaufmann, S., (1993). *The origins of order*, Oxford University Press.
- Koestler, A., (1968). *The Ghost in the Machine*. The MacMillan Co., New York.
- Lotka, A. (1956). *Elements of Mathematical Biology*. New York: Dover.
- Luhman, N., (1990). *Sociedad y sistema: la ambición de la teoría*. Paidos, Barcelona.
- Luhman, N. (1996). *La ciencia de la sociedad*. Universidad Iberoamericana. México: Anthropos, ITESO.
- Luhman, N., (1997). *Hacia una teoría científica de la sociedad*, En: *Revista Anthropos*. p. 192.
- Martinez-Alier, J. (1987). *Ecological economics: energy, environment and society*. *Ecological Economics Energy Environment and Society*.
- Martinez-Alier, J., Munda, G., y O'Neill, J. (1998). Weak comparability of values as a foundation for ecological economics. *Ecological Economics*, 26, 277–286.
doi:10.1016/S0921-8009(97)00120-1
- Maturana, H.R., Varela, F.J., (1987). *The tree of knowledge: the biological roots of human understanding*. Boston: Shambhala Publications Inc.
- Maturana, H. y Varela, F., (1991). *Autopoiesis and Cognition : The Realization of the Living* (Boston Studies in the Philosophy of Science), *Living in Boston Studies in the Philosophy of Science Vol 42 D Reidel Dordrecht*.

- Mayr, E., (1982). *The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution and inheritance*. The Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, Cambridge, MA.
- Moreno, J.C., (2002). Fuentes, autores y corrientes que trabajan la complejidad, En: *Manual de Iniciación Pedagógica Al Pensamiento Complejo*. Corporación para el desarrollo complexus.
- Morin, E., (2007). Complejidad restringida y Complejidad generalizada o las complejidades de la Complejidad. (Spanish). *Utop. y Prax. Latinoam.* 12, 107–119.
- Morowitz, H., (1979). *Energy flow in biology*. Woodbridge: Ox Bow Press.
- Odum, H., (1971). *Environment, power, and society*. Wiley-Interscience, New York.
- Odum, H., (1983). *Systems ecology*. Wiley, New York.
- Odum, H., (1996). *Environmental accounting: emergy and decision making*. Wiley, New York.
- Ortega, J., (1988). Gramática, pragmática y enseñanza de la lengua. En: *Actas Del Primer Congreso ASELE*. Centro Virtual Cervantes, pp. 9–20.
- Osorio, S.N., (2012). Ciencias de la complejidad, pensamiento complejo y conocimiento transdisciplinar. Disponible en http://www.cetr.net/files/1363793636_10_sosorio.pdf Revisado el 05-07-2015.
- Prigogine, I., (1961). *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*, 2nd edition ed. Wiley, New York.
- Prigogine, I., (1978). *From Being to Becoming*. W.H. Freeman, San Francisco, CA.
- Rosen, R., (1977a). Complexity and system descriptions, En: *Systems- Approaches, Theories, Applications*. pp. 169–175.
- Rosen, R., (1977b). Complexity as a system property. *Int. J. Gen. Syst.* 3, 227-232.

- Rosen, R., (2000). *Essays on Life Itself*. Columbia University Press. New York.
- Schrödinger, E., (1944). *What is life? The physical aspect of the living cell*, Trinity College.
- Ulanowicz, R., (1986). *Growth and development: ecosystem phenomenology*. Springer, New York.
- Ulanowicz, R., (1995). Ecosystem integrity: A causal necessity. En: Westra, L., Lemons, J. (Eds.), *Perspectives on Ecological Integrity*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, pp. 77–87.
- Von Foerster, H., (1979). Cybernetics of Cybernetics. *Rev. Lit. Arts Am.* 8, 5–8.
- Zipf, G., (1941). *National unity and disunity: the nation as a bio-social organism*. Bloomington: The Principia Press.

4 LA GRAMÁTICA DE LOS ALIMENTOS⁵

Resumen

En este capítulo se presenta la gramática del MuSIASEM para el análisis cuantitativo del flujo de energía proveniente de los alimentos a través de los distintos compartimientos de la sociedad, el cual está definido en diferentes escalas. La visión interna del metabolismo de los alimentos se centra en el consumo de los alimentos y en los flujos de los portadores de nutrientes, mientras la visión externa se centra en la producción de los alimentos y en el flujo de los productos agropecuarios. La gramática de los alimentos integra en una misma representación, la visión interna y externa, tomando en cuenta las complicaciones originadas por el bucle autocatalítico de la producción de alimentos (es decir el uso de alimentos para producir más alimentos). Como ejemplo de esta representación y operacionalización, mediante la gramática del MuSIASEM, se presenta como caso de estudio el patrón metabólico de las islas Mauricio.

4.1 Introducción

En este capítulo se discuten las dificultades encontradas en la contabilidad de los flujos de los alimentos en los sistemas complejos de la sociedad humana. Unas dificultades que son inherentes a la organización jerárquica de los sistemas, a la coexistencia de distintas escalas y dimensiones de análisis y a las distintas visiones legítimas del sistema (la visión interna frente a la visión externa). Al tomar en cuenta estas dificultades y su relación con los otros elementos involucrados en un nexo (p. ej. la energía endosomática, los flujos de agua y los monetarios), se propone una contabilidad comprensiva para el flujo de los alimentos, denominada la gramática de los alimentos.

⁵ Este capítulo corresponde a la traducción al español del Capítulo 7 Food grammar (para la versión en inglés véase el Anexo 1) del libro *Resource Accounting for Sustainability Assessment. The nexus between energy, food, water and land use*. Editado por Mario Giampietro, Richard Aspinnall, Jesús Ramos-Martín y Sandra G.F. Bukkens. Publicado por Routledge en 2014.

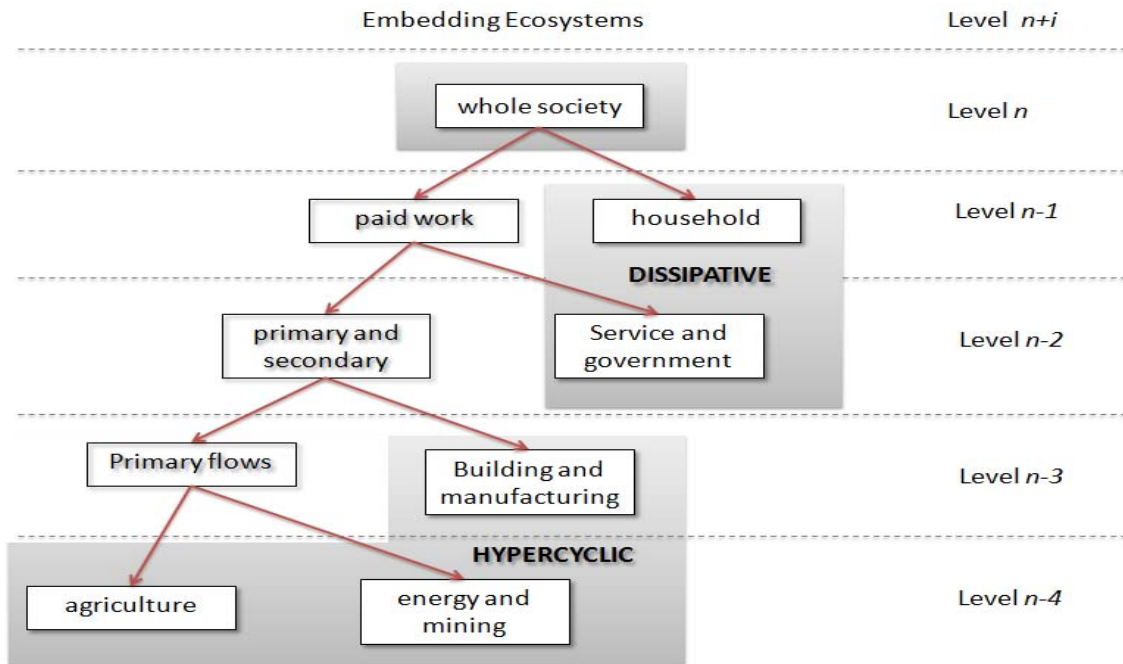
Esta gramática consiste en una conceptualización de los flujos de los alimentos y se fundamenta en el modelo de flujo y fondo -abordado en el capítulo anterior- y en la estructura jerárquica básica de la sociedad propuesta en la Figura 4-1 que enfatiza las visiones interna y externa del sistema alimentario. La visión externa se centra en el abastecimiento de los alimentos (en la producción de los alimentos), mientras que la visión interna se centra en los usos finales (en el consumo de los alimentos); ambos esenciales para estudiar el patrón metabólico de la sociedad.

4.2 Terminología

El estudio del sistema alimentario abarca varias disciplinas científicas, tales como la ecología, la agronomía, la economía y la nutrición, cada una con sus propias narrativas, convenciones y jergas. Para evitar posibles confusiones, se proporciona en este capítulo un conjunto de definiciones relativas a las diferentes categorías de contabilidad utilizadas en la gramática (“la semántica del MuSIASEM”) y su relación con los términos usados comúnmente en estadística. Esto es esencial para comprender la sutil diferencia en el significado de los términos usados, con el objetivo de entender la racionalidad subyacente de la gramática de los alimentos transdisciplinaria que se propone:

- *La energía de los alimentos* es la energía química contenida en un determinado alimento. Ésta está relacionada directamente con la composición de los macronutrientes de los alimentos (como las proteínas, las grasas, los carbohidratos y el alcohol). En la gramática de los alimentos, este tipo de energía se registra o como un simple número (una valoración cuantitativa expresada en julios) o como un vector de estos macronutrientes (un conjunto de evaluaciones cuantitativas expresado en julios). Esta última notación proporciona información de los aspectos cualitativos de los alimentos (la combinación de los distintos macronutrientes contenidos en la dieta).
- *La energía endosomática* es sinónima de la energía de los alimentos. Este término se usa para destacar la función de los alimentos en el metabolismo de la sociedad, para enfatizar qué cantidad de energía de los alimentos se destina a la metabolización dentro (*endo*) del cuerpo humano, en oposición a la energía exosomática (por ejemplo, el petróleo), que se metaboliza fuera (*exo*) del cuerpo humano.

Figura 4-1 La estructura jerárquica anidada básica de los compartimientos funcionales de la sociedad



Elaborado por Mario Giampietro en (Giampietro et al., 2014). Utilizado con permiso del autor

- *Los requerimientos alimenticios* es un concepto con valor normativo que definimos como la cantidad de alimentos que necesita una población o un segmento de la población para garantizar su adecuado estado de nutrición y de salud. Esto depende de la estructura de la población, de su grupo de edad y de su género, y de su modelo de actividad física. Este concepto es comparable a la Ingesta Diaria Recomendada (RDA, por sus siglas en inglés) o a las Ingestas Dietéticas de Referencia (DRI, por sus siglas en inglés) utilizadas en el campo de la nutrición y de la salud pública.
- *La ingesta alimentaria o ingesta dietética* hace referencia a la cantidad real de alimentos consumidos (ingeridos) en la dieta. Las estadísticas nacionales raramente proporcionan esta información. Sin embargo, algunos estudios a pequeña escala (tales como las encuestas de salud y de nutrición de los hogares) proporcionan alguna información a escala local que podemos encontrar en la literatura científica. Por esta razón, la ingesta de alimentos se puede estimar en base al consumo final.
- *El abastecimiento neto de alimentos o consumo doméstico final en los hogares* se define como la cantidad de alimento disponible para el consumo de la población, que

desaparece a nivel de los hogares. Esta cantidad hace referencia a los *usos finales* del flujo de los alimentos y es igual a la cantidad de alimentos ingeridos más las pérdidas y los desperdicios que tienen lugar en los hogares. Aunque las pérdidas y los desperdicios de alimentos que tienen lugar en los hogares no se consumen realmente, ello implica el uso de recursos en su producción; y, por lo tanto, es primordial incluirlos en la contabilidad de los flujos de los alimentos (véase FAO, 2013). Las estadísticas sobre el abastecimiento neto de alimentos están disponibles en las hojas de balance de alimentos de la FAO (FAO, 2014b). Se usa el consumo final de alimentos como una aproximación de la ingesta de alimentos.

- *El consumo bruto de alimentos a nivel de la sociedad* se define como todos los alimentos consumidos (en el sentido de desaparición) para el metabolismo endosomático de la sociedad. Esta cantidad incluye: 1) el consumo final doméstico, 2) los alimentos usados en la misma operación de la producción de alimentos (pienso de animales, semillas y huevos para la producción de pollos) y 3) las pérdidas y los desperdicios en el procesamiento, la distribución y el almacenamiento. Los alimentos que se exportan no se incluyen en el análisis del patrón metabólico puesto que desempeñan una función económica. Se puede estimar el consumo bruto a nivel de sociedad a partir de las estadísticas de las hojas de balance de alimentos de la FAO (FAO, 2014b), sumando las cantidades de los alimentos pertenecientes a las tres categorías mencionadas anteriormente: el consumo final, la inversión interna en el bucle autocatalítico -es decir, los alimentos utilizados para producir alimentos- y las pérdidas.
- *El abastecimiento bruto de alimentos para la sociedad* (que debe coincidir con el consumo bruto de alimentos de la sociedad) es el total de alimentos que entran en la cadena de abastecimiento de alimentos doméstica. Estos se pueden calcular a partir de las estadísticas publicadas en las hojas de balance de alimentos de la FAO (FAO, 2014b), sumando la producción local, las importaciones, los cambios de las existencias y restando las exportaciones.

4.3 La visión interna frente a la visión externa

En la Tabla 4-1 se ilustra la visión interna y externa del sistema alimentario de la República de Mauricio usando flujos de alimentos agregados (para mayor detalle véase Giampietro et al., [2014]). El bloque superior (las primeras seis filas) representan la visión interna del sistema; el compartimiento de los hogares definido como nivel $n-1$ (HH) y los cinco compartimientos del sector trabajo (remunerado) definido como el nivel $n-2$. Dentro de este último nivel encontramos el sector agrícola (AG), el sector de la energía y de la minería (EM), el resto de sectores económicos (PW*), las exportaciones del sector PW* y las exportaciones de la agricultura. Esto nos dice la cantidad de factores de producción (ya sea elementos de flujo o de fondo) consumida por los distintos compartimentos funcionales dentro de la sociedad. La primera columna hace referencia al consumo de energía de los alimentos. La fila del medio representa el volumen total de los elementos de flujo y de fondo de la sociedad como un todo. Las dos filas inferiores representan la visión externa. Éstas nos indican cómo se abastecen los flujos. Es preciso señalar que se deben tener ciertas precauciones a la hora de manejar estos datos.

Cuando nos centramos en la información relativa a la energía de los alimentos, la definición del sector hogares se basa en la actividad humana e incluye tanto el tiempo de la población inactiva como también el tiempo no trabajado de la población económicamente activa. Por esta razón *todo* el consumo final de la energía de los alimentos se asigna al sector de los hogares. Se asume que durante las jornadas laborales no se produce ninguna ingesta de alimentos y, por lo tanto, el consumo de alimentos en restaurantes (incluyendo las pérdidas y los desperdicios) y otros lugares fuera de los hogares (p. ej. comedores) se asigna al sector de los hogares. De hecho, el uso final del sector doméstico y el flujo de alimentos en el metabolismo endosomático constituye la reproducción de la actividad humana (población).

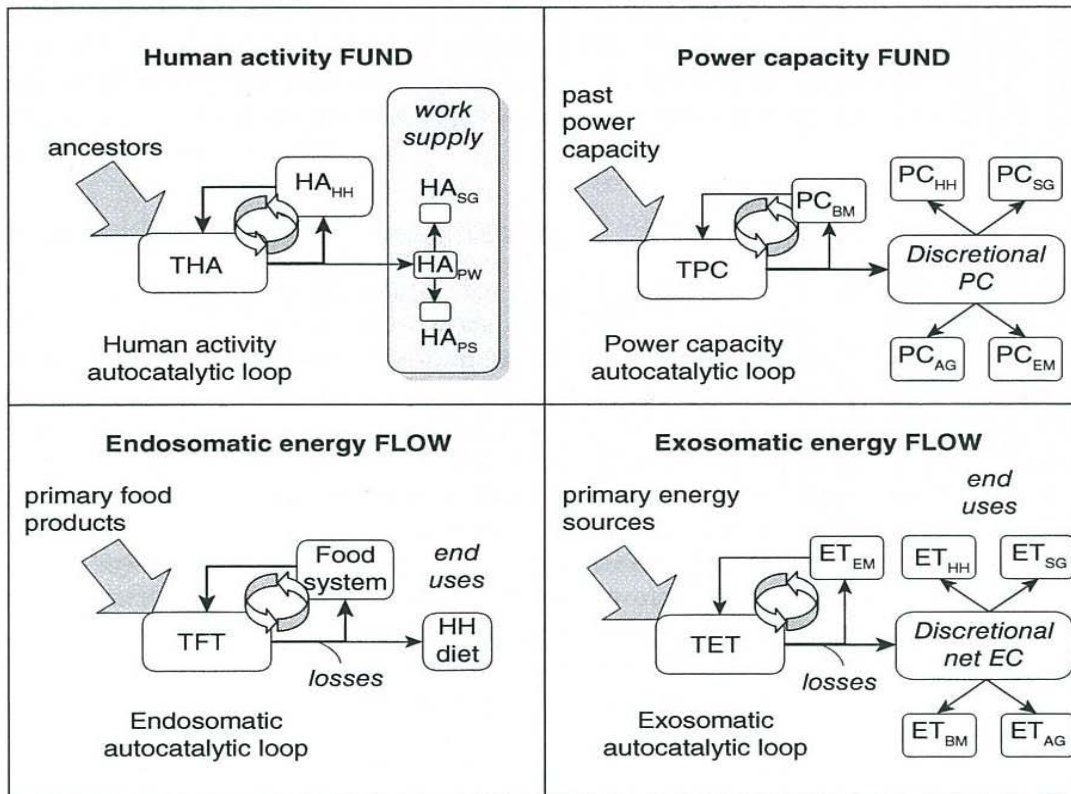
Una segunda observación respecto al sistema alimentario es el consumo interno de alimentos. Es decir, un porcentaje determinado del consumo bruto de alimentos es contabilizado por el mismo sistema alimentario para garantizar su funcionamiento. Efectivamente, el sector agrícola consume una parte del abastecimiento bruto de alimentos en

forma de semillas, huevos para la producción de pollos así como también para cultivos forrajeros, destinados al pienso animal (por ejemplo, el maíz) (Tabla 4-1). Por consiguiente, hay un bucle interno de alimentos utilizados para la producción de alimentos dentro del patrón metabólico de alimentos (Figura 4-2). La proporción de abastecimiento bruto que ingresa a este bucle interno puede ser significativo debido a la llamada doble conversión presente en la producción de productos de origen animal. Por ejemplo, en el año 2009 en los EE.UU. el abastecimiento neto de maíz (directamente consumido en el sector doméstico) fue de 33 Mt o alrededor de 110 kg per cápita por año; mientras que el abastecimiento bruto de maíz fue diez veces mayor, es decir 333 Mt o casi 1.100 kg de maíz per cápita (FAO, 2014b). La diferencia entre el abastecimiento directo en los hogares y el abastecimiento bruto de maíz ¿se la “come” el enorme bucle interno del sistema alimentario de EE.UU.!

El “consumo” de alimentos adicional también tiene lugar en los sectores de producción secundarios, por ejemplo en forma de pérdidas asociadas con el procesamiento en las industrias alimentarias (incluidas la construcción y la manufactura), y con la distribución (incluidos en el sector servicios y gobierno), tal y como se ilustra en la Tabla 4-1. Estos últimos se refieren al consumo de las pérdidas posteriores a la cosecha.

Además, en la mayoría de las sociedades una cuota de los alimentos se exporta al extranjero por razones económicas (para producir valor añadido) o por razones políticas (por ejemplo, ayuda exterior). Por lo tanto, las exportaciones *consumen* una parte de los factores de producción usados en el sector agrícola. Sin embargo, nótese que en la Tabla 4-1 no se asocia ningún consumo de alimentos a la exportación. En realidad, la producción de caña de azúcar, la principal mercadería de exportación del sector agrícola de las Islas Mauricio, no forma parte del patrón metabólico de Mauricio. Dentro del análisis integrado del patrón metabólico, la producción de caña de azúcar se incluye en una categoría especial de contabilidad (las exportaciones agrícolas) y no en el sistema alimentario (la población de las Islas Mauricio no come el azúcar que se exporta). Las exportaciones agrícolas conciernen actividades económicas que requieren de factores de producción (tierra, mano de obra, agua, energía) del sector de la agricultura y proporcionan una fuente de beneficios económicos.

Figura 4-2 Los cuatro bucles autocatalíticos que rigen las características del patrón metabólico de la sociedad moderna



Elaborado por Mario Giampietro en (Giampietro et al., 2014 pág. 151). Utilizado con permiso del autor

De este modo, en el análisis integrado del patrón metabólico, la exportación de productos agrícolas conlleva, por un lado, una reducción en el potencial para el abastecimiento doméstico de alimentos (reduciendo la disponibilidad de factores de producción) y, por el otro, un flujo de valor añadido.

Al sumar las diferentes categorías del consumo de alimentos (los compartimentos funcionales de la sociedad) se puede evaluar el flujo agregado del consumo de alimentos (visión interna) que tiene que estar acorde con el abastecimiento bruto de alimentos (visión externa). Nótese que en el análisis del patrón metabólico debemos hacer frente inevitablemente a una divergencia entre el significado de “cantidades” evaluadas en la gramática. Al examinar los patrones metabólicos existentes (utilizando el MuSIASEM para realizar un diagnóstico de la situación), los flujos que se observan son el resultado de un equilibrio dinámico: un consumo de alimentos determinado generalmente implica que la

oferta de alimentos concuerda con la demanda de alimentos. Sin embargo, en el análisis de escenarios (usando MuSIASEM para simulaciones) las características del uso final (que hacen referencia a la visión interna) describen unas cantidades “demandadas” que no necesariamente coinciden con la oferta (visión externa). En este último caso, estamos tratando con un escenario inviable.

La visión externa del patrón metabólico de los alimentos (las dos filas inferiores de la Tabla 4-1) se centra en el ámbito de la oferta. Ciertamente, los flujos de alimentos consumidos por el conjunto de la sociedad (sumados a los compartimentos funcionales) se deben disponer de un modo u otro a través de la interacción de la sociedad con su contexto. Esto debe ser por medio de la explotación de los suelos, usando los recursos naturales dentro de los límites del sistema (abastecimiento local) o de la importación de alimentos desde el exterior (usando recursos monetarios o beneficiándose de donaciones).

Al combinar la visión interna (para describir cómo se consumen los alimentos disponibles) con la visión externa (para describir cómo los alimentos se ponen a disposición), se puede – en principio- generar un análisis integrado de la sostenibilidad del patrón metabólico de los alimentos. Esta descripción es clave para identificar los factores que determinan la implantación de un equilibrio dinámico entre la oferta y la demanda de los flujos de alimentos. No obstante, el manejo simultáneo de información cuantitativa relativa a la visión externa e interna sobre el metabolismo de los alimentos introduce una serie de complicaciones sistémicas en la contabilidad relativa de los flujos de alimentos. Estas complicaciones son bien conocidas en el campo de la teoría de la jerarquía y las detallamos en el próximo apartado.

4.4 Complicaciones epistemológicas

4.4.1 Contextualizando los flujos agregados

La evaluación agregada de los flujos de alimentos, como se mostró en la Tabla 4-1, expresada usando números individuales, no muestra suficiente información para valorar si se satisfacen los requerimientos nutricionales de la población (con respecto al consumo), ni para valorar si el patrón de consumo de los alimentos es sostenible en el tiempo (con respecto a la

producción). Si se quiere dar sentido a estas evaluaciones debemos contextualizarlas, ya sea en relación con la visión interna como con la externa: ¿se satisfacen las necesidades nutricionales de la población?, ¿la escasez de recursos naturales limita la producción local de alimentos?, ¿Son las importaciones demasiado costosas para garantizar un adecuado abastecimiento de alimentos para la población?

Para poder responder todas estas cuestiones se necesita todo tipo de información: para comprobar si las necesidades nutricionales de la población se satisfacen (visión interna) se deben medir los flujos de los alimentos en términos de “portadores de nutrientes” (macro y micronutrientes); mientras que para revisar la sostenibilidad de la producción de alimentos doméstica (visión externa) se deben medir los flujos de los alimentos en términos de insumos de toneladas de productos básicos (por ejemplo, toneladas de cereales, de verduras, de productos de origen animal, etc.). Las toneladas de productos básicos se pueden incluso describir en términos biofísicos (considerando las características agronómicas) y en términos económicos (considerando los precios y los costos de producción). En efecto, según el modelo de flujos y fondos, la identidad de los flujos de los alimentos es específica para la identidad de los compartimentos (fondos) que lo consumen o lo producen. De manera que, la necesidad de distinguir y, al mismo tiempo, de reconciliar la visión interna (flujos de portadores de nutrientes) y la visión externa (flujos de productos alimenticios) constituye uno de los desafíos epistemológicos al que nos enfrentamos en la gramática de los alimentos.

En la parte inferior de la tabla mostrada en la Figura 4-3 se ilustra cómo vincular la contabilidad de los flujos de alimentos en términos de portadores de nutrientes con la de los flujos de productos agrícolas (desagregando los flujos de portadores de nutrientes mediante una serie de productos alimenticios). En primer lugar, esta complejización del análisis requiere reemplazar una evaluación cuantitativa individual (5,9 PJ de energía alimentaria) por un vector que desglose este número en cantidades de energía que hagan referencia a diferentes tipos de macronutrientes (el vector [3,6; 0,7; 1,6] PJ/año de carbohidratos, proteínas y grasas, respectivamente). Las columnas específicas y filas en esta tabla reflejan la elección pre-analítica de un conjunto de portadores de nutrientes de referencia (para interrelacionar esta información con las necesidades dietéticas) y de un conjunto de productos alimenticios

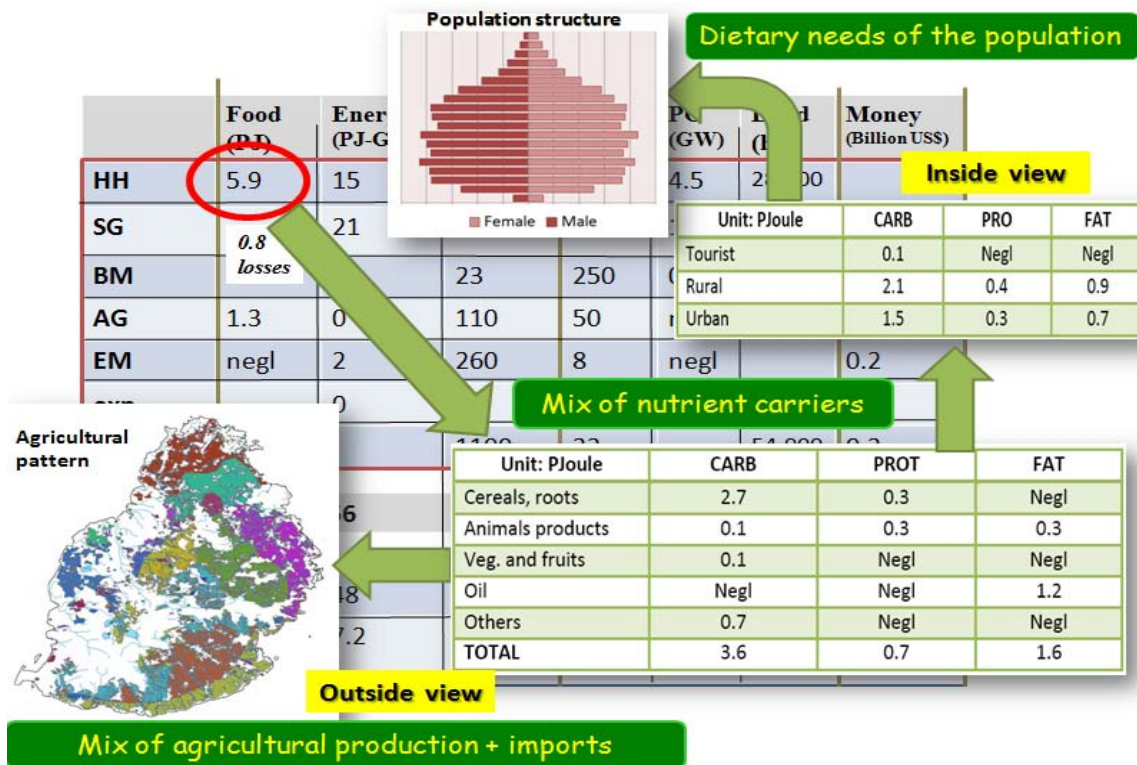
de referencia (para describir el abastecimiento de alimentos). La elección de cómo desagregar el análisis de los flujos de energía alimentaria variará de caso en caso. A título ilustrativo, se ha mantenido la selección de nutrientes y de productos alimenticios al mínimo (por ejemplo, se ha incluido el alcohol en los carbohidratos y las legumbres se han incluido en el maíz).

Nótese que el abastecimiento neto de alimentos/consumo doméstico final se refiere al nivel de jerarquía del sector hogares ($n-1$). Si se quiere evaluar si este abastecimiento neto de alimentos reúne los requerimientos alimenticios, es a menudo útil desglosar este sector y observar las características de niveles inferiores. Esto queda ilustrado en la parte superior de la Figura 4-3, donde se desagregó el vector que describe el flujo de energía alimentaria para el sector de los hogares ([3,6; 0,7; 1,6] PJ/año) en tres vectores que caracterizan el flujo de la energía alimentaria en subsectores: residentes urbanos, residentes rurales y turistas. En este nivel, se puede contrastar con los referentes externos apropiados (un elemento metabólico observable asociado con el flujo esperado), determinando si los flujos abastecidos son congruentes o no con los flujos esperados. Este procedimiento de moverse entre niveles a través de escalas o niveles es siempre posible en el MuSIASEM. El valor en cualquier nivel jerárquico (por ejemplo, el compartimento de los hogares en el nivel $n-1$) es siempre un promedio ponderado de las características de los compartimentos de niveles inferiores (residentes urbanos, residentes rurales y turistas definidos en el nivel $n-2$). Por supuesto, se pueden aplicar otros criterios de desagregación o una mayor desagregación de la actividad humana, como elemento de fondo (por ejemplo, por edad, género, etc.) dependiendo del enfoque del análisis.

El análisis del abastecimiento bruto de los alimentos (valor agregado a nivel de la sociedad) es de uso limitado, lo que se quiere aquí es capturar y refinar la interrelación de la sociedad con su contexto, en particular, las interferencias con el metabolismo del ecosistema. Son particularmente importantes dos informaciones interrelacionadas: el grado de apertura del sistema alimentario estudiado (qué parte del abastecimiento bruto de alimentos se importa) y los límites biofísicos locales para la producción doméstica (el impacto ambiental local actual). Esta información se determina mediante diferentes niveles jerárquicos ($n + i$) y a

través de dominios descriptivos no equivalentes, y de ahí que requiera análisis espaciales complementarios.

Figura 4-3 El conjunto de relaciones complejas en los análisis cuantitativos expresados en forma de números individuales, vectores y tablas multi-nivel



Elaboración propia para Giampietro et al. (2014 pág. 78)

Como se ilustra en la parte inferior izquierda de la Figura 4-3 un análisis de factibilidad del patrón metabólico en relación con el abastecimiento de alimentos (visión externa) necesita primero localizar la producción de alimentos en espacio y tiempo. Diferentes cultivos requieren diferentes tipos de suelo, de clima, de pendientes, de abastecimiento de agua y de mano de obra. Por consiguiente, sólo después de haber descrito el patrón de producción a escala local se puede estudiar la existencia de los límites biofísicos, el impacto sobre los ecosistemas locales y los requerimientos de los factores de producción (insumo de mano de obra, de maquinaria, de fertilizantes, de pesticidas, etc.). Cuando se analiza la interrelación entre el patrón metabólico de la sociedad y el de los ecosistemas es primordial ser capaces de analizar cuantitativamente diferentes escalas, superiores e inferiores, conforme a los objetivos de la investigación (por ejemplo, analizar el daño a los fondos ecológicos, tales como el suelo a

escala local o las cuencas a meso-escala, o con respecto al mercado laboral). Por último, para obtener un panorama general –considerando el sistema socioecológico dentro de un contexto político- debemos ser capaces de integrar de forma efectiva todas las informaciones recopiladas en diferentes escalas y desde diferentes puntos de vista.

4.4.2 El bucle interno de productos alimenticios para la producción de alimentos y la falta de una relación lineal.

Al confrontar el abastecimiento bruto y el consumo doméstico final para diferentes países, se descubre que no importa cómo se midan estos flujos (en términos ya sea de portadores de nutrientes o de productos alimenticios), puesto que no están relacionados linealmente (véase la Tabla 4-2). Por ejemplo, el consumo de maíz bruto per cápita (abastecimiento bruto de maíz/población) en los EE.UU. es tres veces mayor que el de China; pero esta relación no es tan grande cuando consideramos el consumo doméstico final (consumo de maíz neto per cápita es mayor en China que en los EE.UU.). Este fenómeno se explica al considerar la marcada diferencia en el patrón metabólico social de alimentos entre los dos países. En los EE.UU., el mayor porcentaje del abastecimiento bruto de maíz no es un flujo que repercute en el sector de los hogares para un consumo directo, pero los flujos van a parar en el sector agrícola para la producción de productos de origen animal y en las industrias de procesamiento de bebidas alcohólicas; mientras que en China la mayor parte del abastecimiento bruto de maíz se pone a disposición de la sociedad y llega directamente al consumo final del sector hogares.

Por consiguiente, una primera explicación para esta no linealidad en la relación entre el abastecimiento bruto de alimentos y el consumo doméstico final es la existencia de un bucle interno de consumo de alimentos que produce una combinación de alimentos deseados a nivel de los hogares. El sistema alimentario estadounidense posee un fuerte bucle interno que transforma el maíz crudo en productos de origen animal y que, en este proceso, consume una gran parte del abastecimiento bruto de alimentos (p.ej. en forma de maíz para el pienso animal).

Tabla 4-1 Representación multi-nivel y multi-escala del patrón metabólico de las islas Mauricio (2010)

		<i>Flow elements</i>			<i>Fund elements</i>			
		Food	Energy	Water	HA	PC	LU	Gross value added
		(PJ)	(PJ-GER)	(hm ³ appropriation)	(million hr)	(GW)	(10 ³ ha)	(million us\$) {or gdp}
End uses	HH	5,9	16	98	10.000	4,5	28	N/A
	PW*	0,8	37	44	600	1,4		8.000
	AG	1,3	negl	190	39	negl.	21	220
	EM	n/a	2,2	260	8	0,03	negl.	180
	Exports PW*	n/a	n/a	3	590	n/a	n/a	50% GDP
	Exports AG	negl.	0,4	1.100	39	0,02	54	2,5% GDP
	Whole	8	56	1.700	11.300	6	100	9.800 (GDP)
Sources	Imports	6,7	49	n/a	n/a	n/a	n/a	63% of GDP
	Domestic Supply	1,3	7	1.700	11.300	6	100	9,800

Fuente: Esta tabla ha sido tomada de Giampietro et al., (2014 pág. 172)

Por lo tanto, la gramática hace una distinción entre los alimentos que son consumidos en el sistema alimentario por el bucle interno y el alimento consumido en los hogares. La razón para realizar esta distinción es la siguiente: cuando una cierta cantidad de alimento que ha sido producida, usando factores de producción, se utiliza para producir un producto alimenticio diferente y que este es consumido en la dieta, implica unas enormes pérdidas del flujo, entonces podemos decir que el flujo es consumido en el bucle interno de la producción de alimentos.

Una segunda explicación para la falta de una relación lineal entre el abastecimiento bruto y el consumo doméstico final radica en las pérdidas de alimentos que ocurren en el sistema alimentario (pérdidas pos cosecha). En relación con esta evaluación es imposible aplicar una tasa fija de pérdidas para el flujo metabólico de alimentos, como las pérdidas de alimentos varían considerablemente dependiendo del producto y de la relativa importancia del procesamiento, envasado, distribución y almacenamiento en el sistema alimentario (por ejemplo, las pérdidas de las verduras frescas pueden alcanzar hasta el 40-50% dependiendo del sistema de distribución). Esto es especialmente cierto cuando las evaluaciones cuantitativas se basan en la energía alimentaria en lugar de la masa. Entonces, esta evaluación se puede obtener ya sea por análisis descendente –cuando las estadísticas del abastecimiento bruto y el consumo doméstico final están disponibles- o como una evaluación ascendente, de abajo arriba (por ejemplo cuando se trata con escenarios) para describir el abastecimiento bruto (empezando desde los coeficientes técnicos y la combinación de productos) y para aplicar las estimaciones de las pérdidas en relación con un conjunto de operaciones que tienen lugar en el sistema alimentario.

Tabla 4-2 Consumo bruto y neto de maíz per cápita y año para EE.UU. y China

País	Abastecimiento bruto	Abastecimiento neto	Ratio bruto/neto
EE.UU.	1.100	110	10
China	300	150	2

Los datos están referidos a 2009 y están expresados en kg per cápita por año

Fuente: FAO, 2014b

4.4.3 Así pues ¿cómo abordamos la contabilidad de los flujos de alimentos?

Los escollos mencionados anteriormente hacen hincapié en la necesidad de un protocolo coherente para la contabilidad del patrón metabólico de los alimentos en las sociedades modernas. Concretamente, se necesita una gramática de los alimentos para organizar eficazmente toda la información en una conceptualización general de un conjunto de relaciones esperadas entre las cantidades determinadas por las características metabólicas de las sociedades modernas. De esta forma, se obtiene un modelo basado en categorías semánticas, que incluye un conjunto de recursos primarios (los actores de la producción requeridos), un conjunto de productos alimenticios en la producción (la oferta en la visión externa), un conjunto de portadores de nutrientes dentro del patrón metabólico (los flujos de alimentos en la visión interna), las características del bucle autocatalítico interno y las pérdidas (introduciendo la no linealidad entre la oferta bruta y el consumo doméstico final) y el consumo doméstico final (la demanda que debe corresponderse). Este marco semántico del análisis cuantitativo se puede traducir en una representación cuantitativa formal (sistema de contabilidad), al adaptar una plantilla del procedimiento contable (la gramática) a las características específicas de un caso observado en un grupo (un país específico que expresa un patrón metabólico). La gramática de los alimentos y la traslación a un sistema de contabilidad específico se ilustran en las siguientes secciones.

4.5 Un protocolo de contabilidad para el metabolismo de los alimentos

4.5.1 Una gramática para describir en términos semánticos el patrón metabólico de los alimentos

El patrón metabólico de los alimentos de una sociedad moderna hace referencia a las modalidades esperadas del metabolismo endosomático. Una representación efectiva de este patrón metabólico en términos de categorías semánticas tiene que tener en cuenta las dos visiones complementarias descritas en la sección 4.3. En la Figura 4-4 se observa que una gramática de los alimentos creadora de esta representación dual, se tiene que basar en unas categorías de contabilidad de referencia, tanto para la visión externa (parte izquierda de la figura) como para la visión interna (parte derecha).

Respecto a la visión externa necesitamos obtener información sobre:

- La oferta bruta de productos alimenticios para la sociedad.
- La contribución relativa de la agricultura doméstica (procesos biofísicos) y las importaciones (procesos biofísicos y económicos) para la oferta bruta de los alimentos de una sociedad. Esto nos da una idea de la apertura del sistema alimentario y, por tanto, del grado de autosuficiencia de la sociedad. Las características de la producción doméstica de los productos alimentarios constituyen un elemento esencial a la hora de analizar la tensión real en los ecosistemas locales y las limitaciones biofísicas a los cambios o la expansión del patrón metabólico existente.

Con respecto a la visión interna, necesitamos otras tres informaciones más:

- El consumo final en los hogares. Este es el flujo que mantiene la parte disipativa del patrón metabólico endosomático.
- La parte de la oferta bruta de alimentos que se invierte en la producción local de alimentos en el sector agrícola (AG), tales como semillas, huevos y cultivos forrajeros. Este flujo representa “los gastos generales” consumidos por la parte del hiperciclo del metabolismo endosomático (el bucle interno de los alimentos consumidos para producir alimentos). En la mayoría de las sociedades modernas, el hiperciclo endosomático se ve fortalecido por las importaciones de alimentos (en algunos países desarrollados se tiende a importar el pienso para producción animal).
- Las pérdidas postcosecha, es decir, la parte del abastecimiento bruto de alimentos perdida en el sistema alimentario durante el procesamiento y la distribución (incluyendo el transporte y el almacenamiento). Estas pérdidas toman lugar en los distintos compartimentos del sistema alimentario, pero no incluyen las pérdidas en los hogares. Estas últimas se han incluido en el consumo final a nivel de hogares.

Con el objetivo de trasladar este marco semántico del patrón metabólico endosomático (la gramática) a un sistema de contabilidad formal, debemos definir también un conjunto de categorías usadas para representar el flujo de productos alimenticios (producción/visión externa) y un conjunto de categorías usadas para representar el flujo de portadores de

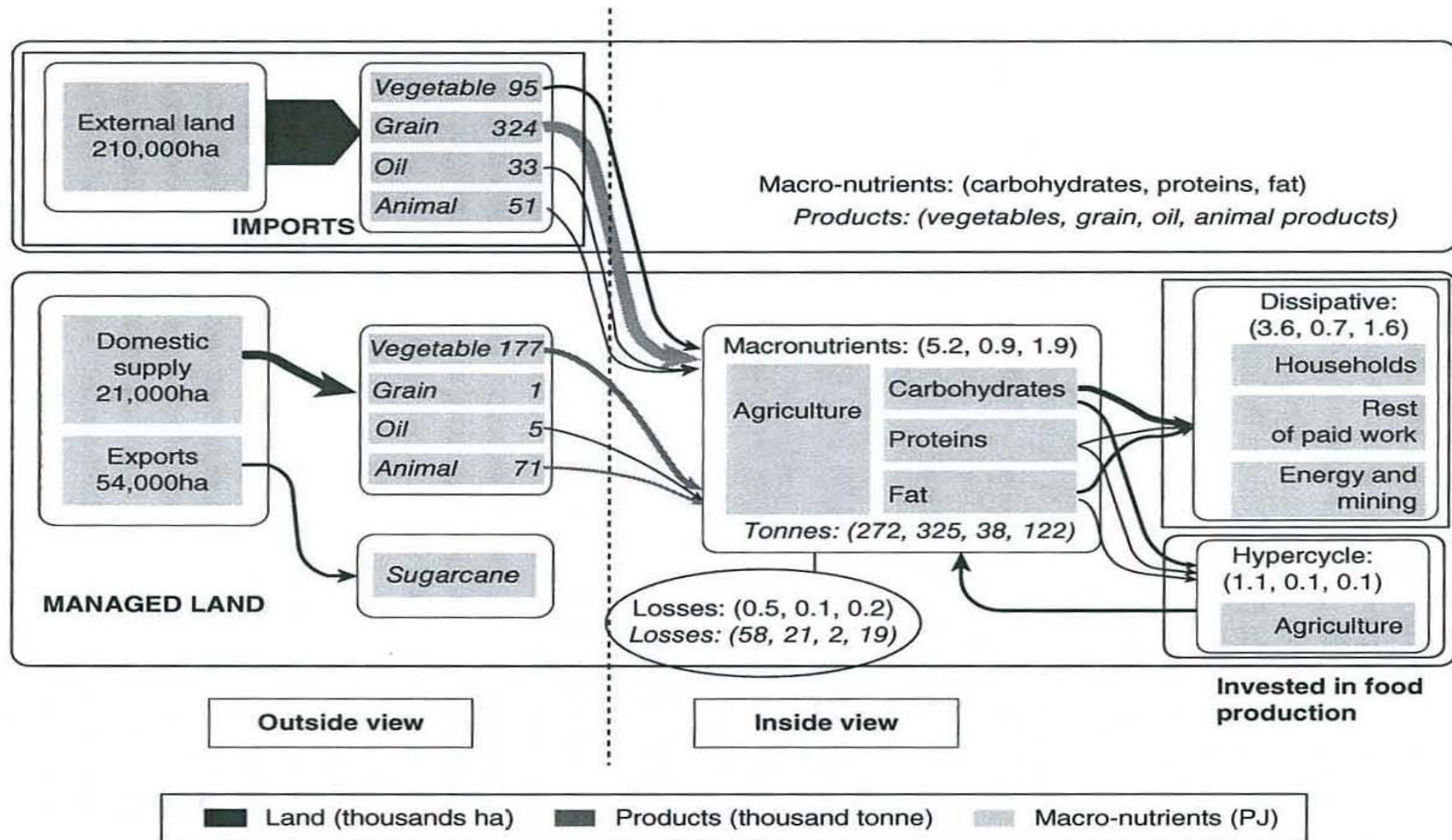
nutrientes (consumo/visión interna). Por ejemplo, en el estudio de caso de Mauricio se seleccionaron cuatro categorías para la contabilidad de los productos alimenticios (cereales [maíz y legumbres], verduras, aceites y productos de origen animal) y tres para la contabilidad de los portadores de nutrientes (proteínas, carbohidratos y grasas). La elección pre-analítica de cierre del espacio contable se debe llevar a cabo teniendo en mente las características específicas del estudio de caso y debe permitir al analista elegir los aspectos relevantes del sistema y establecer las relaciones deseadas entre la visión externa y la interna. Este proceso introducirá inevitablemente una cierta arbitrariedad y aproximación en el análisis y dejará al margen algunos aspectos. Por este motivo, se deberían manifestar y motivar todas las elecciones pre-analíticas para elaborar un análisis transparente.

4.5.2 El bucle interno: una interrelación escurridiza entre la visión interna y la externa

La existencia de un bucle autocatalítico interno de los flujos de energía de los alimentos representa uno de los mayores desafíos para la contabilidad de los flujos de alimentos, especialmente cuando se está intentando establecer un puente entre la visión externa (producción) y la visión interna (consumo). Véase aquí la forma de abordar este problema de la doble conversión involucrada en la producción de productos de origen animal. En este ejemplo simplificado analizamos un sistema alimentario en el cual tan sólo tuvieran lugar las dos conversiones siguientes:

- Conversión de maíz en carne de res: se asume que la producción de un 1 kg de carne de res (6.300 kJ de energía proveniente de este alimento) requiere un insumo de 7 kg de maíz (105.000 kJ de energía) (Brown, 2006). Por lo tanto, en términos de energía podemos decir que 1 J de carne de res requiere un insumo de 17 J de maíz.
- Conversión de maíz en carne de pollo: se asume que la producción de un 1kg de carne de pollo (5.000 kJ de energía proveniente de este alimento) requiere un insumo de 2 kg de maíz (29.000 kJ de energía). Por lo tanto, en términos de energía podemos decir que 1 J de carne de pollo requiere un insumo de 6 J de maíz.

Figura 4-4 Visión general de la relación semántica sobre las categorías elegidas en la gramática de los alimentos



Fuente: Ablim, 2011, AESAN,2012; Aranda et al., sd; Castle Malting, 2010; FAO, 1995, 2001 2003, 2009 2014; Gustavsson et al, 2011; INRA, 2000; Leibtag, 2008; MEFD, 2012a, 2012b; Pimentel y Pimentel, 2008
Elaboración propia para Giampietro et al., (2014 pág. 82).

Incluso con este sencillo ejemplo, suponiendo sólo dos tipos de productos de origen animal (carne de res y de pollo), un tipo de alimento (maíz) y dos correspondientes eficiencias de conversión (17/1 y 6/1, respectivamente), no se puede definir una esperada eficiencia de conversión fija para una categoría genérica “carne” (consumo energético del maíz por unidad de abastecimiento bruto de energía proveniente de la carne) sin conocer la contribución relativa del pollo y de la res para la producción general de carne. Si la producción de carne en los sistemas alimentarios consistiera de un 50% de pollo y de un 50% de res, entonces la eficiencia de la conversión de energía del maíz en energía de carne a nivel de la sociedad sería de 11/1. Sin embargo, si la producción de carne fuese de un 80% de pollo y de un 20% de res la eficiencia de la conversión sería de 8/1. De ahí que, la eficiencia de la conversión total de la energía del maíz en energía de la carne reflejaría unas características definidas en dos escalas de análisis diferentes: por un lado, los coeficientes técnicos de la producción definidos a escala local; y, de otro, la contribución relativa de tipos de carne en la producción y en el consumo en el sistema alimentario de la sociedad a meso-escala.

Este ejemplo ilustra lo difícil que es realizar cálculos en términos genéricos de “energía de los alimentos”. Dependiendo de la cuestión, un determinado flujo se tiene que cuantificar de manera diferente. Por ejemplo, 1 J de carne se tiene que evaluar cómo un 1 J de energía química contenida, cuando se contabilice como una ingesta dietética (insumo para el cuerpo humano en la visión interna); pero como se discutió anteriormente, en diversos julios de energía contenida en el maíz cuando se contabiliza para los costos biofísicos de su producción en la visión externa. De hecho, cuando se considera la visión externa, el valor energético de un 1 J de proteína animal no es lo mismo que un 1 J de proteína vegetal. Por tanto, debemos ser extremadamente cautelosos al realizar el análisis cuantitativo del patrón metabólico de las sociedades modernas, con el fin de definir adecuadamente y manejar las diferentes categorías semánticas usadas para la contabilidad.

Así, con el objetivo de producir evaluaciones cuantitativas útiles debemos siempre describir los flujos de los productos alimenticios y de los portadores de nutrientes a través del sistema alimentario, usando todo el conjunto de categorías semánticas definidas por la gramática y tener en cuenta cómo afecta el patrón de la producción al patrón del consumo y

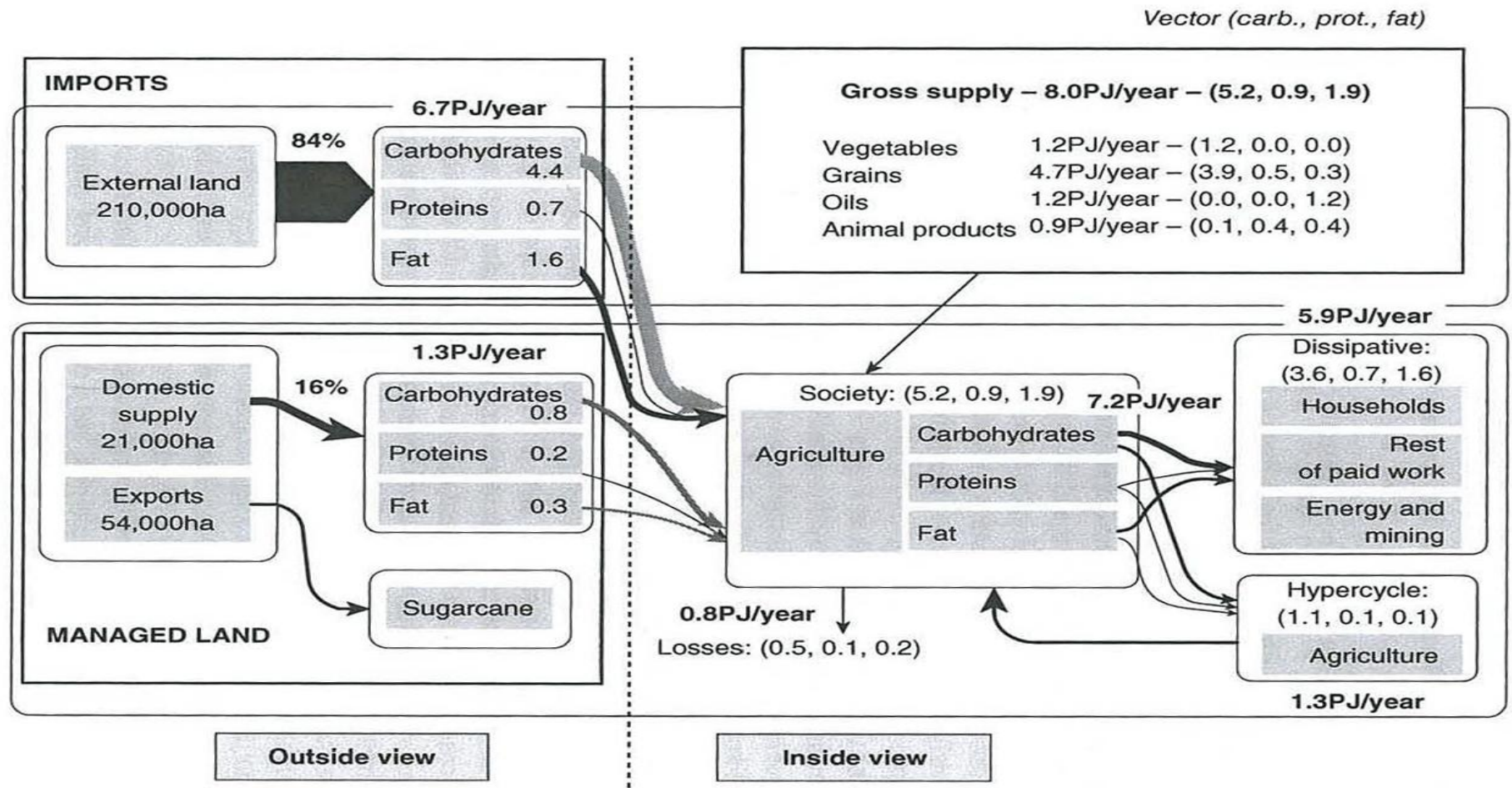
viceversa. No obstante, incluso si usamos una gramática, tal como la mostrada en la Figura 4-4, que describa un conjunto de características esperadas del patrón metabólico de los alimentos en las sociedades modernas (una tipología), cualquier patrón metabólico expresado por una sociedad determinada será especial (un ejemplo especial de la tipología). Por este motivo, la representación semántica general (conceptualización) proporcionada por la gramática se debe formalizar a medida del sistema de contabilidad para cada caso de estudio específico. Esto conlleva las siguientes elecciones pre-analíticas:

- Definición de un conjunto de categorías usadas para describir los flujos en relación con la visión interna y la externa. Estas categorías deben reflejar a escala local la naturaleza de los flujos en relación a las características de los elementos de fondo que consumen (seres humanos) y producen los flujos (características agronómicas y fisiológicas de las especies vegetales y animales que se usan en la producción, características técnicas de los procesos industriales involucrados).
- Especificación de las relaciones esperadas entre los diferentes flujos, incluyendo los efectos del bucle autocatalítico interno y las pérdidas.
- Fuentes de información usadas para asignar valores numéricos a las categorías elegidas. En este sentido, un análisis multiescala proporciona una mayor ventaja ya que combina y confronta diferentes fuentes de información (información de abajo arriba y de arriba abajo).

4.6 Formalización de la gramática de los alimentos

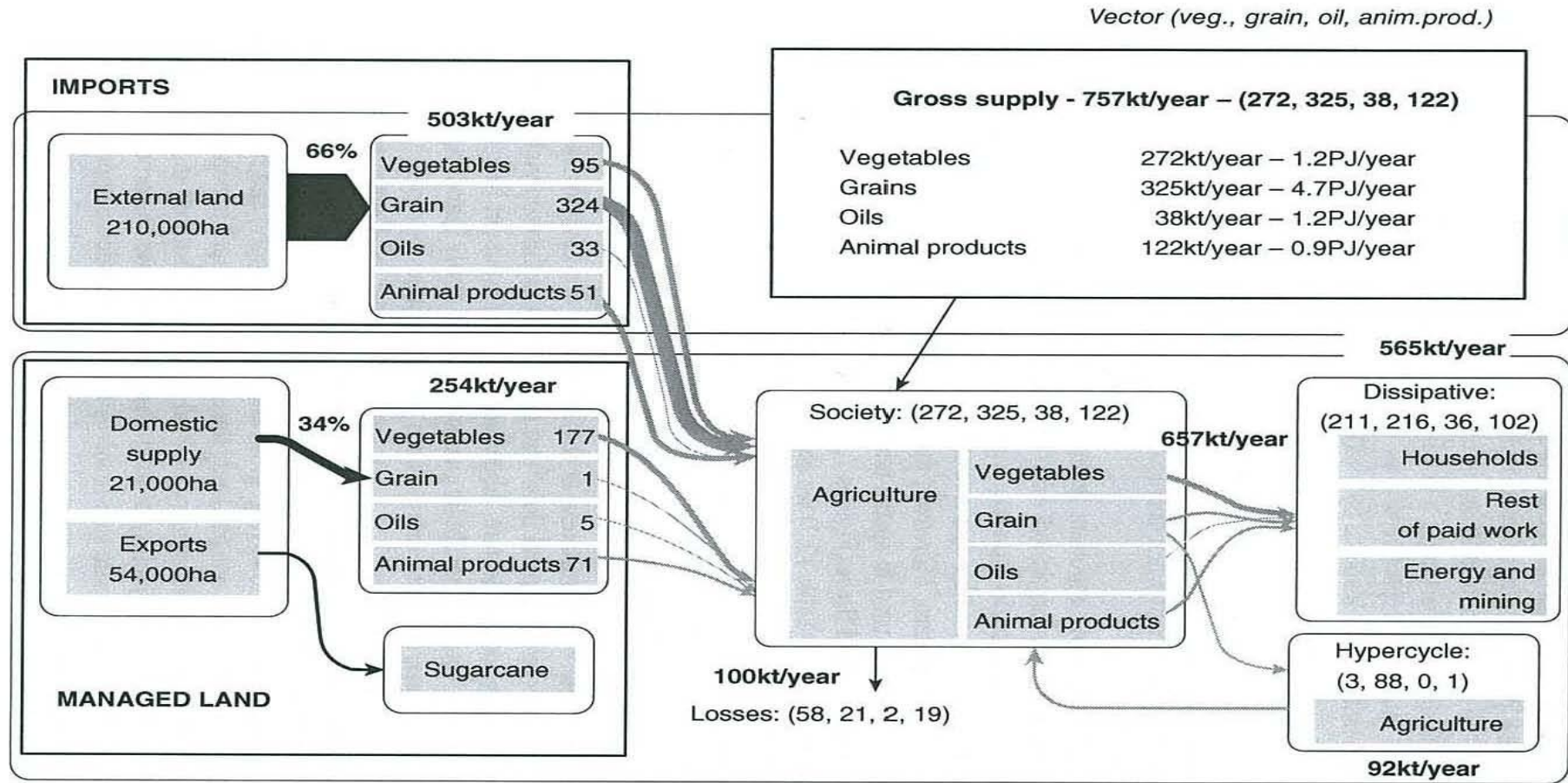
En esta sección se ilustra la formalización de la gramática de los alimentos para las Islas Mauricio siguiendo la conceptualización semántica. La información cuantitativa presentada en las Figura 4-5 y 4-6 demuestran dos posibles formalizaciones para cuantificar los distintos flujos del patrón metabólico de los alimentos en las Islas Mauricio a través de diferentes escalas y compartimentos en relación con la visión externa e interna. Nótese que la formalización de la gramática presentada en estas dos figuras es parte de un paso diagnóstico (descripción de la situación actual) que es un prerrequisito para un siguiente análisis de escenarios.

Figura 4-5 Formalización de la gramática de los alimentos para las Islas Mauricio basada en una contabilidad de portadores de nutrientes (expresado en J)



Fuente: Ablim, 2011, AESAN,2012; Aranda et al., sd; Castle Malting, 2010; FAO, 1995, 2001 2003, 2009 2014; Gustavsson et al, 2011; INRA, 2000; Leibtag, 2008; MEFD, 2012a, 2012b; Pimentel y Pimentel, 2008
 Elaboración propia para Giampietro et al., (2014 pág. 86)

Figura 4-6 Formalización de la gramática de los alimentos para las Islas Mauricio basada en una contabilidad de toneladas de productos alimenticios



Fuente: Ablim, 2011, AESAN,2012; Aranda et al., sd; Castle Malting, 2010; FAO, 1995, 2001 2003, 2009 2014; Gustavsson et al, 2011; INRA, 2000; Leibtag, 2008; MEFD, 2012a, 2012b; Pimentel y Pimentel, 2008
 Elaboración propia para Giampietro et al., (2014 pág. 87)

En la formalización que se muestra en la Figura 4-5, la contabilidad de los flujos de alimentos, que se pone a disposición de los distintos compartimentos funcionales, se basa en julios de portadores de nutrientes, desagregados en carbohidratos, proteínas y grasas. En la formalización mostrada en la Figura 4-6 la contabilidad se basa en toneladas de alimentos, desagregadas en cereales, verduras, aceites y productos de origen animal. El cambio de un modo de contabilidad al otro se puede hacer aplicando los valores de la composición de los alimentos (el valor del contenido de nutrientes por kg del alimento) a los distintos flujos de productos alimenticios (FAO, 2001). Sin embargo, se deben tener algunas precauciones al usar los datos de la composición de los alimentos. La composición de un determinado producto (p. ej., carne de pollo) puede variar considerablemente dependiendo de la variedad o del tipo de crianza, de las condiciones de producción (p. ej., del pienso utilizado) y de la parte del producto considerado (p. ej., el pollo entero frente a la pechuga de pollo).

Para manejar la información estadística es necesario ser precavidos y tener cierta experiencia. Por ejemplo, al evaluar un kilogramo de un determinado producto animal (por ejemplo, la carne de cerdo) puede hacer referencia ya sea a una parte comestible o a una parte del peso vivo; un kilogramo de paddy es diferente de un 1 kg de arroz, y así sucesivamente. Por esta razón, la cuantificación de los flujos de productos alimenticios en términos de energía y nutrientes se tiene que basar en lo posible en los datos locales que abarcan las características específicas del sistema alimentario en estudio.

En este sentido, los flujos de alimentos *importados* plantean un particular desafío. En realidad, un sistema alimentario moderno resulta extremadamente complejo para que sea posible hacer un seguimiento detallado de todos los flujos de alimentos. Por ejemplo, ¿cómo se contabiliza la exportación de los productos alimenticios (carne) cuyas materias primas (pienso animal) se importaron (p. ej., un caso común en los Países Bajos y en Bélgica)? Aunque es imposible proporcionar la respuesta “correcta” a esta pregunta, en general es mejor elaborar una representación aproximada de los flujos relevantes basado en un conjunto de relaciones esperadas en las categorías semánticas (la gramática que se propone aquí), en vez de intentar manejar una enorme cantidad de datos referentes a las diferentes categorías de contabilidad sin establecer primero una clara distinción entre ellos. A falta de información

local específica, los balances alimentarios de la FAO (FAO, 2014b) constituyen la mejor opción para esta tarea, dado que están organizados con la misma lógica de contabilidad que nuestra gramática (cuando se adopta la visión de arriba hacia abajo).

El uso de dos formalizaciones distintas para el mismo conjunto de relaciones semánticas nos permite reunir mucha información relevante sobre el actual patrón metabólico de alimentos de Mauricio. Concretamente, un análisis detallado de estos flujos de portadores de nutrientes desde la perspectiva interna nos permite abordar cuestiones de seguridad alimentaria y de salud (nutrición). Por ejemplo, para buscar heterogeneidades en el patrón de consumo entre los distintos segmentos de la población (p. ej., urbano frente al rural) a escala local. Por otro lado, una contabilidad basada en los productos alimenticios (p. ej., los productos de origen animal) permite centrarnos en el uso de los recursos naturales y de la tecnología en la producción para estudiar las dificultades del modelo de producción. Esta característica resulta de suma importancia a la hora de describir y evaluar escenarios.

El aspecto más importante de esta gramática es, sin duda, que se puede diseñar para ser utilizada de manera similar para analizar la energía exosomática, el agua y las variables socioeconómicas. Esta estructura lógica común hace posible que se pueda llegar a una representación del patrón metabólico que sea comprensible. Además, se puede usar la organización de la información mediante escalas para el análisis espacial, combinando las características de los flujos de los alimentos (Figura 4-5 y 4-6) con los demás flujos y elementos de fondo (véase la Tabla 4-1). De esta manera, se obtiene una representación actual del patrón metabólico en términos de un conjunto de relaciones flujos/fondos (paso diagnóstico) en el que los diferentes flujos comparten la misma dotación de elementos de fondo. Estas características luego se pueden comparar con los valores esperados asociados con una tipología de patrones metabólicos.

El análisis de escenarios para los sistemas alimentarios se puede basar en el uso de estos valores observados para las características metabólicas de tipologías conocidas del patrón metabólico. Por ejemplo, a escala local se tiene para cada uso del suelo un conjunto de relaciones flujo/fondo típicos u observados, tales como el rendimiento por hectárea, la evapotranspiración por hectárea, las horas de mano de obra o el fertilizante por hectárea.

Nótese que las características metabólicas de los cultivos recién introducidos en el área se basan necesariamente en valores de referencia (típicos) observados en sistemas similares. Partiendo de estas características metabólicas a escala local podemos analizar los efectos de cambios propuestos en el uso del suelo (p. ej. el patrón de cultivo) para posteriormente subir en nuestra escala jerárquica y evaluar los efectos agregados que estos cambios implican en el flujo (por ejemplo el abastecimiento bruto y neto de los alimentos) y los fondos en una escala mayor.

De una manera similar, se pueden estudiar los efectos de los cambios en el crecimiento poblacional, en la inmigración, en el turismo o en las preferencias alimentarias tanto en el requerimiento del suministro de alimentos como en la disponibilidad de elementos de fondo que se usan como factores de producción. Así, mientras el paso diagnóstico conlleva principalmente un enfoque descendente (empezando desde las estadísticas nacionales o subnacionales para describir el desglose de los elementos de los flujos y de los fondos mediante compartimentos), el análisis de escenarios se fundamenta tradicionalmente en un enfoque ascendente.

4.7 Conclusiones

En conclusión, la gramática de los alimentos permite estudiar los límites biofísicos para el abastecimiento de alimentos local existente (diagnóstico de la compatibilidad del patrón local de la producción de alimentos con el patrón metabólico de los ecosistemas explotados) o comprobar la factibilidad, la viabilidad y la conveniencia de futuros escenarios (simulaciones). Véase el caso de aplicación para Ecuador 2035 en el capítulo 6, el análisis del patrón metabólico de los alimentos constituye también una poderosa herramienta para relacionar la información a escala local (por ejemplo, las características de los hogares rurales, las condiciones de agua y de uso del suelo) con procesos que se dan a mayor escala, tales como las políticas (inter)nacionales relativas a la importación y exportación de alimentos o subsidios agrícolas. Esta última aplicación requerirá interrelacionar el análisis biofísico con un análisis complementario de los procesos económicos.

4.8 Referencias bibliográficas

- Ablim, A. (2011). Indicadores de la cadena de valor de la Sidra. Disponible en <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/Sidra_2011_09Sep.pdf> Revisado el 14-12-2012.
- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición –AESAN–, (2012). Tabla de composición de los alimentos. Red BEDCA. Disponible en <http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/notas_prensa/red_bedca.shtml> Revisado el 13-12-2012.
- Aranda, A.; Zabalza, I.; Scarpellini, S. (sd). Análisis del ciclo de vida de la elaboración del vino. Reflexiones y propuestas para lograr un producto ecoeficiente. Inédito.
- Brown, L. R. (2006). Plan B 2.0: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble (información en el Capítulo 9). Washington D.C. Disponible <http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/pb2ch09.pdf> Revisado el 07-04-2013.
- Castle Malting (2010), Presentation Quality malt for quality beer since 1868
- FAO. (1995). World livestock production system. Current status. FAO Animal Production and Health Paper 127, Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/004/w0027e/W0027E00.htm>>, Revisado el 20-11-2012.
- FAO. (n.d.). Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities. Disponible <<http://www.fao.org/economic/the-statistics-division-ess/methodology/methodology-systems/technical-conversion-factors-for-agricultural-commodities/ar/>> Revisado el 02-02-2015.
- FAO. (2001). Food Balance Sheets, A handbook. Rome, Italy: FAO. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/x9892e/x9892e00.htm>, Revisado el 20-11-2012.
- FAO. (2003). Food energy – methods of analysis and conversion factors. FAO, Food and Nutrition Paper 77. Report of a technical workshop, Rome, 3-6 December 2002. Disponible en <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y5022e/y5022e00.pdf>> Revisado el 16-12-2012.
- FAO. (2009) Agribusiness Handbook. Barley, Malt and Beer. Disponible en <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/AH3_BarleyMaltBeer.pdf> Revisado el 10-01-2013.

- FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources- Summary Report. Rome, Italy. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>> Revisado el 15-01-2013.
- FAO. (2014). FAOSTAT. Disponible en <http://faostat.fao.org/>>
- Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J., y Bukkens, S. (2014). Resource Accounting for Sustainability Assessment. The Nexus between Energy, Food, Water and Land Use. London: Routledge.
- Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Otterdijk R., Meybeck A., (2011) Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Study conducted for the International Congress SAVE FOOD! at Interpack 2011. Düsseldorf, Germany. FAO, Rome, Italy. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>> Revisado el 29-11-2012.
- Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione –INRA-, (2000). Tabelle di Composizione degli Alimenti. Aggiornamento 2000.
- Leibtag, E., (2008). Corn prices near record high, but what about food cost?. *Amber waves* 6 (1) pp. 10-15.
- Ministry of Finance and Economic Development –MFED-, (2012a). Digest of Agricultural Statistics 2011. Disponible en <http://statsmauritius.govmu.org/English/StatsbySubj/Pages/DigestAgric2011.pdf>>. Revisado el 28-08-2015.
- Ministry of Finance and Economic Development –MFED-, (2012b). Digest of Statistics on Rodrigues 2011. Disponible en <http://www.gov.mu/portal/goc/cso/file/DigestStatisticsRod2011.pdf>> Revisado el 03-12-2012.
- Pimentel, D., y Pimentel, H. M. (2008). *Food, energy, and society* (Third Edit.). Boca Raton, Fl. : CRC Press / Taylor & Francis G., cop.

5 LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA ALIMENTARIO DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS⁶

Resumen

El Archipiélago de Galápagos fue catalogado por su gran diversidad biológica endémica como el primer Patrimonio Natural de la Humanidad. Sin embargo, el abastecimiento de alimentos de los residentes y los turistas, ya sea por la importación o por la producción local, tienen un impacto negativo en el frágil ecosistema. Ante ello, las autoridades han manifestado la necesidad de un plan de desarrollo sostenible que proporcione los alimentos nutricionalmente adecuados a la población y que cuide el medio ambiente. En este sentido, aplicamos la gramática del MuSIASEM para realizar un diagnóstico integral que identifique la vulnerabilidad del sistema alimentario del archipiélago, de este modo se muestra, implícitamente, el potencial de la gramática como instrumento para la toma de decisiones participativa.

5.1 Introducción

Se estima que la formación del Archipiélago de Galápagos se produjo de 3 a 5 millones de años atrás, cuando los volcanes submarinos entraron en erupción (Grehan, 2001). En la actualidad se compone de trece islas grandes, seis islas pequeñas y un centenar de islotes, que cubren una superficie total de 7.880 km²; además, es considerado como una de las zonas volcánicas más activas del mundo, lo cual implica que aún se encuentra en expansión (WILDAID, 2012).

Las diferentes especies que poblaron el archipiélago tuvieron, en sus inicios, un proceso de evolución adaptativa –de miles de años– debido a las hostiles condiciones

⁶ Este capítulo corresponde a una versión actualizada del análisis del sector alimentario del Archipiélago de Galápagos presentado en el Informe Técnico Consolidado titulado “Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos”. Disponible en <http://ceproec.iaen.edu.ec/download/trs/IT2014_01.pdf>. Este Informe fue desarrollado dentro del Proyecto “Centro de Prospectiva Estratégica, CUP00101819”, auspiciado por el Gobierno Ecuatoriano. Asimismo, se agradece la colaboración de Evelyn Fraga, Freddy Llive y Gabriel Rosero.

climatológicas y ambientales existentes. Todo ello, junto con el aislamiento, provocó el surgimiento de organismos y de especies únicas en el mundo (Jackson, 1999). Por esta razón, en el año 1978, el archipiélago fue declarado por la UNESCO como el primer Patrimonio Natural de la Humanidad (UNESCO, 2009).

Sin embargo, desde su descubrimiento en 1535, la actividad humana ha tenido un impacto negativo sobre los ecosistemas del archipiélago. Primero los piratas, quienes utilizaron las islas como lugar de refugio e introdujeron animales como fuente de alimentos (Chiriboga y Maignan, 2006) y otras especies no planificadas, tales como los roedores. Así se inicia una disputa por el territorio entre las especies nativas y las foráneas. Luego, durante los primeros años de la época republicana, se envió un contingente de reos a colonizar las islas, hecho que se tradujo en la fundación de la población Asilo de Paz en la isla Santa María. El sistema de extracción de recursos, característico de este modo de colonización, supuso un alto impacto ambiental sobre el ecosistema (Ibíd.).

Años después se adoptó un modelo de conservacionismo cuya regla principal era la prohibición: se prohibía el cultivo sin previa demostración de la propiedad de la tierra, así como la apropiación del ganado sin previa justificación ante el Gobernador. En 1932, se estableció la concesión de títulos de propiedad con el único requisito de demostrar plenamente las áreas explotadas y los cultivos, sin importar el mecanismo de adquisición (Chiriboga y Maignan, 2006). Finalmente, después de varios periodos convulsos, la fama del archipiélago, promovida por Charles Darwin con su libro *El origen de las especies*, lo convirtió en un destino atractivo para turistas de distintas nacionalidades, aumentando así la circulación de dinero entre los residentes. En consecuencia, la calidad de vida en estas islas, comparativamente superior a las otras regiones del Ecuador, impulsó un movimiento migratorio importante que junto al turismo generó un impacto negativo sobre el ecosistema.

El impacto de estos procesos llevó, en el 2007, a que la UNESCO incluyera al Archipiélago de Galápagos en la lista de patrimonios en peligro (Josse y Cano, 2001; UNESCO, 2010). Por las mismas razones, en 1998, las autoridades gubernamentales

elaboraron un proyecto de ley especial para la provincia de Galápagos, con la intención de mitigar los daños producidos por el ser humano (Josse y Cano, 2001). Desde entonces se han actualizado un conjunto de normas y reglamentos con el objetivo de preservar este espacio natural. Ante estos esfuerzos, la UNESCO decidió retirar al Archipiélago de Galápagos de la lista de patrimonios en peligro en el 2010 (UNESCO, 2010).

Actualmente, la dinámica del archipiélago está cambiando rápidamente a causa del incremento de la población residente y del turismo. Por ejemplo, si se mantuviera durante los próximos años la misma tasa de crecimiento anual intercensal que se registró durante el periodo 2001-2010, que fue del 3,32% (INEC, 2001, 2010b), la población actual se duplicaría en tan solo veinte años. Obviamente, este suceso conllevaría una mayor demanda de alimentos, de agua, de servicios, entre otros.

Desde la perspectiva de los alimentos, la producción agropecuaria que se ha desarrollado en el archipiélago cumple una doble función: la de abastecer de alimentos a la población y la de generar empleo. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado un abandono de la agricultura, aumentando así la dependencia en el abastecimiento de alimentos del continente (DPNG, CGREG, FCD y GC, 2015).

Ante esta realidad, algunas instituciones han planteado como estrategia impulsar la agricultura para mejorar la autosuficiencia alimentaria (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2015; FUNDAR, 2005; GADMI y FSG, 2012). De esta manera, según ellos, se mejoraría la seguridad alimentaria, se generarían mayores ingresos a los productores agropecuarios y se reduciría el problema de las especies invasoras. Pero, por otro lado, este impulso hacia la agricultura generaría una mayor demanda de factores de producción (suelo, agua, mano de obra, energía, insumos químicos, etc.) que tendría un impacto sobre el delicado ecosistema del archipiélago.

A pesar de estas propuestas, aún no se ha elaborado un análisis diagnóstico de la situación del sistema alimentario del archipiélago que integre de manera conjunta el aspecto demográfico, el económico y el biofísico. En este sentido, en este capítulo se diseña y operativiza la gramática del MuSIASEM para suplir esta carencia, y demostrar así su utilidad como instrumento para la toma de decisiones.

5.2 El diseño de la gramática del MuSIASEM

Para llevar a cabo la caracterización biofísica del sistema alimentario del archipiélago, según los criterios del MuSIASEM, es necesario establecer la gramática de los alimentos. Para los propósitos de esta caracterización se considerará como elementos de flujo a los alimentos (medidos en toneladas o en kilocalorías), la energía (medida en Julios), el agua (medida en metros cúbicos) y los fertilizantes y plaguicidas (ambos medidos en toneladas); puesto que durante el periodo a representar sufren transformaciones. Por ejemplo, los alimentos destinados al consumo humano se transforman en energía bioquímicamente útil para el cuerpo humano (energía endosomática). Mientras que se considerarán como elementos de fondo la actividad humana (medida en horas de trabajo) y el suelo (medido en hectáreas) que se utiliza en la producción agropecuaria, puesto que estos elementos no sufren ningún cambio en sus atributos durante la representación. El año de referencia que se utilizará para la representación será el 2010.

En la Figura 5-1 se muestra la gramática propuesta para caracterizar el patrón metabólico de los alimentos en el archipiélago. En ella se ilustra la visión externa que representan los recursos y los factores productivos que se necesitan para producir y abastecer de los alimentos necesarios para el normal funcionamiento de la sociedad galapagueña. A partir de esta información se pueden relacionar las limitaciones que pueden poner en riesgo el suministro de alimentos. Por ejemplo, la falta de suelo para aumentar la producción agrícola, la dependencia de determinados productos agrícolas traídos desde el Ecuador continental, la contaminación de acuíferos por un uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, la pérdida de suelo por falta de un manejo adecuado, etc. En la misma Figura, también se ilustra la visión interna que

representa el uso final de los alimentos y el estado nutricional de las personas. Dentro de esta visión, el MuSIASEM permite analizar la disponibilidad y la accesibilidad de los alimentos por parte de la población, según las tipologías que se deseen caracterizar. Por ejemplo: según su condición socioeconómica, su condición etaria, su condición geográfica, etc.

De este modo, se genera una representación integral del patrón metabólico del sistema alimentario del archipiélago, muy útil –como se verá más adelante– para la elaboración de estrategias y de políticas. Al mismo tiempo que sirve como base para la elaboración de escenarios que revisan la factibilidad, la viabilidad y la conveniencia de dichas propuestas.

5.2.1 Fuentes de información

Tal como se comentó en el capítulo 4, el primer paso para la operativización de la gramática del MuSIASEM es contar con un balance alimentario. Sin embargo, este se realiza generalmente a nivel nacional. Por este motivo, se diseñó un balance alimentario para Galápagos con la información disponible (véase el Anexo 3). Antes de citar las fuentes utilizadas, es preciso señalar que este trabajo presenta un conjunto de datos y recomendaciones preliminares. Por ejemplo, ante la falta de información para el año de referencia (2010) se usaron datos de distintos años. Así pues, se considera oportuno comunicar al lector que en la actualidad se está trabajando con diversas instituciones gubernamentales ecuatorianas para mejorar la calidad de la información y, por ende, de los resultados.

En la visión externa se utilizaron los alimentos en su estado primario de cosecha. Por lo tanto, algunos productos derivados han sido transformados en sus correspondientes primarios. Los coeficientes de transformación se obtuvieron de la FAO (n.d.).

La información de la producción se obtuvo de la Encuesta de Condiciones de Vida (INEC-CGREG, 2009), la información de las hectáreas por tipo de cultivo se obtuvo del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca -MAGAP (2014). La

cantidad de productos importados se calculó en base al supuesto de que toda la producción local (Galápagos) se consumió en el archipiélago. A partir de este supuesto se hizo la siguiente operación:

$$I_i = A_j - B_k$$

Donde:

- (I) Corresponde a la cantidad del producto agrícola *i* importado.
- (A) Corresponde al consumo total de la población residente y de los turistas del producto agrícola *j*.
- (B) Corresponde a la suma de la cantidad producida localmente destinada al autoconsumo más la cantidad vendida producida localmente del producto agrícola *k*.

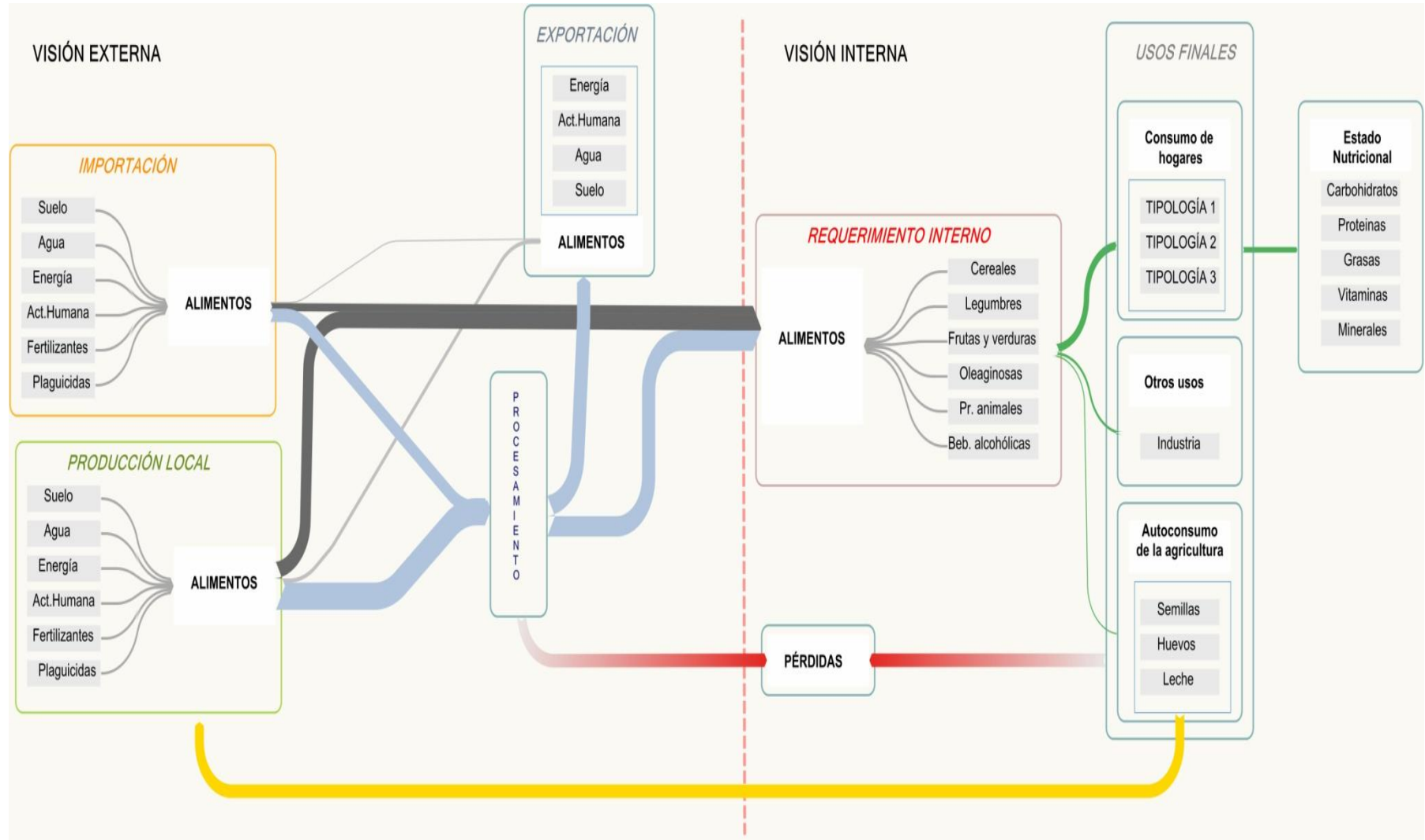
En el caso del café se asumió que la diferencia entre A y B de valor negativo correspondía a la cantidad exportada. Además, esta información fue contrastada, mediante comunicación personal⁷, con técnicos de la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG). En cambio, para los demás productos agrícolas con valores negativos se añadió dichos montos a los otros destinos (animal, semillas, otros) según el producto y previa consulta con los expertos.

Según la información disponible, se seleccionaron siete categorías de alimentos: cereales (maíz duro seco, maíz suave en choclo, arroz y trigo), legumbres y raíces (lentejas, frejol seco en grano, papa y yuca) azúcar (caña de azúcar), frutas y verduras (banano, naranja, piña, plátano, sandía, cebolla, col y tomate riñón), oleaginosas (aceite de palma), estimulantes (café) y carnes (pollo y res).

Para determinar cuantitativamente los paquetes tecnológicos de los productos agrícolas se utilizaron los costos de producción proporcionados por el MAGAP, el INIAP y otras fuentes.

⁷ Comunicación vía correo electrónico con Cinthya Vivas de la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad de Galápagos. Nota: esta comunicación no aparece en las referencias bibliográficas.

Figura 5-1 Gramática de los alimentos propuesta para el análisis del Archipiélago de Galápagos



Asimismo, cabe señalar que algunos de ellos fueron actualizados por investigadores del Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador (IAEN) y de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador (SENPLADES).

En el cálculo de los requerimientos hídricos para la producción de alimentos se utilizaron los valores registrados por Mekonnen y Hoekstra (2010a, 2010b).

Para estimar las pérdidas se utilizaron los coeficientes presentados por la FAO (2012) para la zona de América Latina y se le añadieron las pérdidas ocurridas por la transformación de caña de azúcar a azúcar (10,73% [porcentaje que aparece en el Balance Alimentario del MAGAP del 2012]) y de palma africana a aceite de palma (17% [FAO, n.d.]).

Respecto a la tipología de consumo se consideró de tres tipos: a) residentes, b) turistas extranjeros que van por tierra y turistas nacionales, y c) turistas extranjeros que van por crucero y mixto, estos últimos significan que van por tierra y por crucero. La justificación para estas tipologías radica en las condiciones económicas con que realizan el turismo. En este sentido, se asume que los turistas extranjeros que van por crucero y mixtos tienen un poder adquisitivo mayor en comparación al resto de turistas. Por ejemplo, al revisar diversas páginas web que ofrecen este tipo de servicio se estimó que el precio por persona para un viaje de cinco días tiene un precio aproximado de US\$4.000. Esta cifra únicamente incluye los servicios del crucero, por lo tanto se tienen que añadir, en primer lugar, los costos de desplazamiento desde el país de origen hasta el Ecuador y desde Guayaquil hasta el Archipiélago, y en segundo lugar, los costos de actividades que realizan en tierra. En cambio, los turistas extranjeros que hacen un turismo por tierra y los turistas nacionales tienen, generalmente, un presupuesto más limitado.

Para determinar el consumo de alimentos de la población residente se utilizó la Encuesta de Salud y Nutrición del Ecuador (INEC - MSP, 2012) (véase el Anexo 3). En el caso de los turistas extranjeros que realizan un turismo por tierra y los turistas nacionales se consideró que tenían la misma dieta que un ciudadano ecuatoriano del

continente. Por lo tanto, se utilizó el consumo estimado del Balance Alimentario del Ecuador 2010 (FAO, 2014b). En cambio, para los turistas por crucero y mixtos, se asumió que mantuvieron la misma dieta que en Estados Unidos de América. Se escogió la dieta de este país porque la mayoría de turistas por crucero (alrededor del 37% de los extranjeros) y mixto (alrededor del 65% de los extranjeros) son de nacionalidad estadounidense (OTG, 2014). El consumo estimado de alimentos se obtuvo de la Hoja de Balance Alimentario del 2010 para ese país (FAO, 2014b).

5.2.2 Tratamiento de los datos

En este aspecto, se consideraron los siguientes criterios:

Primero, los cultivos permanentes (naranja, banano y plátano) se siembran utilizando el sistema de asocio, motivo por el cual, para realizar la estructura de costos de producción de cada uno de ellos, se consideró el número de plantas por hectárea y el menor uso de insumos agrícolas, ya que se desconoce cuál es el cultivo que específicamente genera ingresos al productor.

Segundo, debido a la falta de información de precios para algunos insumos agrícolas se realizaron coeficientes para: fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas y veterinarios, los cuales se aplicaron a los precios de venta al público del continente. De esta manera, se puede estimar el precio de venta en Galápagos.

Tercero, en el archipiélago, la pesca es una actividad importante para la alimentación y generación de ingresos para la población. Sin embargo, no fue posible incluir este sector en esta investigación, debido a la limitada accesibilidad de información. Por este motivo, esta caracterización se considera como un estudio preliminar que tiene como objetivo mostrar el potencial de la gramática del MuSIASEM para la toma de decisiones. Asimismo, nuevamente se resalta que se está trabajando con algunas instituciones gubernamentales para suplir las carencias de información y mejorar el presente diagnóstico.

5.3 Caracterización biofísica del sistema agroalimentario

5.3.1 Visión externa

a) La producción de alimentos de origen vegetal

A partir de la gramática diseñada y de la elaboración de la Hoja de Balance Alimentario se pudo establecer una representación cuantitativa de la visión externa del sistema alimentario del archipiélago, tal como se muestra en la Figura 5-2.

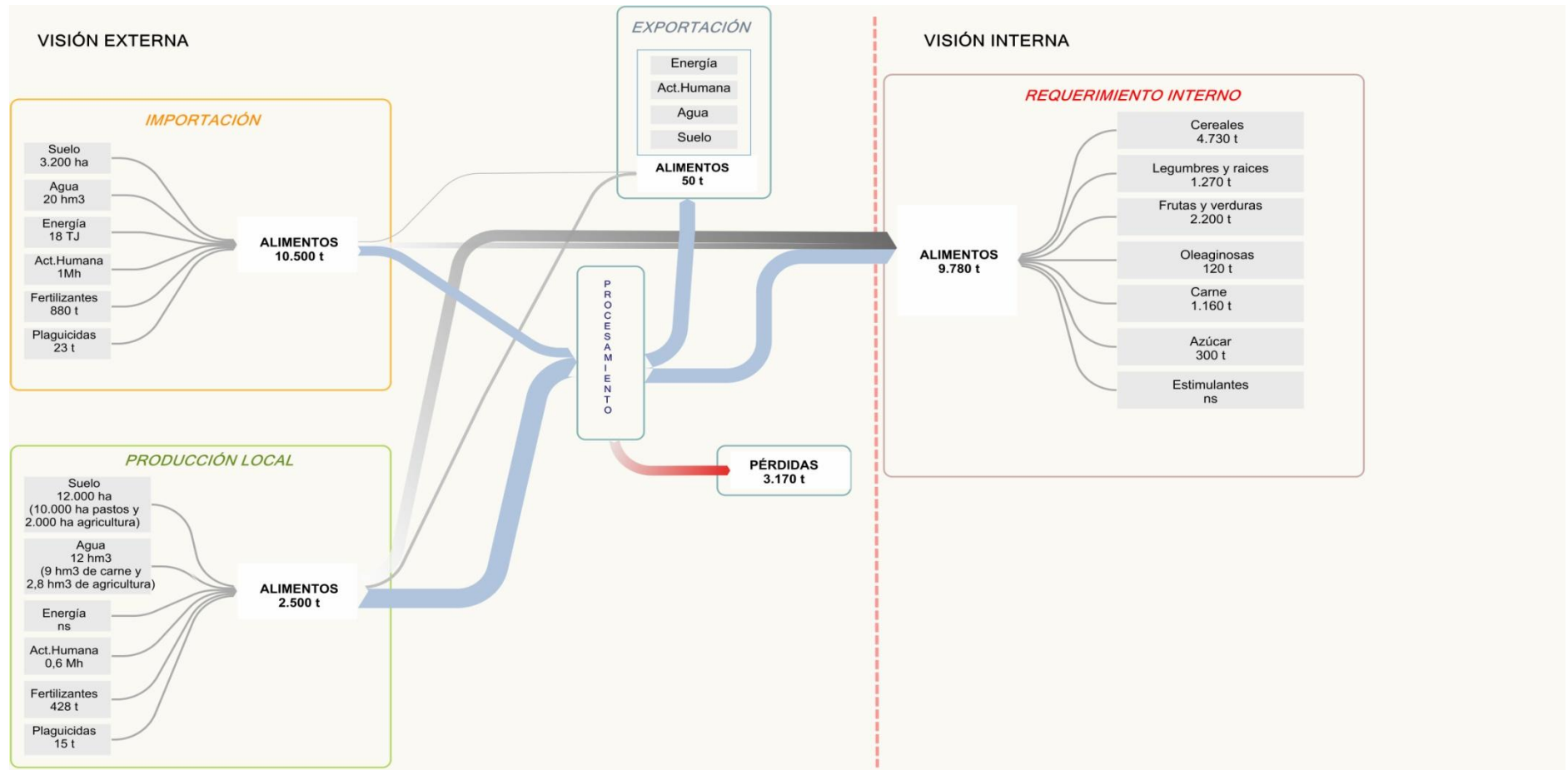
Según nuestro análisis el único producto que se exportó en el 2010 hacia el continente es el café, alrededor de 50 toneladas. Aunque este valor puede parecer bajo, se aproxima a las 58 toneladas que registró la Agencia de Bioseguridad de Galápagos en el 2012.

El cultivo de café se encuentra en las tres islas principales, pero es en Santa Cruz quien tiene una mayor superficie (400 ha), seguida de San Cristóbal (125 ha) e Isabela (63 ha) (MAGAP, 2014). Generalmente, en las fincas de los pequeños agricultores hay una superficie importante de cafetales. En la isla Santa Cruz se estima que el café constituye la fuente de ingresos más importante para el 80% de los agricultores (Vega, 2013).

El café de Galápagos es reconocido por su calidad en diversos países. Sin embargo, la falta de un manejo adecuado ocasiona que los agricultores tengan un bajo rendimiento. Vega (2013) señala que un estudio estimó que la producción de café se podría triplicar en tres años si se mejoraran las prácticas de su cultivo, pero que los esfuerzos para lograr este propósito han sido mínimos.

Respecto a la producción local de alimentos para el consumo interno, en el archipiélago se producen alrededor de 2.500 toneladas de alimentos de las 12.950 toneladas que se necesitan para suplir la demanda interna (en esta cantidad se han considerado los productos derivados como sus equivalentes primarios. Por ejemplo, el azúcar como caña de azúcar y el aceite de palma como fruta fresca de palma). Esto significa que la producción de Galápagos sólo abasteció en el 2010 el 19% de sus requerimientos, cosa que muestra su significativa dependencia alimentaria desde el Ecuador continental.

Figura 5-2 Visión externa del sistema alimentario del Archipiélago de Galápagos



Fuente: véase el apartado 5.2.1

Asimismo, se puso de manifiesto esta dependencia y vulnerabilidad alimentaria en el año 2014 cuando se hundió uno de los barcos que transportaba alimentos, lo cual ocasionó la escasez de algunos productos y un aumento en los precios (Mena, 2015).

En la Figura 5-2 también se observa la inversión de insumos que son necesarios para lograr dicha producción de alimentos. Un aspecto resaltante es el tema de la energía, en esta investigación únicamente se han considerado los combustibles fósiles utilizados en los tractores y en el riego (Rosero et al., 2015). Las condiciones del relieve y del ecosistema de Galápagos dificultan el uso de este tipo de maquinarias; sin embargo, algunas instituciones públicas del Ecuador pretenden promover su uso (CGREG, 2015), pero ello aún está en sus inicios. Por esta razón, no se consideró un consumo de energía en el archipiélago. En cambio, los alimentos producidos y posteriormente traídos desde el Ecuador continental tuvieron una inversión energética de 18 TJ.

Otro aspecto crítico es el requerimiento hídrico. En la Figura 5-2 se aprecia que en el continente se utilizaron 20 hm³ para la producción de los alimentos importados, mientras el archipiélago sólo utilizó 2,8 hm³. Este constituye un tema importante, porque plantear estrategias para mejorar la autosuficiencia alimentaria, como lo han hecho algunas instituciones, podría significar una competencia, por este recurso, entre la población y el sector agrícola. Por otro lado, hay quién podría argumentar que el agua utilizada para la agricultura no tiene la misma calidad y por tanto no habría una competencia. No obstante, hasta la fecha no se han desarrollado estudios fiables que den a conocer la oferta y la demanda hídrica ni la viabilidad de la opción del uso del agua salobre para fines agrícolas.

Además, en la actualidad, la calidad del agua usada en las zonas urbanas de Galápagos es de pésima calidad; tanto así que frecuentemente se informa de su alto contenido de coliformes fecales (Liu y D'Ozouville, 2013).

Un aspecto preocupante es el uso de fertilizantes y plaguicidas en Galápagos por el impacto que puede tener en el ecosistema y en la salud humana. Según

nuestras estimaciones en el archipiélago se utilizaron 214 kg de fertilizantes por hectárea⁸ mientras que en el continente se utilizan 275 kg/ha. Pero el principal problema radica en la alta filtración de los suelos de Galápagos, por su origen volcánico, que podrían ocasionar una contaminación de las aguas subterráneas; siendo éstas, en determinadas zonas, la fuente de abastecimiento de agua para la población. Además, los fertilizantes inorgánicos no se producen en el Ecuador continental, sino que se importan desde el extranjero. Llive et al. (2015) señalan que más del 99,5% de los fertilizantes en el Ecuador se importan, lo cual hace que su precio se vea influenciado por factores externos e incluso que en algunos productos agrícolas su utilización represente el 30% del costo de producción. Ante el alto costo de estos productos, algunos productores han optado por usar el excremento de las gallinas, conocido como gallinaza, para mejorar la producción agrícola. Sin embargo, algunos virus que atacan a las aves se pueden mantener viables en las heces durante largos periodos, los cuales pueden afectar a otras especies nativas de las Islas. Por ejemplo, la enfermedad de Newcastle, producida por un virus de la familia *Paramyxoviridae* supone una seria amenaza para los pingüinos de Galápagos (*Spheniscus mendiculus*), para el cormorán de Galápagos (*Phalacrocorax harrisi*) y para la gaviota fuliginosa (*Larus fuliginosus*) (Gottdenker et al., 2005). Estas especies endémicas, en la actualidad, tienen una población muy baja (menos de 1.500 individuos por cada especie), lo que reflejaría la importancia de tomar todas las medidas de seguridad necesarias por parte de las autoridades pertinentes y de los productores para evitar esta tragedia.

Respecto a los plaguicidas, el uso estimado en Galápagos y en el Ecuador continental tiene un rango similar que bordea los 7,5 kg/ha, valor que supera la recomendación de la Organización Mundial de la Salud de 5 kg/ha (Doménech, 2004). Aunque, la ABG ha prohibido el ingreso de plaguicidas altamente tóxicos en las Islas, su impacto en el medio ambiente puede darse por la misma razón señalada en los fertilizantes. La alta porosidad de los suelos puede llevar a la contaminación de

⁸ El cálculo se realizó sobre 2.000 ha debido a que las 10.000 ha restantes corresponden a pastizales.

las aguas subterráneas, así como un mal manejo de los mismos puede provocar un daño ambiental y humano, tal como ha sucedido en otras partes del mundo. Hasta ahora no hay estudios que hayan realizado una evaluación de los impactos de estos insumos en el archipiélago.

En el 2010, según nuestras estimaciones se invirtieron alrededor de 630.000 horas de trabajo para la producción agrícola local frente a las 1.000.000 de horas que invirtió el Ecuador continental para la producción agrícola importada. Al contrastar esta información con los datos del Censo Económico de Galápagos (2010) -el cual señala que los sectores de la agricultura, la ganadería, la silvicultura y la pesca ocupaban al 8% de la PEA ocupada, es decir alrededor de 1.000 personas; de ellas el 23% eran agricultores, el 12% ganaderos y el 11% hacían ambas actividades –, se puede aseverar que hay cierta consistencia en los datos. Así por ejemplo, asumiendo que los trabajadores que realizan ambas actividades (agricultura y ganadería) dedicaran la mitad de su jornada laboral a la agricultura, eso supondría que 55 trabajadores serían meramente agricultores. De este modo, la cantidad total de agricultores sería de 285 trabajadores. Luego si realizan una jornada de 8 horas diarias por 6 días semanales durante las 52 semanas del año (el trabajo en campo generalmente no tiene descanso), nos da un total de 712.000 horas de trabajo anuales. Esta cifra es próxima a las 630.000 horas estimadas en nuestros cálculos.

Sin embargo, una situación que se ha puesto de manifiesto en distintos documentos es el continuo traslado de la fuerza laboral del sector agrícola hacia otros sectores más rentables. En este sentido, Epler et al. (2007) y Taylor y Hardner (2006) señalaban que el turismo es la actividad que más ingresos genera (53%) y, dentro del sector agricultura, ganadería y pesca, la pesca el que más ingresos produce (3%). Bermeo et al (2015), señalaron que en el 2010 las tasas de crecimiento promedio de la producción bruta del sector agricultura son de las que más han decrecido. De igual modo, ellos señalan que la productividad de este sector es una de las más bajas frente a las otras actividades económicas, generando US\$ 9.000 por persona ocupada mientras que los sectores comunicación, transporte y comercio generan por persona

ocupada US\$ 179.000, US\$ 73.000 y US\$ 35.000 respectivamente (Figura 5-3). Estas últimas ramas de actividad están más vinculadas a la actividad turística. En este sentido, Giampietro (2015)⁹ señala que se estima que el Valor Agregado Bruto por día trabajado proveniente del sector turístico es 2,5 superior al proveniente de los otros sectores. Entonces, a partir de lo anterior, se puede afirmar que las actividades ligadas al turismo son más rentables y, por cierto, menos laboriosas que las actividades agrícolas.

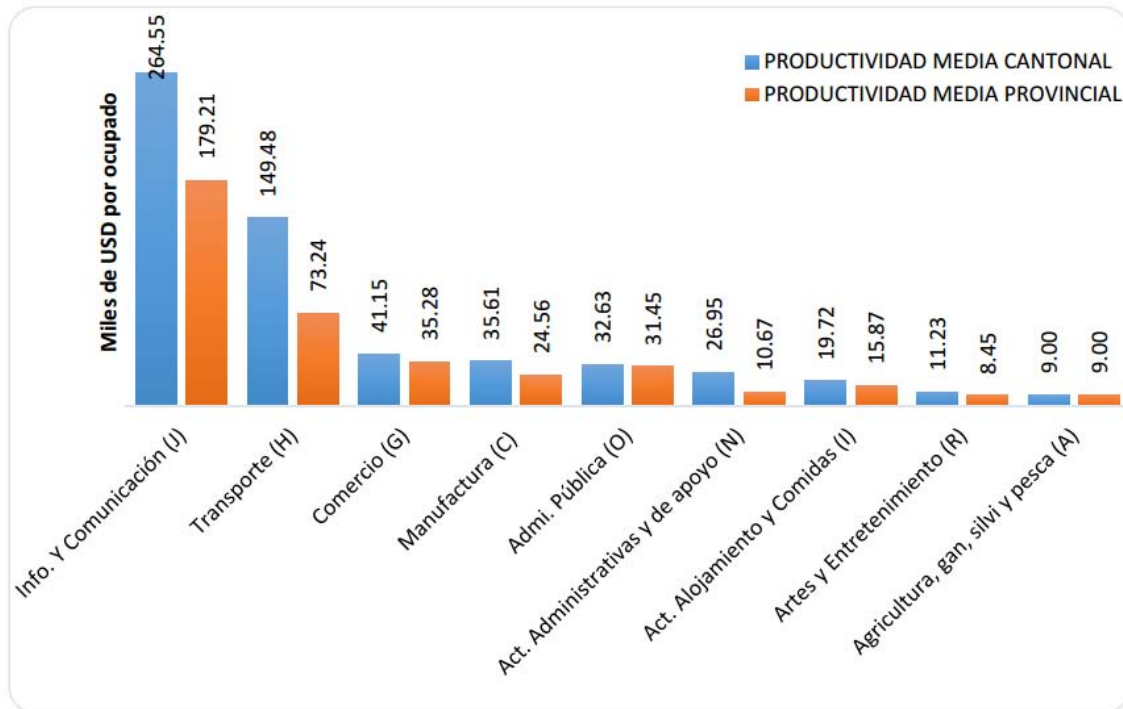
Hasta este punto se puede apreciar como la caracterización realizada a través de la gramática del MuSIASEM genera información que se puede obtener por un análisis arriba-abajo (top-down) o de abajo-arriba (bottom-up) y contrastada, a su vez, por ambos enfoques.

No obstante, el principal problema de agrupar información en niveles superiores (por ejemplo a nivel del archipiélago), tal como sucede con las cifras macroeconómicas, es que se pierde información valiosa a niveles inferiores (por ejemplo a nivel local). Incluso, dichas cifras pueden conducir a malas interpretaciones y malas decisiones. En este sentido, la versatilidad del MuSIASEM y su sistema de contabilidad facilita desagrupar la información a niveles inferiores.

En la Tabla 5-1 se desagrega la información para analizar el grado de apertura del sistema alimentario del Archipiélago. Claramente se aprecia que el Archipiélago produce el 19% del consumo interno, pero que este valor se debe a la producción de estimulantes (100%), verduras (84%) y productos cárnicos (83%). Mientras, en el resto de productos su dependencia es muy prominente, por ejemplo en el caso de los cereales, que aportan la mayor cantidad de energía endosomática (véase la visión interna), prácticamente importan todo. Ello indicaría que si se desea mejorar la autosuficiencia alimentaria, las estrategias estarían dirigidas hacia esos productos; pero eso supone, también, enfrentarse a las condiciones agroclimáticas de las Islas; ya que éstas no son las más idóneas para este tipo de cultivos.

⁹ Entrevista realizada a Mario Giampietro el 20 de julio de 2015 en las instalaciones del Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN) de la ciudad de Quito - Ecuador.

Figura 5-3 Comparación de la productividad entre el Cantón de Santa Cruz con la de la provincia de Galápagos.



Fuente: Elaborado por Bermeo et al.,(2015 pág. 184). Utilizado con permiso de los autores

Sin embargo, aún no se puede apreciar más detalle acerca de lo que ocurre dentro de cada categoría. Por eso es necesario bajar a un nivel inferior y obtener mayor información de lo que está sucediendo. En la Tabla 5-2 se presenta un ejemplo de cómo el sistema contable del MuSIASEM permite bajar a un nivel inferior manteniendo la estructura de la información. En este caso, los cultivos que afectan en mayor proporción el autoabastecimiento son el arroz y el trigo. Además se observa que la producción de maíz suave choclo es la que mayor demanda de insumos utiliza. Por ejemplo, utiliza alrededor 92.000 m³ de agua y 5.000 horas de trabajo. Seguido del maíz duro seco que es destinado como pienso de los animales.

La producción de trigo en el Ecuador continental siempre ha sido deficitaria, es más, las tierras que antes producían trigo ahora se han convertido en pastizales porque la crianza de ganado vacuno es más rentable. Por lo tanto, el trigo y sus productos derivados que llegan al Archipiélago provienen de otros países.

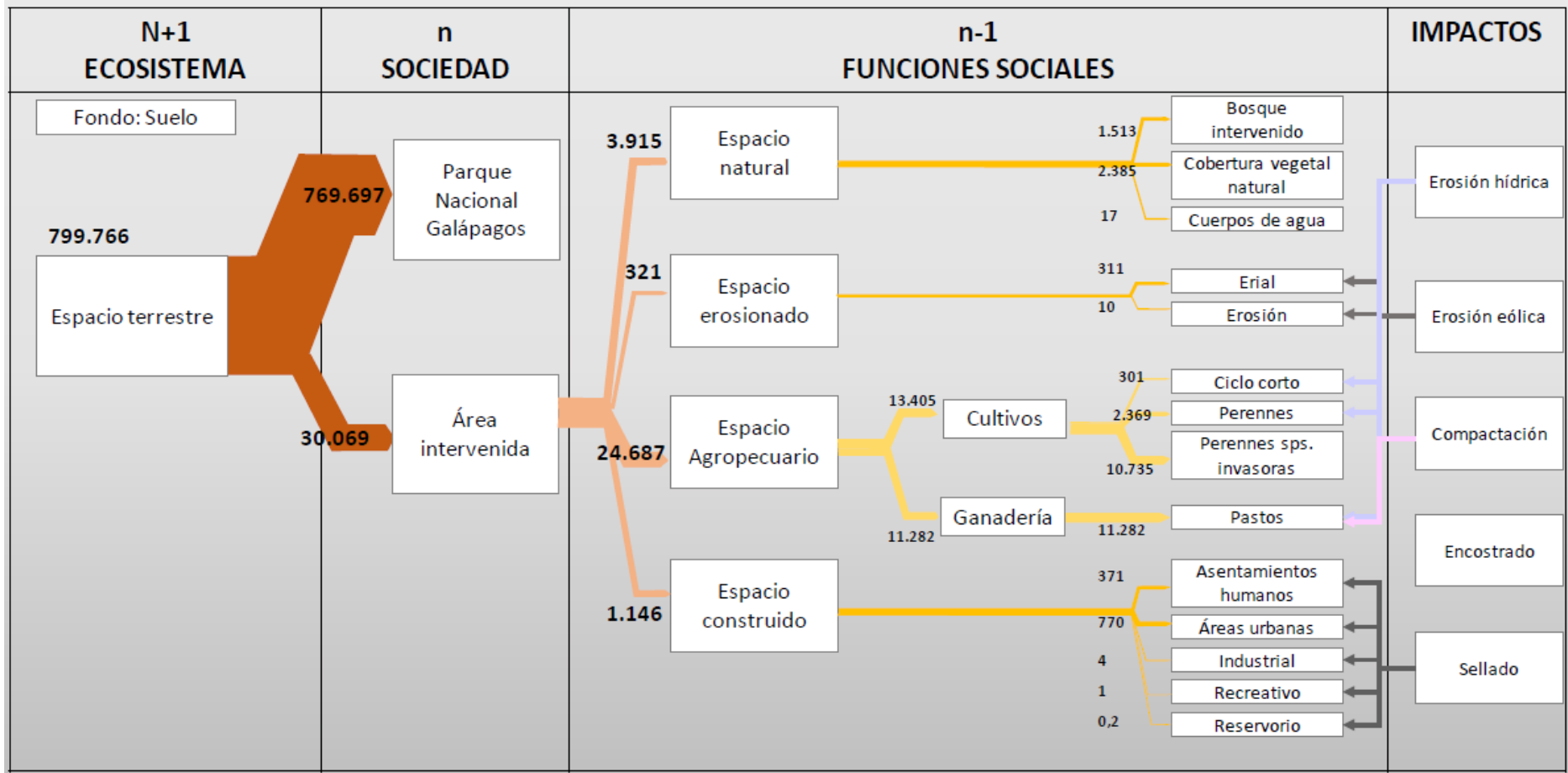
Tabla 5-1 Abastecimiento de alimentos en el Archipiélago

Producto	Local (t)	Local (%)	Importación (t)	Importación (%)	Consumo interno (t)
Caña de azúcar	39	1%	2.839	99%	2.877
Cereales	59	1%	4.668	99%	4.726
Estimulantes	7	100%	0	0%	7
Frutas	782	45%	956	55%	1.738
Legumbres	5	4%	133	96%	138
Raíces y tubérculos	237	21%	896	79%	1.133
Verduras	355	84%	66	16%	421
Oleaginosas	0	0%	701	100%	701
Carne	964	83%	198	17%	1.161
Total	2.495	19%	10.457	81%	12.903

Fuente: véase la sección 5.2

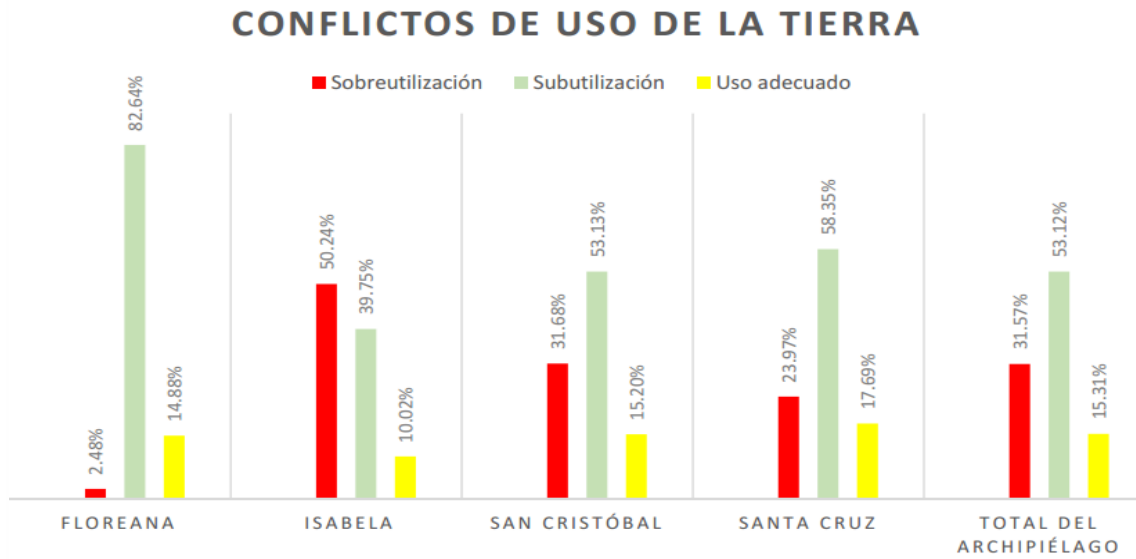
Otro aspecto clave, al interpretar los datos estadísticos es que se puede llegar a pensar que los cultivos están bien establecidos e identificados, pero ello no es necesariamente cierto. Por ello, es indispensable utilizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para contrastar la información estadística. En este sentido, la utilidad del MuSIASEM es que se complementa con los SIG. Así pues, Meneses et al. (2015) aplicaron una gramática del MuSIASEM para analizar el uso del suelo en el archipiélago (véase Figura 5-4). El trabajo que ellos realizaron estuvo enmarcado dentro del mismo proyecto de este trabajo. De este modo, los resultados se pudieron validar aplicando fuentes de información distintas.

Figura 5-4 Gramática del uso del suelo en las islas Galápagos (valores están expresados en Hectáreas)



Elaborado por Meneses et al. (2015). Utilizado con permiso de los autores

Figura 5-5 Mal uso de la tierra en el Archipiélago



Elaborado por Meneses et al. (2015). Utilizado con permiso de los autores

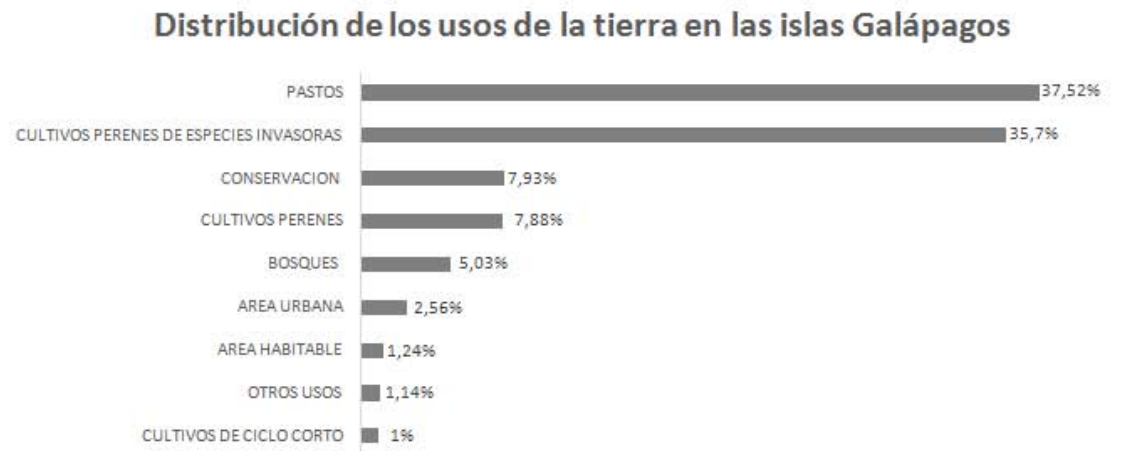
Ellos, Meneses et al. (2015), determinaron que existe un progresivo abandono de la agricultura en Galápagos y que las áreas intervenidas están mal utilizadas, ya sea por una sobreutilización (32%) o por una subutilización (53%) (Figura 5-5). Esto ha ocasionado una expansión territorial de las especies invasoras; tales como la mora (*Rubus niveus*), la guayaba (*Psidium guajava*), el cedro español (*Cedrela odorata*), la cascarilla (*Chinchona pubescens*), entre otras. Este problema es tan evidente que de las tierras intervenidas en Santa Cruz, el 50% corresponden a pastizales y el 28% a cultivos, y de este último el 21% son cultivos permanentes de especies invasoras. En Isabela, se determinó que el 54% de las áreas intervenidas corresponden a especies invasoras y el 34% a pastizales. Finalmente, en San Cristóbal el 82% de la superficie intervenida está destinada a fines agropecuarios; sin embargo, el 47% lo ocupan las especies invasoras y el 20% son pastos (Figura 5-6).

De este modo, los SIG y el MuSIASEM se pueden complementar para dar una mejor explicación de lo que sucede, compatibilizando la información estadística con la información espacial.

Figura 5-6 Uso de la tierra en las áreas intervenidas del Archipiélago de Galápagos



	USO ACTUAL	SUPERFICIE (ha.)	PROPORCION
ÁREA INTERVENIDA 30.069,42 Ha.	BOSQUES	1.513,57	5,03
	CONSERVACION	2.385,13	7,93
	CULTIVOS DE CICLO CORTO	300,97	1
	CULTIVOS PERENES	2.369,29	7,88
	CULTIVOS PERENES DE ESPECIES INVASORAS	10.735,05	35,7
	PASTOS	11.281,5	37,52
	AREA HABITABLE	371,4	1,24
	AREA URBANA	770,14	2,56
	CUERPO DE AGUA	16,86	0,06
	ERIAL	310,91	1,03
	EROSION	9,97	0,03
	INDUSTRIAL	3,64	0,01
	RECREACION	0,79	0,0026
	RESERVORIO	0,2	0,0007



Elaborado por Meneses et al. (2015). Utilizado con permiso de los autores.

b) La producción de alimentos de origen animal.

· Carne de res

Respecto a la producción local de carne, Galápagos produjo, en 2010, 964 toneladas de las 1.161 toneladas que demandó el consumo interno, es decir que abastece el 83% (Tabla 5-1). Esto se debe a que la producción local de carne de res abastece completamente la demanda. Este hecho se explica en la menor cantidad de horas de trabajo que requiere y, por lo tanto, la productividad económica del trabajo es mucho más alta que la producción de productos agrícolas. Por este motivo, la ABG, con la finalidad de proteger el ecosistema de Galápagos, tiene prohibido el ingreso de carne de res.

Según el informe del MAGAP (2014), en el archipiélago existe una población ganadera de 10.000 animales, de los cuales el 70% se encuentran en Santa Cruz; el 15% en Isabela y el 14% en San Cristóbal. A pesar de eso, algunas autoridades han señalado que no hay un registro exacto para confirmar dicha cifra.

En conversación con expertos de la zona¹⁰, ellos señalaron que la isla Santa Cruz es la principal productora de carne de res y que abastece a los mercados de otras islas. Según su conocimiento, comentaron que el promedio de sacrificio mensual del camal municipal de Santa Cruz y de San Cristóbal es de 134 y 13 animales respectivamente, mientras que en la isla Isabela el sacrificio es prácticamente artesanal.

Con base en lo anterior, si se considera que el peso del sacrificio de cada animal es de 430 kg y que el porcentaje de conversión de peso vivo a carne en canal es del 50% (MAGAP, 2014), se obtiene una producción anual de 379 toneladas de carne al año. En el análisis de abajo hacia arriba (bottom-up) realizado a partir del consumo de la población local y de los turistas, según los supuestos descritos en la sección 3, se

¹⁰ Entrevista con el M. Sc Byron Fonseca, Técnico de la Producción y Desarrollo Humano del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG). Esta entrevista se realizó en las instalaciones del (CGREG) en Santa Cruz. Nota: esta entrevista no está considerada en las referencias bibliográficas.

estimó una demanda anual de 400 toneladas. La diferencia entre ambas cifras representa un porcentaje de error del 6%.

Al convertir las 400 toneladas de carne en canal en números de animales se estima un total de 1.860 animales sacrificados. Esta cifra representa el 19% de extracción del hato ganadero (10.000 animales), valor que está dentro del rango estimado en el archipiélago (15-20%). La base de la alimentación del ganado vacuno en el archipiélago es pasto y la carga animal está entre 0,75 – 1 animales per hectárea. Para el presente análisis se consideró una carga animal de 1, es decir, una cabeza de ganado por hectárea. Ello representa que se requieren 10.000 hectáreas de pastizales para mantener la producción de carne. Este valor se acerca a las 11.280 hectáreas de pastizales que estimó Meneses et al. (2015).

Para estimar la cantidad de agua utilizada para la producción de carne de res, se utilizaron los coeficientes de transformación de Mekonnen y Hoekstra (2010b). Ellos señalan que para producir una tonelada de carne de res en el Ecuador, criado bajo la modalidad de pastoreo, se utilizan 23.341 m³/t¹¹. Entonces para producir las 400 toneladas demandadas en el 2010 se requirieron 9 hm³.

- Carne de pollo

Respecto a la carne de pollo, según las fuentes citadas en la sección 5.2, se estimó que en el año 2010 la demanda anual de carne de pollo de la población local y de los turistas fue de 547 toneladas y de 100 toneladas respectivamente. Además, si se consideran las pérdidas ocurridas a lo largo de la comercialización y de la distribución (113 toneladas), se obtiene un total aproximado de 760 toneladas de carne de pollo al año.

Ahora bien, si se asume que el peso de sacrificio es de 2,5 kilogramos y que el porcentaje de transformación de peso vivo a carne en canal es del 75% (FAO, s.d.), se puede estimar que se sacrificaron 406.000 animales.

¹¹ Se utilizaron únicamente los valores de agua azul y agua verde

Tabla 5-2 Desagregación de la información para la producción agrícola del Archipiélago

PRODUCTO	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE (ha)	CONSUMO DE AGUA (1.000 m ³)	ACTIVIDAD HUMANA (1.000 horas)	FERTILIZANTES (t)	PLAGUICIDAS (t)
Caña de azúcar	39	13	7	0	0	0
Cereales	59	48	177	9	7	NS*
Estimulantes	54	588	1.283	37	44	3
Frutas	782	703	856	233	372	11
Legumbres	5	2	22	0	0	0
Raíces y tubérculos	237	104	177	58	0	NS*
Verduras	355	17	269	294	4	NS*
Oleaginosas	0	0	0	0	0	0
Carne	964	0	0	0	0	0
Total	2.495	1.475	2.790	631	428	15

*(NS) No significativo

PRODUCTO	PRODUCCIÓN (t)	SUPERFICIE (ha)	CONSUMO DE AGUA (1.000 m ³)	ACTIVIDAD HUMANA (1.000 horas)	FERTILIZANTES (t)	PLAGUICIDAS (t)
Cereales	59	48	177	9	7	NS*
Maíz duro seco	25	12	74	4	2	NS*
Maíz suave choclo	31	36	92	5	5	NS*
Arroz	0	0	0	0	0	0
Trigo	2	0	11	0	0	0

*(NS) No significativo

Además, a esta cifra se le debe aumentar la tasa de mortalidad, que corresponde al 8%, para obtener un estimado de la población de animales que se requirieron para abastecer la demanda. Después de realizar dichos cálculos se estimó que en el 2010 se sacrificaron alrededor de 440.000 animales. Finalmente, para calcular el porcentaje de animales que fueron abastecidos por la producción local se asumió un sacrificio mensual de 25.000 animales (MAGAP, 2014), lo que representó un sacrificio total anual de 300.000 animales. Por tanto, se sacrificaron 144.000 animales en el Ecuador continental para abastecer la demanda total.

Respecto al consumo de balanceado, en este caso se consideró solamente el maíz. Si se estima que para producir 1 kg de carne de pollo se requieren 2 kg de maíz (Brown, 2006), entonces para producir 760 toneladas de carne de pollo se necesitaron 1.520 toneladas de maíz.

Respecto al uso del suelo, por un lado, se estimó que las granjas avícolas mantienen a 8 animales/m². Entonces para producir los 440.000 animales se requirieron 6 ha, de las cuales 4 ha se usaron en el Archipiélago y 2 ha en el Ecuador continental. Por otro lado, la producción de 1.520 toneladas de maíz en el Ecuador continental, con un rendimiento de 3,6 t/ha (véase Anexo 3), requirió 422 ha. Ambas consideraciones hacen un total de casi 430 ha.

Respecto al consumo de agua, Mekonnen y Hoekstra (2010b) señalan que para la producción animal hay tres tipos de consumo de agua: el agua de bebida de los animales, el de servicio y el proveniente de los alimentos. Acorde con estos lineamientos, se consideró un consumo de agua de bebida de 0,18 litros/animal/día (Mekonnen y Hoekstra, 2010b), cosa que sugiere que un pollo durante su crianza (45 días) consume 8 litros/animal. En el agua para servicio, se consideraron 0,09 litros/animal/día (Mekonnen y Hoekstra, 2010b), lo cual supone un consumo de 4 litros/animal durante toda su vida. En el consumo de agua para la producción de alimentos, se consideraron 2.960 m³/t de maíz (Mekonnen y Hoekstra, 2010a)¹². A

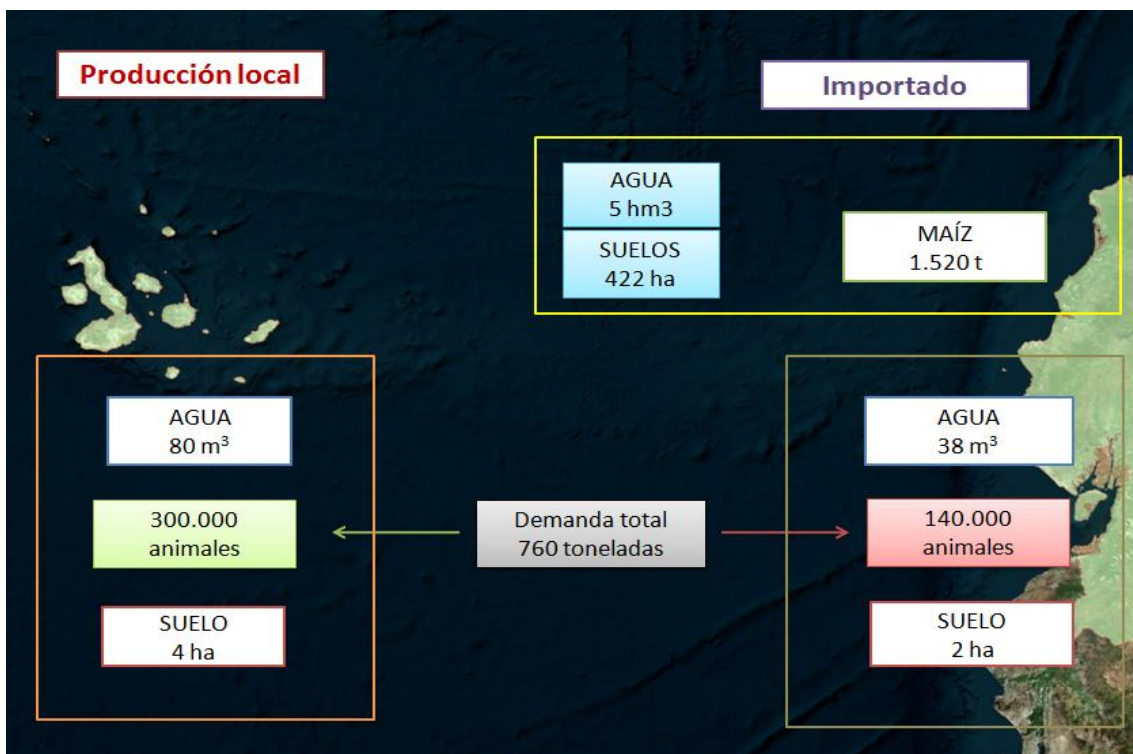
¹² Únicamente se consideró el agua azul y verde.

partir de estos datos se puede calcular que para la producción de 440.000 animales se utilizaron 5 hm³. En la Figura 5-7 se muestran los requerimientos biofísicos para la producción de carne de pollo.

La ABG prohíbe la entrada de pollos vivos, a excepción de los pollos bebé con autorización, pero sí permite la entrada de carne de pollo, dado que aún no se puede abastecer la demanda.

Según el MAGAP (2014), la capacidad instalada de los planteles avícolas es de 90.000 animales. Si asumimos que al año se realizan 4,5 ciclos reproductivos, que corresponden a 7 semanas de producción y 4,5 semanas de descanso, se obtiene una ocupación del 74%. Esta cifra está dentro del rango aconsejable de producción¹³. Esto significa que existe un margen de mejora que puede aumentar la oferta de carne de pollo. Sin embargo, el aumento de la producción de carne de pollo también implica una mayor importación de balanceado desde el continente.

Figura 5-7 Demanda biofísica de la producción de carne de pollo



Fuente: Elaboración propia

¹³Entrevista con el ingeniero agrónomo Gabriel Rosero de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).

En el ámbito económico, la importación de alimentos desde el continente genera un incremento de los precios en comparación con los de Guayaquil, lugar de donde provienen gran parte de los alimentos llevados al archipiélago. En la Tabla 5-3 se puede observar que existe una diferencia significativa entre el precio del mayorista en Galápagos en comparación con el precio mayorista en el continente. La principal diferencia se da en las hortalizas (72%) y en las raíces y tubérculos (56%). Esta diferencia de precios se debe principalmente al traslado y al beneficio de los intermediarios. Desde el criterio de la seguridad alimentaria, se puede ver la vulnerabilidad económica y biofísica en la que se encuentran los residentes de las Islas. Debido a que ante cualquier eventualidad que conlleve un aumento en el precio de los alimentos o de escasez de ellos, los residentes del archipiélago serán los primeros en verse afectados. Principalmente, los más pobres. Ante esta situación se hace indispensable reducir la cadena de intermediarios o desarrollar un sistema de abasto de los alimentos diferente en el archipiélago, con el objetivo de disminuir la diferencia de precios entre el productor y el consumidor final.

5.3.2 Visión interna

El sistema de contabilidad desarrollado con el MuSIASEM, también permite visualizar el estado nutricional de la población según las tipologías de grupos de personas que se desee investigar. Asimismo, señala cuáles son los consumos que el mismo sistema agropecuario del archipiélago necesita para seguir funcionando. Por ejemplo, semillas, huevos para la producción de polluelos, leche para los terneros recién nacidos, etc. En la Figura 5-8 se presentan los resultados preliminares de la caracterización de la visión interna del archipiélago para el 2010.

Como usos finales se pueden establecer tres compartimientos: a) el consumo humano, que incluye tanto a residentes como a turistas; b) el de otros usos, por ejemplo, se refiere a la caña de azúcar destinada a la preparación de panela o bebidas alcohólicas; y c) el consumo de la agricultura (hiperciclo).

Tabla 5-3 Diferencia entre el precio mayorista en Galápagos y el precio mayorista en el continente¹⁴

Producto	Precio mayorista en Galápagos (US\$/kg)	Precio mayorista en Guayaquil (US\$/kg)	Diferencia entre Galápagos y el continente (%)
Caña de azúcar	0,13	0,09	35%
Cereales	0,96	0,73	32%
Estimulantes	-	-	-
Frutas	0,43	0,29	49%
Legumbres	1,75	1,14	53%
Raíces y tubérculos	0,66	0,42	56%
Hortalizas	0,76	0,44	72%
Oleaginosas	0,48	0,34	40%
Carne de pollo	3,82	2,73	40%

Fuente: SINAGAP, 2014.

Un aspecto importante que siempre se ha dejado de lado ha sido el consumo de alimentos para producir más alimentos. Por ejemplo, algunas autoridades¹⁵ sostienen que, según los productores, se estaría próximo a lograr la autosuficiencia en la producción de carne de pollo (según nuestro análisis aportan el 74% de la demanda); sin embargo, eso implica la necesidad de importar más alimento balanceado y con ello los riesgos que involucra y que ya se señalaron anteriormente (véase la Figura 5-7).

¹⁴ Algunos productos están expresados en su equivalente primario.

¹⁵ Entrevista con la Dra. Marilyn Cruz, directora de la ABG, realizada en las instalaciones de la ABG Santa Cruz en Galápagos.

La importancia del hiperciclo se aprecia mejor cuando se aplica el MuSIASEM en modo de escenarios. Por ejemplo, para el 2020 se estima que la población de Galápagos aumentará hasta las 33.000 personas (INEC, 2010a), si el consumo anual de pollo se mantuviera igual (22 kg/persona/año) la demanda de maíz aumentaría a 1.445 t/año. En cambio, si el consumo de pollo anual aumentara hasta el consumo de Chile registrado en el 2013 (30 kg/persona/año) (APA, 2015); la demanda de maíz aumentaría a casi 2.000 t/año (véase la Tabla 5-4).

Respecto al consumo humano, se aprecia que de las tres categorías elegidas, los residentes son los que tienen una dieta estimada con menor energía endosomática (1.135 kcal/persona), seguida de los turistas nacionales y extranjeros que van por vía tierra (1.720 kcal/persona). Así, la dieta estimada con mayor energía endosomática fue la de los turistas extranjeros por vía crucero y mixtos (2.310 kcal/persona). Aunque los valores energéticos de estas dietas son bajos – esto se debe a que no existe suficiente información para agregar una mayor cantidad de productos alimenticios y que son importantes, por ejemplo, productos de origen marino, carne de cerdo, leche, huevos, etc.- lo que se quiere resaltar aquí es como la gramática del MuSIASEM permite desagregar la información y contextualizarla dentro de un panorama integral.

Tabla 5-4 Escenarios sobre el consumo de carne de pollo para el 2020

Año	Personas	kg/persona/ año	carne de pollo (t)	Maíz (t)
2010	25.124	22	550	1.100
2020	33.000	22	723	1.445
2020	33.000	30	990	1.980

Fuente: APA, 2015; INEC, 2010a

En este sentido, este capítulo ha sido parte de un informe preliminar para la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador (SENPLADES), con la finalidad de mostrar la utilidad de este nuevo enfoque, los resultados que se pueden obtener y la carencia de información. En consecuencia, ya existe el compromiso de algunas instituciones gubernamentales para empezar a realizar estudios que vayan en esta línea y llenen los vacíos de información.

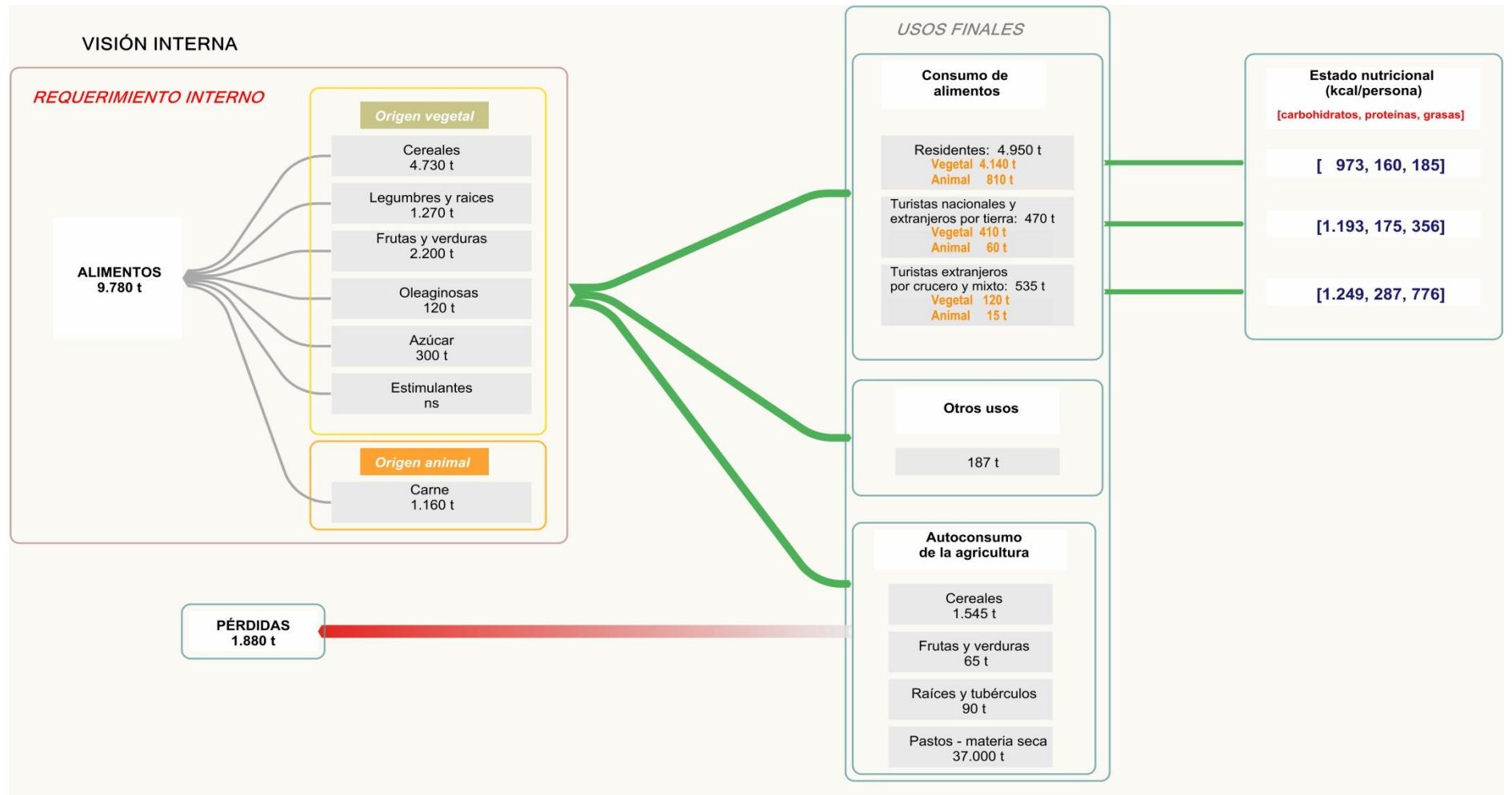
5.4 Discusión

La producción agrícola en el mundo entero está limitada por factores externos (tales como las condiciones climáticas, la disponibilidad de suelo y de agua, las características edafológicas, etc.) y por factores internos (como por ejemplo, la viabilidad económica). En el caso Galápagos, es muy evidente la limitación por ambos factores, en especial, por la falta de agua y la baja viabilidad económica. Por estos motivos, la producción de alimentos es muy limitada y se basa en frutales y carne de res. Esto se explica porque son aquellos productos que no demandan mucha mano de obra (y en consecuencia, aumenta la viabilidad económica) y no requieren de buenos suelos y de agua (por unidad de valor añadido cuando se compara con otros productos agrícolas).

Así pues, la producción de carne de res se ha convertido en un mecanismo de generación de ingresos monetarios comparativamente menos exigente, ya que la mano de obra requerida para su producción es mucho menor que la requerida para un cultivo agrícola.

En la actualidad, la importación de carne de res está prohibida debido a que la producción local abastece completamente la demanda. Sin embargo, un aumento de la población local y de los turistas provocaría un aumento de la demanda de carne y, necesariamente, un aumento de producción; o tal vez un cambio en la regulación que empiece a permitir la importación de este producto. De hecho, la idea de mantener una autosuficiencia total de carne de res en las Isla debería suponer un incremento de la superficie de pastizales utilizados o un cambio hacia un modo de

Figura 5-8 Visión interna del sistema alimentario del Archipiélago de Galápagos



Fuente: véase el apartado 5.2

producción intensivo que, a su vez, generaría una demanda adicional de pienso animal desde el continente.

Por otro lado, la producción de carne de pollo no es una buena opción porque requiere una alta inversión económica, una mayor demanda de mano obra y genera problemas de seguridad en el ecosistema. A pesar de que no requiere una enorme cantidad de agua en comparación con la producción de carne de res, la calidad de ésta es un factor limitante. Especialmente, si se toma en consideración que la calidad del agua para el uso humano no es de óptima calidad.

La importación de alimentos tiene al menos tres repercusiones evidentes: en el ecosistema del archipiélago, en el costo de los alimentos y en la nutrición de las personas. Respecto a las repercusiones sobre el ecosistema, se puede decir que la mayor parte de productos de origen orgánico se traen por vía marítima, alrededor del 80% (ABG, 2013); siendo este medio por donde suelen llegar las especies invasoras que representan un peligro potencial para el ecosistema de las Islas (por ejemplo, los ratones que se comen los huevos de las tortugas).

Por su parte, el costo de los alimentos traídos desde el continente mantiene una relación de dependencia con el precio de los combustibles, lo cual implica que un aumento inusitado de este último podría incidir directamente en el acceso a los alimentos por parte de los residentes.

Respecto a la nutrición de las personas, los barcos de carga generalmente no poseen los equipos necesarios para la correcta manipulación de los alimentos transportados. Esta situación se traduce en un deterioro de los productos y en la pérdida de una fracción de los alimentos transportados y la pérdida de las propiedades organolépticas de los que llegan.

La pérdida de alimentos constituye un punto clave a la hora de diseñar un plan de desarrollo sostenible en Galápagos. Según un estudio de la FAO, se estima se desperdicia un tercio de la producción mundial de alimentos (FAO, 2012c). Esto implica que cuando se pierden y se desperdician los alimentos, también se

desperdician los recursos que se utilizaron, tales como el agua, los suelos, la energía, etc. Aunque es muy posible que la pérdida en la cadena de comercialización en el Archipiélago sea inferior a la del continente, debido a que son los mismos productores los que lo comercializan en los mercados. Por eso se hace necesario realizar un estudio que permita identificar dónde ocurren las pérdidas para mejorar la utilización de los recursos.

5.5 Conclusiones

Los resultados muestran que, en un sentido general, el sistema agropecuario del Archipiélago es muy rudimentario, es decir, que carece de una organización gremial o de asociaciones de productores, está poco tecnificado, sus procesos carecen de planificación, hay abandono de las plantaciones y rendimientos muy bajos en los existentes. El destino de los productos es fundamentalmente el autoconsumo y la venta en el propio Archipiélago. Sólo el café se exporta al continente. El atractivo económico y social representado por el turismo juega un papel importante en este estado de la producción agropecuaria.

Asimismo, ha quedado reflejado que las limitaciones externas e internas hacen imposible que se llegue a una autosuficiencia alimentaria. Por lo tanto, se hace indispensable realizar una discusión participativa entre todas las partes implicadas para establecer que es lo mejor para los residentes y para el delicado ecosistema de Galápagos. Para ello, se debe tener un claro conocimiento de qué es lo que se puede hacer y cuáles son las restricciones de una expansión agropecuaria. De la misma forma, saber cuáles son los posibles impactos sobre el ecosistema que puedan surgir de adoptar cualquier decisión respecto al desarrollo agropecuario, ya sea en el ámbito de la biodiversidad o del turismo. Es precisamente en la generación de este conocimiento en donde la gramática del MuSIASEM puede desempeñar una función primordial, ya que permite integrar de manera coherente diversos aspectos: el nutricional, el demográfico y el biofísico.

Finalmente, como se ha podido ir observando a lo largo del capítulo, la gramática del MuSIASEM resulta ser una herramienta potente para representar, cuantificar los flujos e identificar los posibles obstáculos del sistema alimentario del Archipiélago. Además, al compatibilizar la información a través de niveles y complementarla con los SIG es posible evaluar la viabilidad hídrica de los futuros proyectos dirigidos a mejorar la producción agropecuaria del Archipiélago.

5.6 Referencias bibliográficas

- APA. (2015). Producción de carnes y consumo per cápita en Chile. *Actualidad*. Disponible en <<http://www.apa.cl/actualidad/noticia/25/produccion-de-carnes-y-consumo-per-cpita-en-chile>>. Revisado el 15-08-2015.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2015). Ley Orgánica de Régimen Especial de la Provincia de Galápagos - Segundo Suplemento. Año III N°520. Quito.
- Bermeo, P., Soria, A., y Santamaría, M. V. (2015). Actividades económicas en Galápagos. En *Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos* (pp. 167–208). CEPROEC-SENPLADES. Disponible en <http://ceproec.iaen.edu.ec/download/trs/IT2014_01.pdf>. Revisado el 12-07-2015.
- Brown, L. R. (2006). *Plan B 2.0: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble (información en el Capítulo 9)*. Washington D.C. Disponible en <http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/pb2ch09.pdf> Revisado el 08-04-2015.
- CGREG. (2015). Gobierno de Galápagos presentó nuevo tractor que estará al servicio de agro productores de San Cristóbal. *Comunicación*. Disponible en <<http://www.gobiernogalapagos.gob.ec/gobierno-de-galapagos-presento-nuevo-tractor-que-estara-al-servicio-de-agro-productores-de-san-cristobal/>> Revisado el 24-07-2015.
- Chiriboga, R., y Maignan, S. (2006). *Historia de las relaciones y elementos de la reproducción social agraria en Galápagos*. Ecuador.
- Doménech, J. (2004). Plaguicidas. Su efecto sobre la salud. *OFFARM*, 23(7), 108–114. Disponible en <http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?_f=10&pident_articulo=1306429>

9&pident_usuario=0&pcontactid=&pident_revista=4&ty=70&accion=L&origen=zonadelectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=4v23n07a13064299pdf001.pdf> Revisado el 28-07-2015.

DPNG; CGREG; FCD y GC. (2015). *Informe Galápagos 2013-2014*. Puerto Ayora.

Disponible en

<http://www.darwinfoundation.org/media/filer_public/11/55/1155bb44-6ae9-472c-9b7e-75e588c4d198/informegalapagos_2013-2014.pdf> Revisado el 03-03-2015.

Epler, B., Watkins, G., y Cárdenas, S. (2007). Los flujos financieros del turismo de Galápagos. In *Informe de Galápagos*. Ecuador: INGALA, PNF, FCD.

FAO. (n.d.). *Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities*. Disponible

<<http://www.fao.org/economic/the-statistics-division-ess/methodology/methodology-systems/technical-conversion-factors-for-agricultural-commodities/ar/>> Revisado el 02-02-2015.

FAO. (2012). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en el mundo*. Rome, Italy.

Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s00.htm>> Revisado el 02-04-2015.

FAO. (2014). FAOSTAT. Disponible en <<http://faostat.fao.org/>> Revisado el 05-01-2015.

FUNDAR. (2005). Proyecto Zamorano - Galápagos.

<<http://www.fundargalapagos.org/portalj/index.php/proyecto-zamorano-galapagos-proyectosanteriores-68.html>> Revisado el 20-08-2015.

GADMI y FSG. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2012-2016*.

Guayaquil.

Gottdenker, N., Walsh, T., Vargas, H., Merkel, J., Jiménez, G., Miller, E., ... Parker, P. (2005). Assessing the risks of introduced chickens and their pathogens to native birds in the Galápagos Archipelago. *Biological Conservation*, 126, 429–

439.

Grehan, J. (2001). Biogeography and evolution of the Galapagos: integration of the biological and geological evidence. *Biological Journal of the Linnean Society*,

74, 267–287.

INEC. (2001). *VI Censo de población y V de vivienda*. Quito Ecuador. Disponible en

<<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>> Revisado el 07-01-2015.

- INEC. (2010a). *¿Cómo crecerá la población en Ecuador?* Disponible en <http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf> Revisado el 15-08-2015.
- INEC. (2010b). *VII Censo de Población y VI de Vivienda 2010*. Quito Ecuador. Disponible en <<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>> Revisado el 07-08-2015.
- INEC - MSP. (2012). *Encuesta de Salud y Nutrición 2012*. Disponible en <<http://www.salud.gob.ec/encuesta-nacional-de-salud-y-nutricion-ensanut/>> Revisado el 14-12-2014.
- INEC-CGREG. (2009). Encuesta de Condiciones de Vida Galápagos. Disponible en <http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=93> Revisado el 11-12-2014.
- Jackson, M. (1999). *Galapagos. A natural history* (Fifth prin.). Canada: University of Calgary Press.
- Josse, C., y Cano, V. (2001). Iniciativas para la conservación de la biodiversidad in situ y ex situ. In *La biodiversidad en Ecuador: informe 2000*. Quito: MAE-Ecociencia-UICN.
- Liu, J., y D'Ozouville, N. (2013). *Contaminación del agua en Puerto Ayora: Investigación interdisciplinaria aplicada utilizando Escherichia coli como una bacteria indicador. Informe Galápagos 2011-2012*. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador. Disponible en <<http://www.galapagos.org/wp-content/uploads/2013/06/2013-10-HUMAN-SYS-water-contam.liu-dozouville.pdf>> Revisado el 20-08-2015.
- Llive, F., Cadillo, J., Liger, B., Rosero, G., Fraga, E., y Ramos-Martín, J. (2015). *Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador* (No. 2015-04). Quito Ecuador. Disponible en <[http://ceproec.iaen.edu.ec/download/wps\(2\)/2015_04.pdf](http://ceproec.iaen.edu.ec/download/wps(2)/2015_04.pdf)> Revisado el 08-08-2015.
- MAGAP. (2014). La política intrasectorial agropecuaria ecuatoriana: hacia una transformación del Sector: 2015-2020.
- Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2010a). *The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Volume 1: Main report*. N° 47. Delft, The Netherlands.
- Mekonnen, M. M., y Hoekstra, A. Y. (2010b). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE. Delft, the Netherlands.

- Mena, P. (2015). ¿Cuánto cuesta vivir en las Islas Galápagos? *BBC*. Disponible en <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/06/150612_ecuador_galapagos_costo_vida_protestas_correa_aw>. Revisado el 20-08-2015.
- Meneses, P., Verdesoto, S., Arroba, F., Jaramillo, S., Liger, B., y Gualapuro, M. (2015). Fondos Naturales. En *Diagnóstico y análisis biofísico para evaluación y formulación de escenarios de desarrollo en el Archipiélago de Galápagos* (pp. 20–51). Quito Ecuador: IAEN-SENPLADES. Disponible en <http://ceproec.iaen.edu.ec/download/trs/IT2014_01.pdf> Revisado el 12-08-2015.
- OTG. (2014). Base de Datos Observatorio de Turismo de Galápagos. Ecuador: Observatorio de Turismo de Galápagos.
- Rosero, G., Llive, F., Fraga, E., y Cadillo, J. (2015). *El impacto económico del uso de combustibles fósiles en el sector agrícola del Ecuador*. Quito Ecuador.
- Taylor, J., y Hardner, J. (2006). *Ecotourism and economic growth in the Galápagos: An island economy-wide analysis*. California.
- UNESCO. (2009). Lista del Patrimonio de la Humanidad. Disponible en <http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=45692&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html> Revisado el 06-01-2015.
- UNESCO. (2010). Lista del Patrimonio Mundial en Peligro. Disponible en <http://www.unesco.org/new/es/media-services/single-view/news/list_of_world_heritage_in_danger_world_heritage_committee_inscribes_the_tombs_of_buganda_kings_uganda_and_removes_galapagos_islands_ecuador/#.VINCLzGG-So> Revisado el 20-01-2015.
- Vega, H. (2013). *Ecuador Galapagos Coffee Production and Commercialization*. Quito Ecuador.
- WILDAID. (2012). *La Cadena de cuarentena. Galápagos*. San Francisco, CA.

6 CARACTERIZACIÓN MULTI-ESCALA DEL SISTEMA ALIMENTARIO DEL ECUADOR¹⁶

Resumen

Según el Artículo 281 de la Constitución Política del Ecuador, “la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”. Para la consecución de este objetivo es necesario implementar nuevas estrategias y políticas que estén en concordancia con la realidad del país y que mantengan un equilibrio entre el adecuado abastecimiento de alimentos para el consumo nacional, la producción de alimentos destinado a la exportación que generan divisas para el país y la conservación de los ecosistemas. Esta labor implica conocer la disponibilidad de recursos (tales como el agua, la energía, los alimentos y el suelo) y la conexión entre ellos, para gestionarlos de la manera más adecuada. A partir de ello, en este capítulo se demuestra como una caracterización multi-escala a través de la gramática del MuSIASEM permite apreciar las oportunidades e impedimentos que tendría el Ecuador para alcanzar la autosuficiencia alimentaria. También, se muestra también el modo simulador del MuSIASEM que proporciona escenarios para la evaluación de la factibilidad, viabilidad y deseabilidad de políticas públicas.

6.1 Introducción

En la actualidad la soberanía alimentaria¹⁷ es uno de los objetivos estratégicos de mayor relevancia en muchos Estados del mundo. En el caso ecuatoriano ello ha sido

¹⁶ Este capítulo es una versión modificada del informe presentado dentro del Convenio Interinstitucional de Colaboración entre el Honorable Consulado General del Ecuador en Barcelona, SENPLADES y la Asociación Científica LIPHE4. Asimismo, se agradece los aportes realizados por el equipo de SENPLADES, en especial de Evelyn Fraga y Gabriel Rosero.

¹⁷ Aunque el concepto de Soberanía Alimentaria fue introducido por Vía Campesina en Roma (1996) definiéndola como “derecho de los pueblos, de sus países o uniones de Estados a definir su

elevado a rango constitucional, a partir de la incorporación del artículo 281, en el cual se plantea que este “objetivo estratégico” es una “obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”. De modo que el Estado ecuatoriano se encuentra en el deber de diseñar y ejecutar una planificación de políticas públicas capaz de dar cuenta de los retos que la “soberanía alimentaria” representa, así como de adecuar su marco jurídico-normativo a las exigencias constitucionales. Quizás uno de los principales desafíos se refiere a encontrar el equilibrio perfecto entre la producción para el consumo interno, la producción con fines de exportación junto a la política de conservación ecosistémica que también figura como uno de los mandatos constitucionales.

Para superar este desafío el Estado ecuatoriano requiere realizar un análisis de los recursos disponibles, por ejemplo, agua, recursos energéticos, alimentos, suelo, entre otros, para así garantizar un manejo responsable de los mismos; vale acotar que este proceso de identificación y mapeo debe considerar la relación sistémica de los recursos y superar la visión aislada.

En este sentido, la gramática del MuSIASEM es una herramienta operativa que hace posible caracterizar el patrón metabólico de los alimentos en una manera que hace posible de estudiar la relación entre la población y la disponibilidad de alimentos necesaria para su supervivencia. De manera más importante, el enfoque señalado gracias a su sistema de contabilidad, permite una mejor comprensión de los factores biofísicos, sociales, culturales y económicos involucrados en la producción y

alimentación y su agricultura, a proteger y regular la producción y el mercado nacional de los productos agrícolas con el objetivo de conseguir los objetivos de desarrollo sostenible, a determinar el grado de autosuficiencia y a limitar el “dumping” de productos alimenticios a sus mercados nacionales”. En febrero del 2007, en la Declaración de Nyéleni (Mali) se definió a la Soberanía Alimentaria como “el derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesible, producidos de forma sostenible y ecológica, y su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo”.

el consumo de alimentos, así como la interacción entre ellos, lo cual ofrece mayor información para la toma de decisiones.

El desarrollo de este capítulo se compone de seis secciones; en la sección dos se plantea el debate sobre el proceso de transformación de la matriz agroproductiva de Ecuador, acoplada ahora al mandato constitucional, es decir, concentrada en el concepto de “soberanía alimentaria” y considerando elementos transversales como los requerimientos nutricionales, la protección de los ecosistemas. En la sección tres se considera la circulación de los alimentos desde su producción hasta su uso final, esto es lo que muestra la operacionalización de la gramática del MuSIASEM. En la cuarta sección se revisa la potencialidad y plausibilidad de la soberanía alimentaria en Ecuador sobre la base del diagnóstico realizado bajo el enfoque MuSIASEM. Mientras tanto, en la sección cinco, se realiza un ejercicio de diseño de escenarios de Ecuador 2035 relacionado a los requerimientos e insumos necesarios para el logro de los objetivos, considerando simultáneamente el consumo y los factores de producción. Finalmente, se presenta las conclusiones.

6.2 Cambio de perspectiva sobre el desarrollo del sistema agrícola

Ecuador, como se ha advertido anteriormente, privilegió desde inicios del siglo XX una política agroproductiva orientada a la producción con fines de exportación. La nueva Constitución, por su parte, ha desplazado aquella mirada e incorporado la noción de soberanía alimentaria. De modo que el país se encuentra actualmente en un proceso de migración que implica una reordenación general de la gestión agroproductiva.

La orientación exportadora de la producción agrícola ecuatoriana ha tenido efectos en las formas de organización social, política y cultural de las comunidades campesinas y sobre la gestión del medio ambiente (Rosero et al., 2011). El nuevo modelo impulsado por mandato constitucional tiene la necesidad de correlacionar lo actual –modelo agroexportador– con las exigencias alimentarias nacionales, sin

menoscabar los posibles logros alcanzados por su predecesor, de forma que logre alcanzar un equilibrio favorable para el desarrollo y la convivencia social.

De hecho, si se analiza la industria agroalimentaria a nivel internacional, pronto se concluye la necesidad y conveniencia de construir un modelo armónico que combine y considere simultáneamente la exportación con los requerimientos alimentarios internos y la protección ambiental.

6.3 La Gramática de los alimentos

Con la finalidad de caracterizar el patrón metabólico de los alimentos en Ecuador, se muestra, en la Figura 6-1, la gramática propuesta, la cual es idéntica a la que se presentó para el caso de Galápagos. La gramática propuesta para el análisis del patrón metabólico de los alimentos en Ecuador sirve para obtener un diagnóstico de la situación actual que, simultáneamente, permite el diseño de estrategias y políticas públicas de cara al cumplimiento de los objetivos planteados, tomando en cuanto las dimensiones de factibilidad, viabilidad y deseabilidad.

La caracterización del patrón metabólico de los alimentos permite también organizar los factores de producción en categorías de flujo y fondo, según corresponda. En este caso particular, el suelo y la actividad humana han sido considerados como fondo, mientras que la energía, los fertilizantes y los pesticidas se han ubicado como flujo.

6.3.1 Visión externa

Los alimentos, como se puede observar en la Figura 6-2, se han agrupado en doce categorías: cereales, raíces-tubérculos-legumbres, caña de azúcar, oleaginosas, frutas-verduras, estimulantes, soya, carnes, leche-huevos, pescados-crustáceos, cebada (no fue incluido en el grupo de cereales ya que está principalmente destinada a la producción de cerveza) y pastos (considerando que se ubica como integrante principal de la dieta del ganado en Ecuador). Para ello, se ha realizado una corrección al Balance Alimentario elaborado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y se ha utilizado este como fuente de

Figura 6-1 Gramática diseñada para caracterizar el sistema alimentario del Ecuador

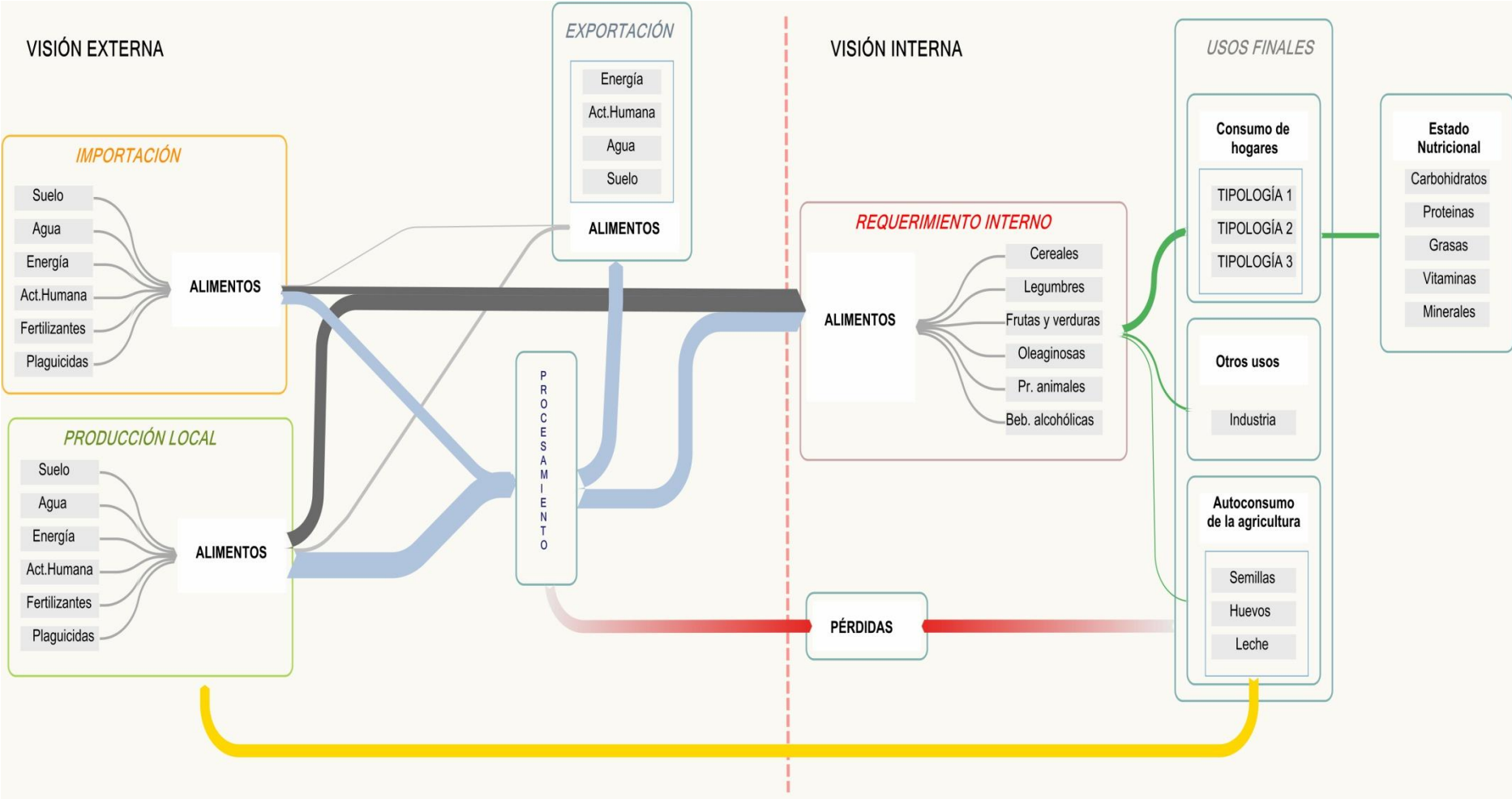
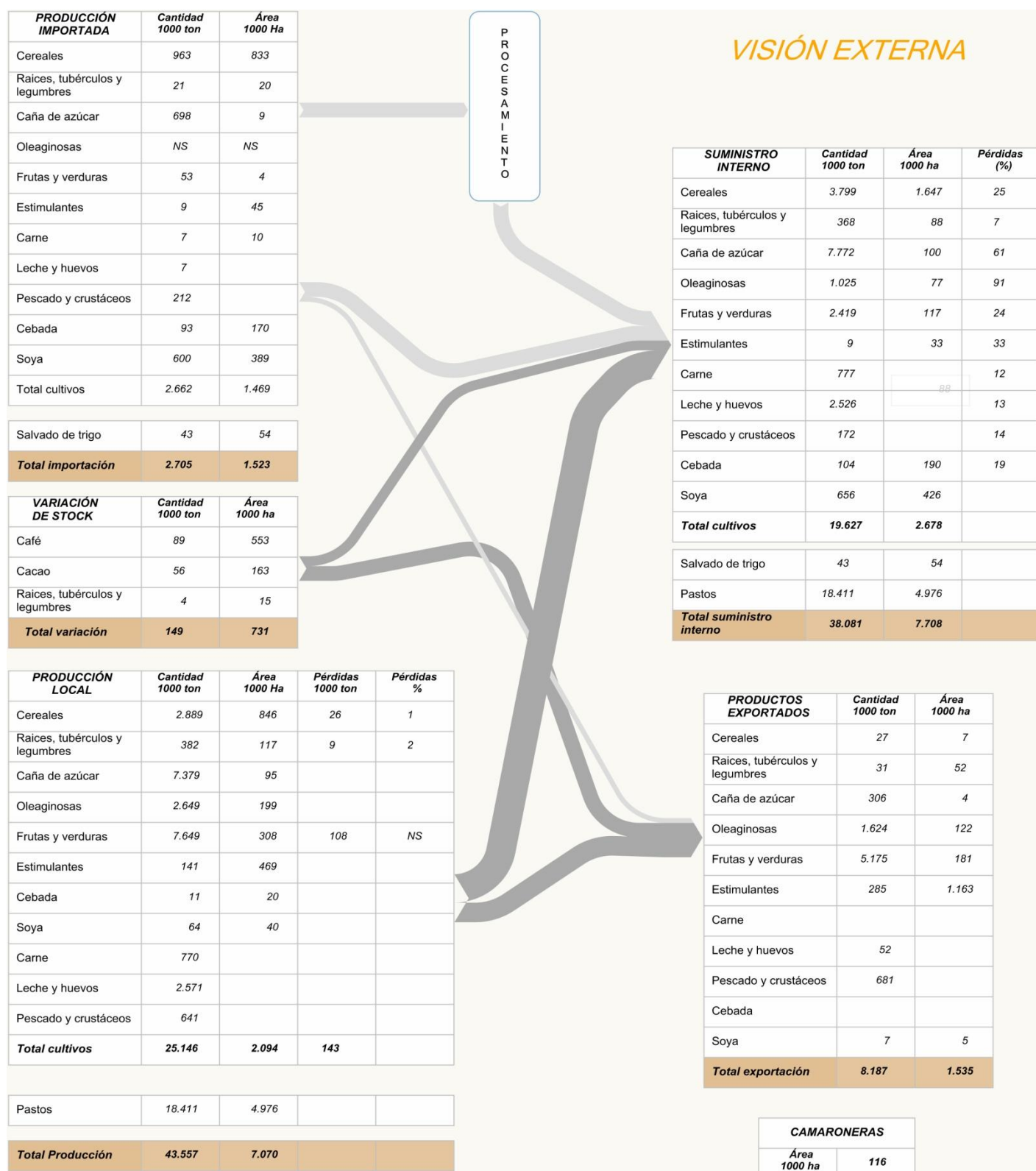


Figura 6-2 Visión externa del Patrón Metabólico de los Alimentos del Ecuador – 2012



(ns = no significativo)

Fuente: Elaboración propia en base a (MAGAP, 2012a)

información (MAGAP, 2012a) (véase el Anexo 4). Sin embargo, para ofrecer mayor coherencia a los productos de cada categoría se realizó una transformación desde los productos derivados hasta sus productos primarios, a través de coeficientes de conversión proporcionados por el MAGAP y la FAO (FAO, n.d.). En el caso de la cerveza, fueron utilizados los datos del balance alimentario del 2011 (FAO, 2014a) y los coeficientes de conversión de (Cerveceros, 2014; FAO, n.d.). Asimismo, se han utilizado los datos del Banco Central del Ecuador (BCE, 2014) para actualizar la cifra de exportación de cerveza. Mientras tanto, para la categoría de pescados-crustáceos se han tomado los datos del Balance Alimentario 2011 (FAO, 2014a). Finalmente, en cuanto al cálculo de la materia seca producida a partir de pastos se ha utilizado la información de los costos de producción (MAGAP, 2012b); mientras que para el cálculo de la superficie requerida de pastos por cabeza de ganado vacuno se consideró 1 hectárea por cabeza de ganado¹⁸.

Para el año 2012, la producción nacional de alimentos alcanzó la cifra de 25 millones de toneladas aproximadamente. Las categorías que tuvieron un mayor aporte fueron las frutas y verduras (7,6 millones de toneladas) y la caña de azúcar (7,4 millones de toneladas). En la producción total se utilizaron cerca de 2,1 millones de hectáreas de terreno, aproximadamente el 19% del uso total del suelo¹⁹ para ese mismo año (véase Tabla 6-1).

Cabe destacar que las diferencias apreciadas entre el valor estimado proporcionado y el valor presentado en la Tabla 6-1 ocurre como consecuencia de seleccionar la información más fiable para el desarrollo de la gramática de los alimentos. Ello sugiere que existe una cantidad limitada de terreno para la ampliación de la frontera agrícola; de modo que las opciones más realistas para ello consisten en: a) cambiar el tipo de cultivo; b) aumentar la productividad del suelo; o

¹⁸ Este valor corresponde a las recomendaciones del especialista Gabriel Rosero (comunicación personal, 26 de junio del 2014). Nota: este autor no se expone en las referencias.

¹⁹ En este informe el uso del suelo se refiere a la categoría de utilización de las tierras en el sector rural del país. Ello comprende cultivos permanentes, cultivos transitorios, suelos en descanso, pastos cultivados, pastos naturales, páramos, montes y bosques y otros usos (INEC, 2012).

c) deforestar bosques. Por supuesto, cualquiera de estas decisiones conlleva efectos que deben ser evaluados y explicados posteriormente.

El histórico modelo agroexportador se hace evidente al cotejar que la mayor parte de la producción de frutas y verduras se destina a la exportación (5,2 millones de toneladas), lo cual supone dedicar alrededor de 180 mil hectáreas de producción. La segunda mayor cifra de uso de los suelos le corresponde al cultivo de estimulantes (469 mil hectáreas), lo cual se explica si consideramos que la producción de cacao tiene un bajo rendimiento; por ejemplo, el rendimiento promedio del período 2000-2012 fue de 0,37 ton/ha (MAGAP, 2014b). Una vez desarrollado la gramática del MuSIASEM será posible obtener nuevas pistas sobre el bajo rendimiento de este cultivo, gracias al cruce con otras dimensiones de análisis como la aptitud del suelo, la disponibilidad hídrica, la calidad de las semillas, los incentivos económicos y la actividad humana. Debe destacarse aquí la gran cantidad de café estimada para la variación de stock, para lo cual es importante precisar que el valor observable en la Tabla 6-2 corresponde al valor de café equivalente, el cual requeriría, tomando en cuenta el rendimiento del año 2012 (MAGAP, 2014b), una superficie de 553 mil hectáreas (5% del uso total de suelos).

Siguiendo con el uso relativo de superficies, encontramos que la producción de cereales ocupa la primera posición, con 846 mil hectáreas cultivadas. Dentro de esta categoría destacan dos productos, el arroz y el maíz amarillo, cuyo uso final de este último se relaciona principalmente con la alimentación animal. En particular, entre ambos productos, para el año 2012, alcanzaron la cifra de 2,8 millones de toneladas de producción (1,6 millones de arroz y 1,2 millones de maíz), para lo cual se destinaron aproximadamente 371 mil hectáreas en el caso del arroz y 330 mil en el caso de maíz. Vale acotar que mientras buena parte del maíz es utilizado para la dieta animal, se observa una alta importación de los derivados del trigo para consumo humano.

Tabla 6-1 Uso del suelo en el Ecuador (2012)

Uso del suelo	Superficie	%
Cultivos permanentes	1.383	11,6%
Cultivos transitorios	1.020	8,6%
Descanso	127	1,1%
Pastos cultivados	3.553	30,0%
Pastos naturales	1.423	12,0%
Páramos	608	5,1%
Montes y bosques	3.583	30,1%
Otros usos	206	1,7%
Total	11.904	100%

Fuente: INEC, 2012

En definitiva, en la Tabla 6-2 es posible observar la relación entre el abastecimiento de la sociedad ecuatoriana y la exportación de alimentos. Dicha estimación se ha realizado sobre la base de los rendimientos de producción de cultivos en Ecuador para el año 2012. Se evidencia que la variación de stock tiene como principal destino la exportación. Asimismo, si la sociedad ecuatoriana se propone producir los alimentos que actualmente importa, sería necesario incorporar más de 1,5 millones de hectáreas a la producción, esto es, un 13% del uso del suelo.

El consumo interno para el funcionamiento de la sociedad ecuatoriana se ha calculado de la siguiente forma:

$$\text{Consumo Interno} = P + I + VS - E$$

Donde:

(P) corresponde a la producción local, (I) son las importaciones, (VS) es la variación de stock (este valor puede ser positivo, cuando se añade un flujo de

alimentos proveniente de las reservas; o negativo, cuando se sustrae un flujo de alimentos como reserva) y (E) son las exportaciones.

Una vez aplicada la fórmula, se obtiene que para el año 2012 las necesidades internas de Ecuador suponían alrededor de 20 millones de toneladas de alimentos (véase la Tabla 6-3). Vale acotar que las diferencias observadas entre las categorías no implican jerarquía alguna; por el contrario, la armonía se genera al combinar adecuadamente la cantidad de las diversas categorías tomando en cuenta la dieta ecuatoriana.

Al momento de evaluar el potencial agropecuario de Ecuador Tabla 6-3 es posible afirmar que existe una gran capacidad para el autoabastecimiento de la población en la mayoría de las categorías estudiadas, asumiendo que la producción local se destina prioritariamente al mercado nacional. Es necesario advertir, igualmente, que se observan algunas limitaciones para el abastecimiento de cereales, ya que no supera el 75% de la demanda; una situación similar se evidencia en el caso de la cebada –cereal estudiado de manera independiente–, para el cual la producción nacional solo cubre el 11% de la demanda interna.

El enfoque MuSIASEM facilita la desagregación de información en diversos niveles, lo cual permite superar las limitaciones y posibles errores de interpretación de los datos agrupados en niveles superiores. Tomando ello en cuenta, en la Tabla 6-3 sólo es posible observar lo que se ha afirmado anteriormente: la producción local de cereales solo cubre el 75% de la demanda interna. Sin embargo, si nos enfocamos en un nivel inferior, como se puede observar en la Figura 6-3, se evidencia que el trigo es el cultivo que afecta en mayor proporción este resultado. Cabe señalar que durante las últimas tres décadas existe una tendencia decreciente en la producción de trigo en Ecuador, la cual, valga acotar, siempre ha sido deficitaria. Las tierras que antes eran destinadas al trigo se han convertido, en buena medida, en pastizales para la cría de ganado vacuno, el cual es más rentable.

Tabla 6-2. Flujo de alimentos entre la sociedad ecuatoriana y las demás sociedades 2012

Categoría	Producción local		Variación de stock		Exportación		Importación ²⁰	
	Cantidad	Área	Cantidad	Área	Cantidad	Área	Cantidad	Área
	(1.000 t)	(1.000 ha)	(1.000 t)	(1.000 ha)	(1.000 t)	(1.000 ha)	(1.000 t)	(1.000 ha)
Cereales	2.889	846	-	-	27	7	963	833
Raíces y tubérculos	356	50	-	-	16	2	16	2
Caña de azúcar	7.379	95	-	-	306	4	698	9
Legumbres	26	67	4	15	15	50	5	18
Oleaginosas	2.713	239	-	-	1.631	126	600	389
Hortalizas	63	3	-	-	20	2	44	3
Frutas	7.586	305	-	-	5.156	180	9	NS ²¹
Estimulantes	141	469	145	716	285	1.163	9	45
Café	7	78	88	553	99	622	6	36
Carnes	770	-	-	-	-	-	7	10 ²²
Leche y huevos	2.571	-	-	-	52	-	7	-
Pescado y crustáceos	641	-	-	-	681	-	212	
Cebada	11	20	-	-	0	-	81	147
TOTAL	25.146	2.094	149	731	8.189	1.534	2.650	1.456

Fuente: Elaboración propia en base a (MAGAP, 2012a)

²⁰ Las importaciones incluyen un estimado de semillas, el cual fue determinado según las proporciones de semillas del balance alimentario.

²¹ No significativo

²² Este valor considera las hectáreas requeridas para producir los alimentos necesarios para la producción de carne importada.

Tabla 6-3 Potencial agropecuario del Ecuador

Categoría	Requerimiento interno (1000 t)	Abastecimiento local (1000 t)	Abastecimiento local %	Abastecimiento Importado (1000 t)	Abastecimiento importado %
Cereales	3.799	2.863	75%	936	25%
Raíces y tubérculos	352	352	100%	-	0%
Caña de azúcar	7.772	7.379	95%	393	5%
Legumbres	16	16	100%	-	0%
Oleaginosas	1.681	1.681	100%	-	0%
Hortalizas	88	63	72%	25	28%
Frutas	2.331	2.331	100%	-	0%
Estimulantes	9	9	100%	-	0%
Carnes	777	770	99%	7	1%
Leche y huevos	2.526	2.526	100%	-	0%
Pescado y crustáceos	172	172	100%	-	0%
Cebada	104	11	11%	93	89%
TOTAL	19.627	18.179		1.454	

Fuente: Elaboración propia en base a (MAGAP, 2012a)

Figura 6-3 Importancia del análisis multinivel

Producto	Requerimiento interno (1000 ton)	Abastecimiento local (1000 ton)	Abastecimiento local %	Abastecimiento Importado (1000 ton)	Abastecimiento importado %
Cereales	3.799	2.863	75%	936	25%

↓

PRODUCTO	Requerimiento interno (1000 ton)	Abastecimiento local (1000 ton)	Abastecimiento local %	Abastecimiento Importado (1000 ton)	Abastecimiento importado %
Arroz	1.616	1.566	97%	51	3%
Maíz amarillo duro en grano seco	1.516	1.215	80%	301	20%
Maíz suave en choclo	48	47	98%	1	2%
Maíz suave en grano seco	28	28	99%	0	1%
Trigo en grano	591	7	1%	584	99%

6.3.2 Visión interna

De esta manera, es posible conocer el estado nutricional de la población según la tipología deseada, así como identificar el consumo para el funcionamiento del propio sistema agropecuario ecuatoriano. Los resultados preliminares de este ejercicio para el año 2012 se presentan en la Figura 6-4. Para el cálculo se han tomado en consideración las pérdidas y desperdicios ocurridas en la distribución y en los hogares (FAO, 2012), así como las contabilizadas en el Balance Alimentario del MAGAP.

Uno de los propósitos de la gramática del MuSIASEM es cotejar la información publicada en el Balance Alimentario con el consumo de la ciudadanía según la tipología de hogares deseada. Así es posible alcanzar un análisis integral y pertinente sobre los requerimientos de información necesarios.

Preliminarmente, el cálculo de consumo es de 452 kg/persona/año. Los tipos de energía se dividen analíticamente en dos: endosomática y exosomática (Lotka, 1956); la primera se refiere a la que proporcionan los alimentos para el funcionamiento de los seres humanos y animales; la segunda, es la utilizada para labores cotidianos bajo control humano pero no es transformada en el cuerpo humano, por ejemplo, la energía eléctrica, los combustibles o la tracción animal. En cuanto a la energía endosomática, el consumo

aparente de la población ecuatoriana es de 2.043 kcal/persona/día, superior a la media de requerimientos (1.850 kcal/persona/día) mínimos presentada por FAO para los países de América Latina y el Caribe en el período 2003-2005 (FAO, 2009); sin embargo, Ecuador registra una tasa de subalimentación del 16,3% en el período 2011-2013 (FAO, 2014b). Para identificar las causas que determinan esta situación, se torna necesario desagregar la información por tipología de hogares, con la finalidad de conocer la realidad del acceso a los alimentos junto a su ubicación geográfica y socioeconómica.

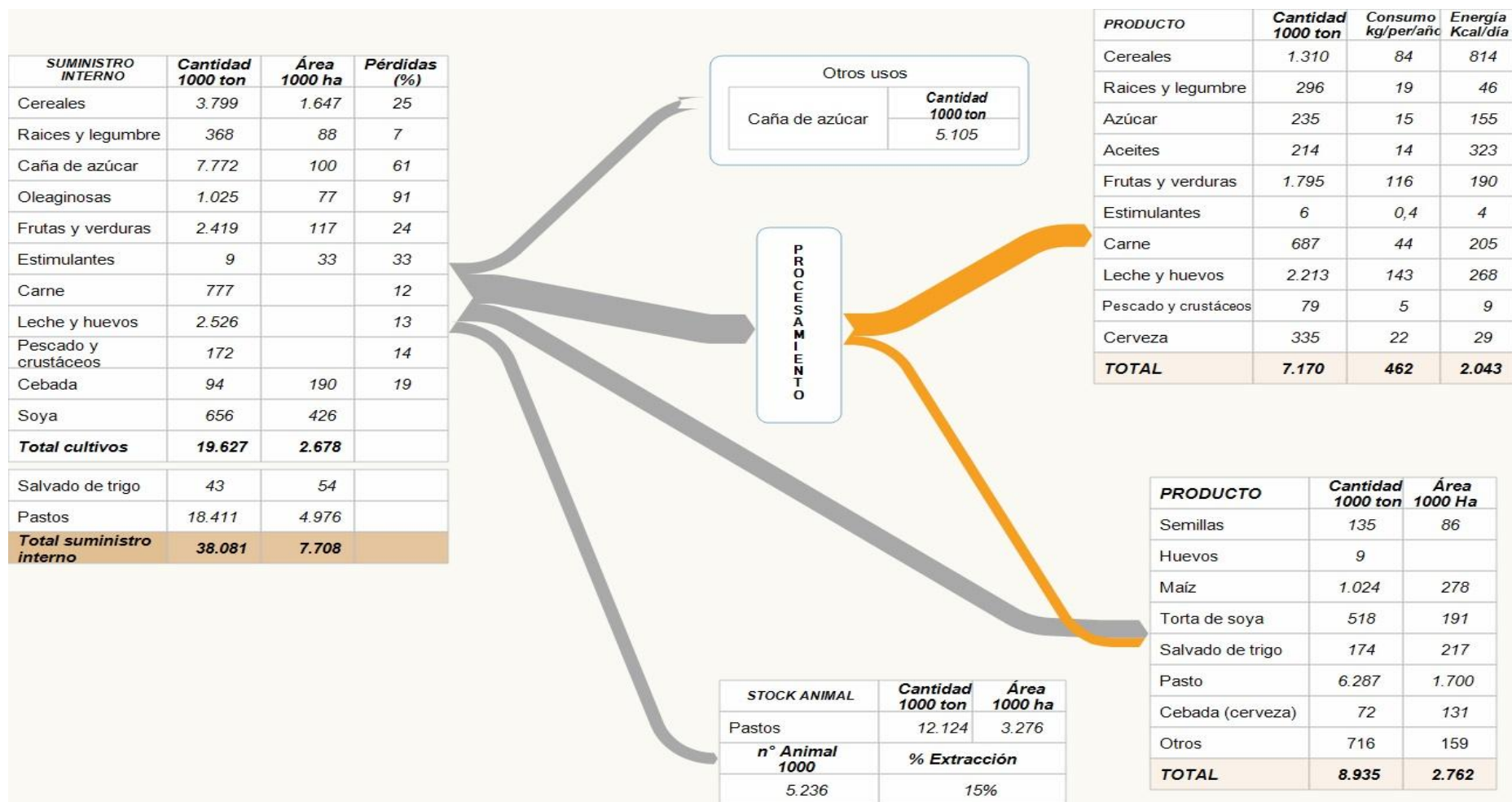
En cuanto a la principal fuente de energía endosomática, se observa que los cereales proporcionan el 40%, mientras que los productos oleaginosos le siguen de lejos con el 16% (Figura 6-5). Vale acotar que el consumo de cerveza en Ecuador es de 22 kg/persona/año es relativamente bajo en comparación con otros países de la región, como el fronterizo Perú, con 38,8 kg/persona/año (FAO, 2014a)

El autoconsumo del sistema agropecuario supera los 9 millones de toneladas, equivalentes al uso de 2,8 millones de hectáreas, tal como se puede ver en la Figura 6-4. Esta elevada cantidad de terrenos es determinada por las grandes extensiones de pastizales necesarias para la cría de ganado vacuno. Según los expertos²³, la tasa de extracción del ganado vacuno sacrificado para carne fue del 12%.

Por su parte, la producción de maíz en grano duro para alimento animal ha mantenido una tendencia creciente en los últimos años (Figura 6-6), con lo cual se ha logrado, para el año 2012, un porcentaje de autoabastecimiento superior al 80%, gracias al uso de 330 mil hectáreas. Este aumento en la producción se encuentra relacionado con un aumento en la producción de carne avícola en Ecuador, que consume maíz como pienso, la cual ha logrado abastecer plenamente la demanda local con carne de pollo. El consumo de esta carne, para el año 2012, alcanzó una media de 26 kg/persona/año, cifra levemente inferior a las registradas por el MAGAP (29 kg/persona/año), luego de aplicar una reducción por pérdidas y desperdicios en distribución y hogares.

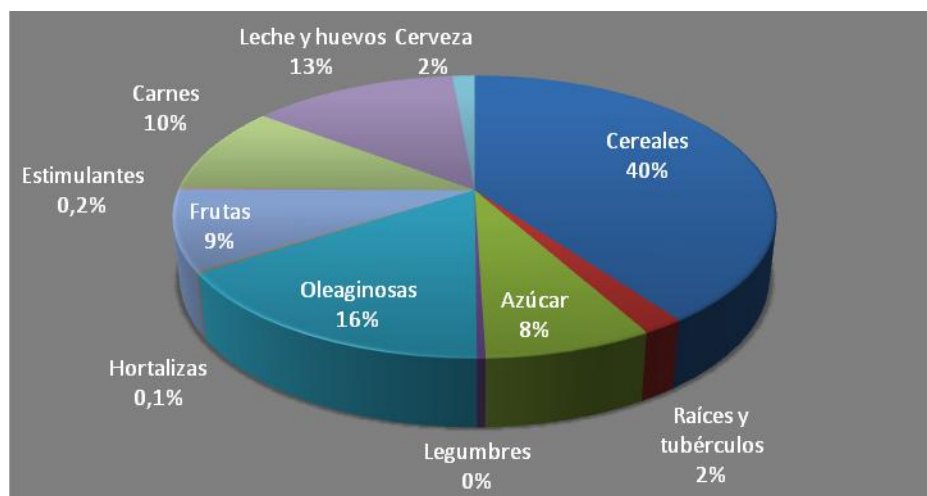
²³ Valor señalado por el ingeniero Gabriel Rosero de la SENPLADES

Figura 6-4 Visión interna del Patrón Metabólico de los Alimentos del Ecuador -2012



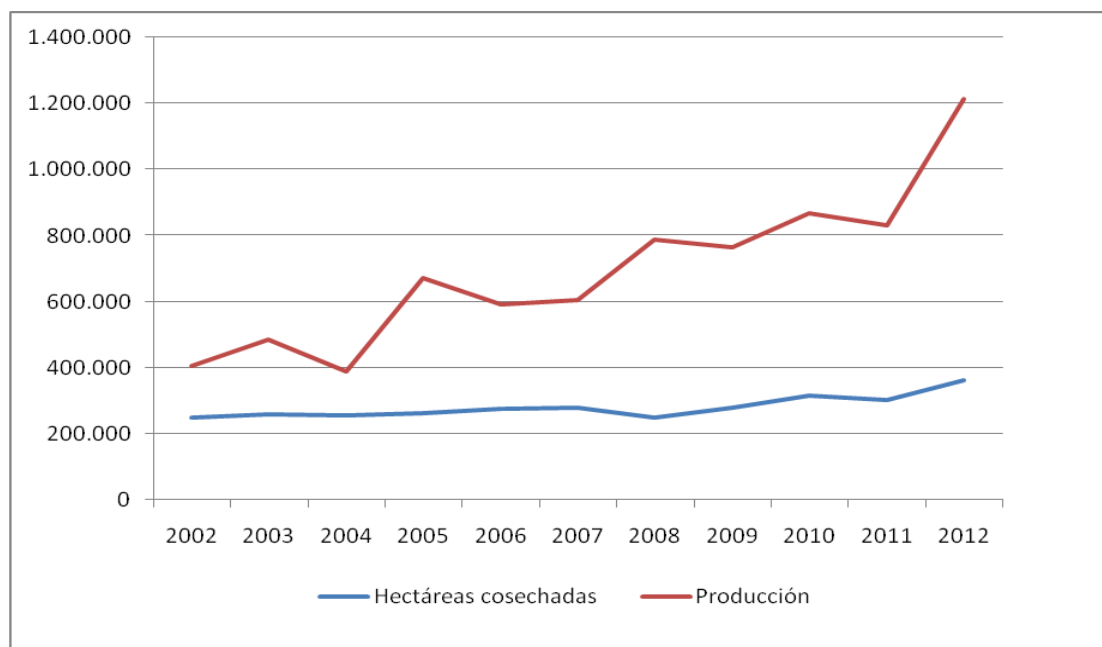
Fuente: Elaboración propia con datos de (MAGAP, 2012a)

Figura 6-5 Porcentaje de energía endosomática según categoría de alimento



Fuente: (MAGAP, 2012a)

Figura 6-6 Tendencia de la producción de maíz de grano duro para pienso de animales



Fuente: (MAGAP, 2014a)

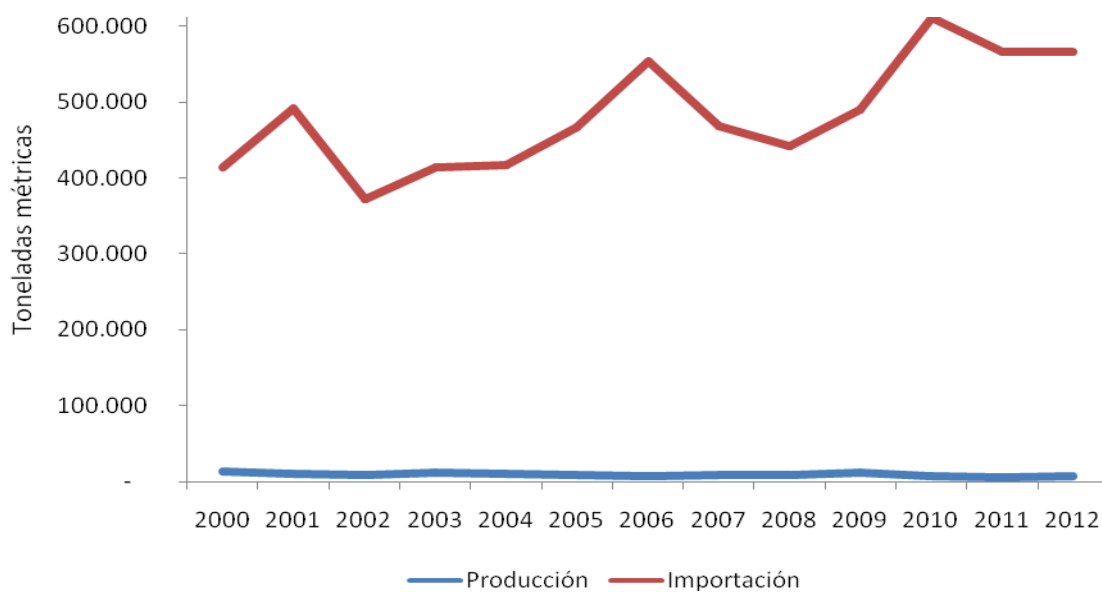
6.4 La Soberanía alimentaria

El alto potencial que para el año 2012 tenía Ecuador para abastecer la demanda interna en la mayoría de los productos, contrasta con la dependencia en la importación de cereales (Figura 6-7), especialmente el trigo; en este caso, el análisis de la visión interna permite advertir que el 11% de la energía endosomática (proveniente de la comida) utilizada por los ecuatorianos proviene de este cereal. En ese sentido, debe considerarse que este hecho afecta no sólo la soberanía alimentaria sino, sobre todo, la seguridad alimentaria, pues el precio de los cereales importados está determinando, en buena medida, por el precio internacional de los combustibles, la oferta/demanda mundial y el nivel de reservas disponibles. Ello toma aún mayor relevancia cuando se observa el informe de perspectivas de la agricultura de la OCDE-FAO para el periodo 2010-2019, el cual proyecta para los próximos diez años un precio del trigo entre 15% y 40% -en términos reales- más alto que el mostrado durante el periodo 1997-2006. El mismo documento también proyecta una demanda extra de trigo, asociada a la producción de biocombustibles, lo cual afectaría la disponibilidad para el consumo humano.

Cuando se revisa el caso de las bebidas alcohólicas, en particular la cerveza, se evidencia que prácticamente la totalidad de la cebada necesaria para su elaboración es de origen importado. Según los cálculos reflejados en la Figura 6-8, se requerirían alrededor de 152 mil hectáreas adicionales de producción de cebada para satisfacer la demanda interna de cerveza.

A través del sistema de contabilidad del MuSIASEM se evalúan también los diversos factores de producción, lo cual permite conocer si existe la capacidad de autoabastecimiento deseada en cada categoría. Tomando en cuenta el suelo y la actividad humana como elementos de fondo, y la energía, los fertilizantes y los plaguicidas como elementos de flujo, la Figura 6-9 muestra los requerimientos internos y los factores productivos necesarios para satisfacer la demanda con la capacidad productiva de 2012.

Figura 6-7 Producción e importación de trigo en toneladas (2000-2012)

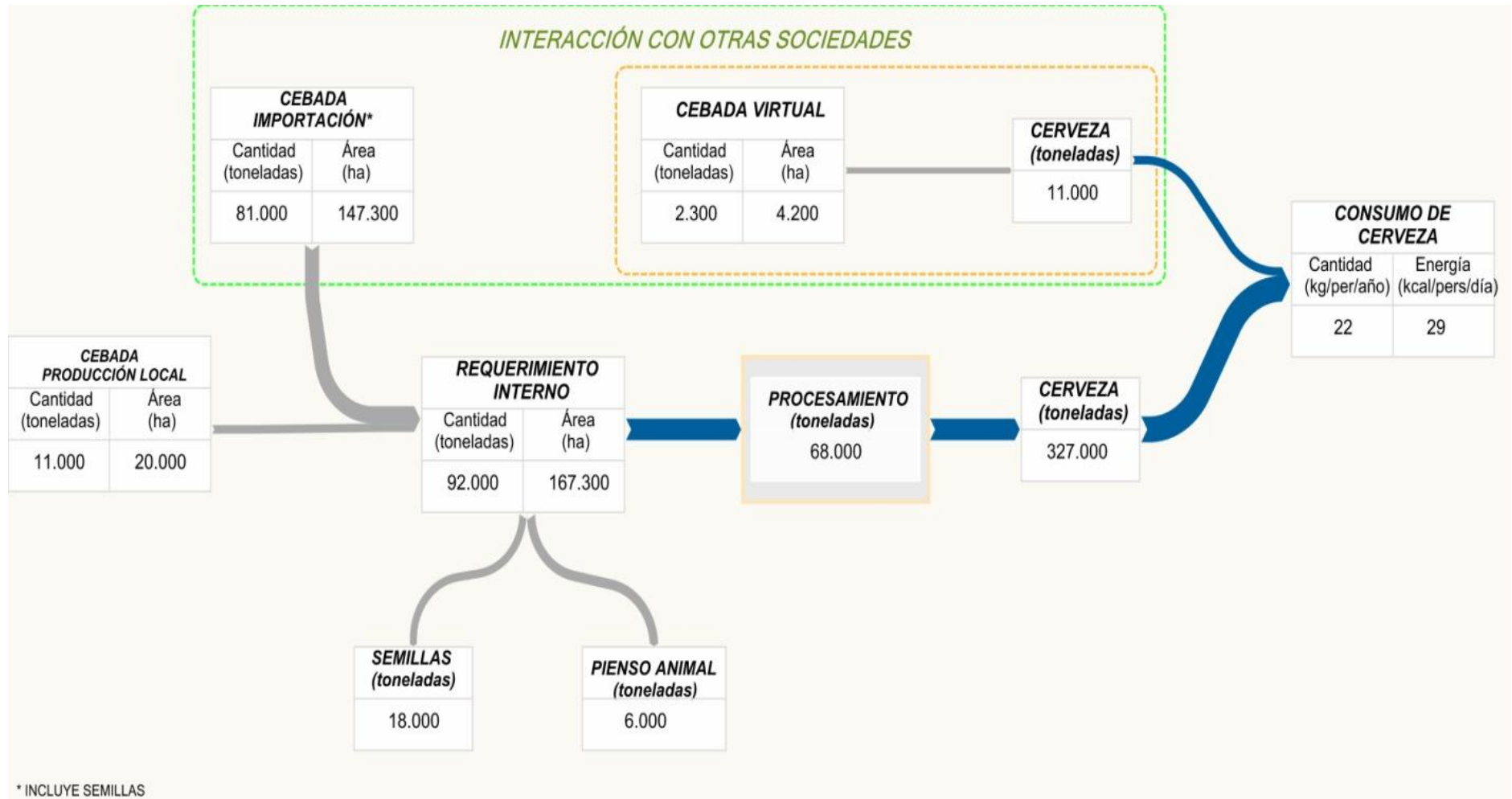


Fuente: (MAGAP, 2012b)

Los valores ubicados dentro de los paréntesis representan las escalas de medición. En cuanto al suelo, se requieren 1,4 millones de hectáreas adicionales para cubrir todo lo necesario, un valor sobredimensionado como consecuencia de las altas tasas de importación de trigo y soya, las cuales necesitarían más de 1,1 millones de hectáreas según los rendimientos de 2012. En lo que se refiere a la actividad humana, los datos arrojan que se necesitarían alrededor de 300 millones de horas adicionales de trabajo, equivalente a unos 100 mil trabajadores que laboren ocho horas de lunes a domingo.

El uso de fertilizantes y plaguicidas representa un punto crítico en el sistema agropecuario de Ecuador, pues la mayoría de ellos son importados, lo cual los hace especialmente vulnerables a las fluctuaciones internacionales del precio –vinculadas generalmente al precio del petróleo– (Arizpe et al., 2011). Asimismo, se evidencia una sobreutilización de fertilizantes asociada al cultivo en suelos no idóneos para el tipo de siembra utilizado. Por otro lado, el uso indiscriminado de estos productos tiene un efecto contaminante sobre los acuíferos y suelos, además de potencialmente afectar la salud de las personas que habitan en zonas aledañas a los cultivos. Se hace indispensable, entonces, alcanzar un equilibrio armónico entre los objetivos y su ejecución, el cual es uno de los fines últimos del sistema de contabilidad MuSIASEM.

Figura 6-8 Flujo de la cebada y la producción de cerveza



Fuente: (BCE, 2014; FAO, 2014a)

La energía²⁴ es otro punto crítico del sistema, debido a los altos requerimientos para la producción de los alimentos necesarios. El diésel es la principal fuente energética en los consumos directos, seguida de la gasolina, productos subsidiados por el Estado ecuatoriano. Según los cálculos, se requieren de 6 Petajoule (PJ) para garantizar la producción necesaria, sin embargo, la información sobre el consumo de combustibles en el sector agropecuario es aún imprecisa.

La Figura 6-10 permite observar la importancia de los factores de producción, a través de una comparación entre Ecuador y Estados Unidos (EEUU). La baja productividad de los cultivos de soya (1,54 ton/ha) y trigo (0,8 ton/ha) en Ecuador, hace pensar que una mejora en los sistemas de producción, por ejemplo, en el grado de tecnificación, puede incidir positivamente en la productividad por hectárea (Arizpe et al., 2011); mientras que otros elementos a considerar son la calidad de las semillas, la calidad del suelo y la disponibilidad hídrica. Un grado de tecnificación como el de EEUU tendría como consecuencia la disminución de la actividad humana y un aumento de la inversión energética requerida, lo que crearía mayor dependencia de los subsidios.

El mayor nivel de ingreso por habitante durante los últimos años ha impulsado la demanda de carne y la producción asociada a este producto en Ecuador (Véase Figura 6-11). El consumo aparente de carne de cerdo y res fue de 9 kg/persona/año en 2012, mientras el de pollo alcanzó 26 kg/persona/año. A pesar del aumento en el consumo, Ecuador se encuentra por debajo de la mayoría de los países de la región, como Chile, que en 2011 tuvo un consumo de 20 kg/persona/año de carne de res y 23 kg/persona/año de carne de cerdo, y 36 kg/persona/año de pollo (FAO, 2014a).

Vale destacar que el consumo de alimentos de origen animal tiene gran importancia desde el punto de vista nutricional, sobretodo en cuanto al aporte de proteínas de alta calidad, caracterizadas por una mejor síntesis y digestibilidad que las de origen vegetal²⁵ (véase capítulo 1).

²⁴ En esta investigación solo se considero la energía de los tractores y del riego.

²⁵ La Digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (FAO, 1994).

Figura 6-9 Comparación entre los requerimientos internos y la capacidad productiva 2012

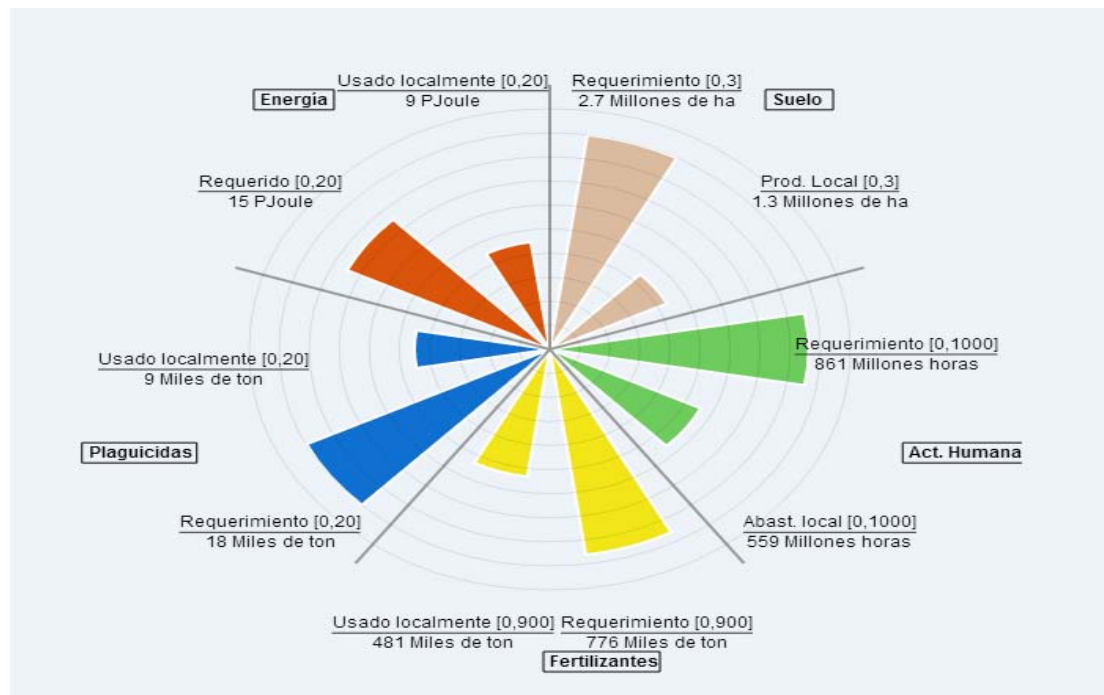
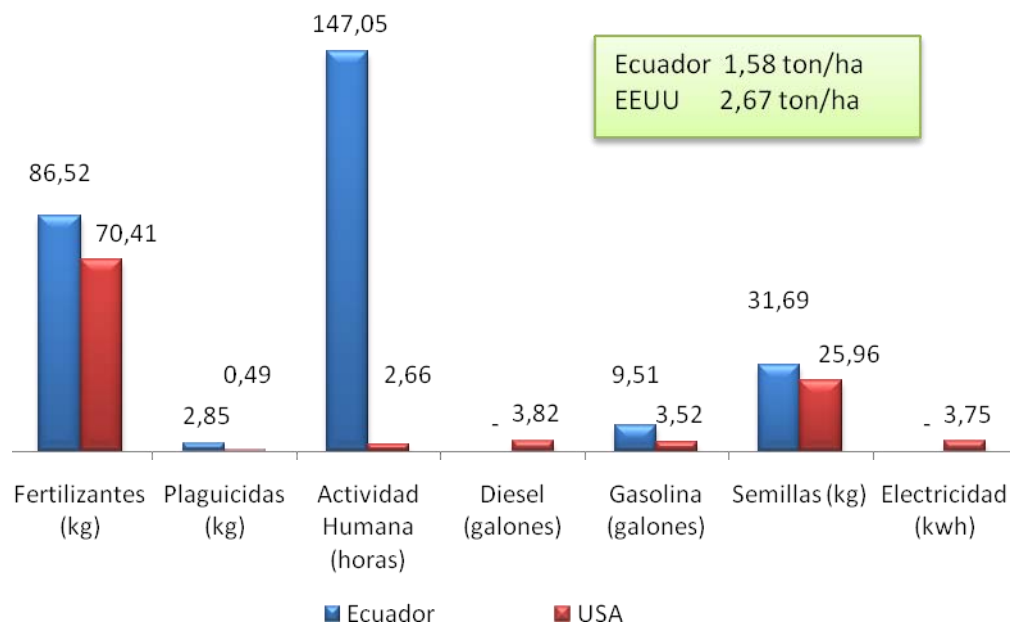
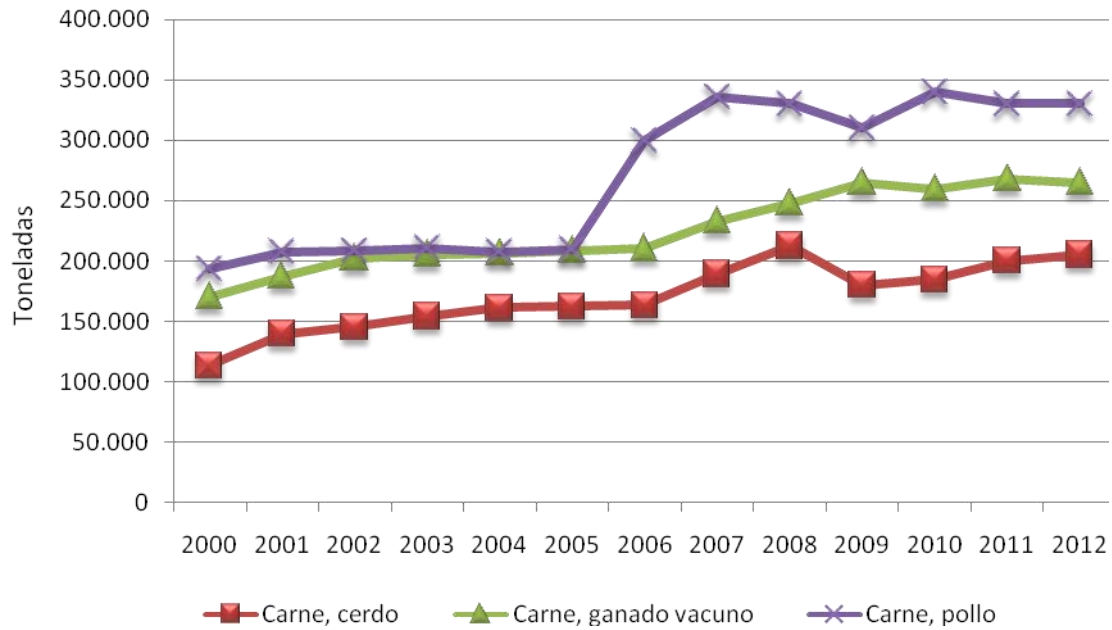


Figura 6-10 Comparación de los factores de producción entre Ecuador y EEUU para producir una tonelada de soya



Fuente: MAGAP, 2012b; Pimentel y Pimentel, 2008

Figura 6-11 Evolución de la producción de carne en el Ecuador

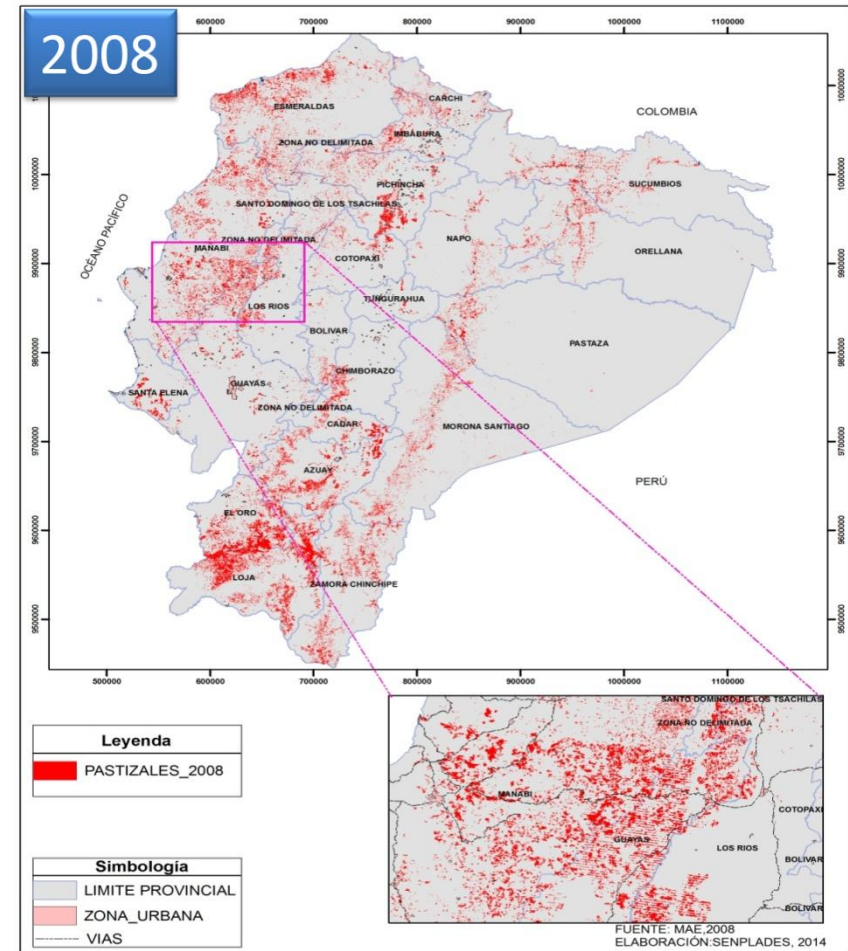
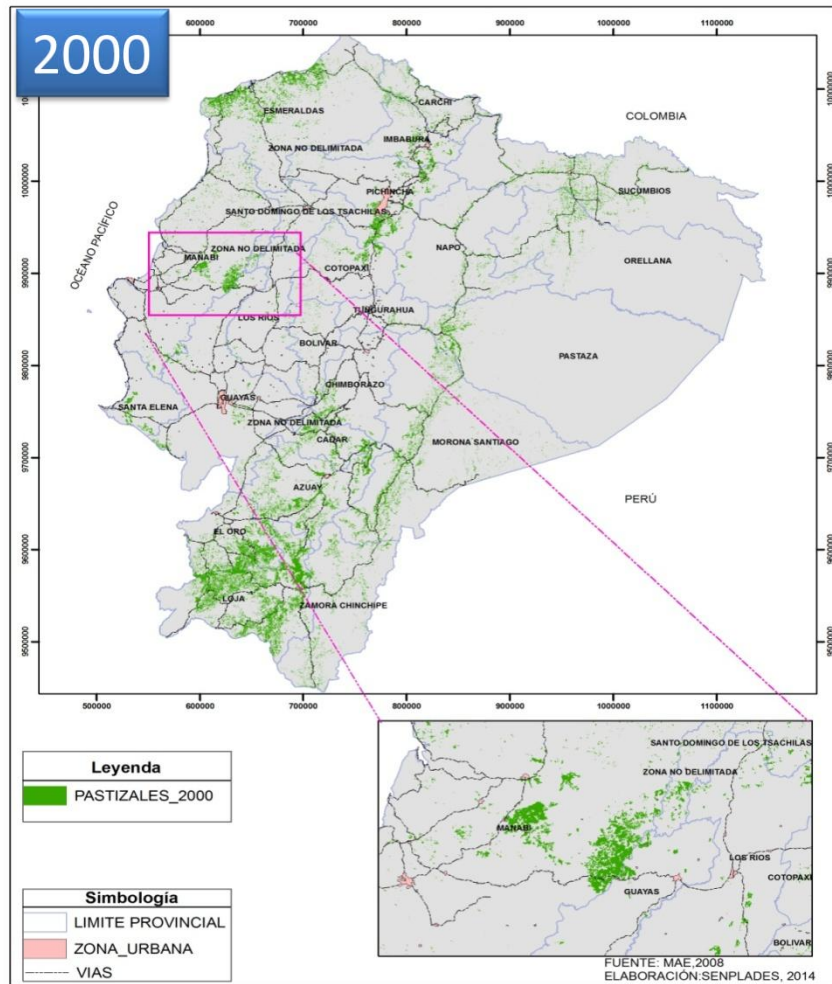


Fuente: (FAO, 2014a)

La Costa y la Amazonía son los principales lugares de producción de ganado vacuno en Ecuador, mientras que en la Sierra se encuentra la mayor tasa de producción de leche (cerca del 87% de la producción interna). El aumento en la producción de carne ha supuesto el abandono de algunos cultivos, especialmente debido a su baja rentabilidad. La consecuencia de este desplazamiento es la reducción de la frontera agrícola y el desaprovechamiento de la aptitud del suelo. Por otro lado, el aumento de la producción de carne ha provocado la deforestación de zonas de la Amazonía, ahora dedicadas a la producción ganadera.

La Figura 6-12 muestra el aumento significativo de pastizales en el período 2000-2008. El aumento de la producción ganadera conlleva algunas paradojas: por un lado, incrementa la disponibilidad de proteínas de alta calidad (CAST, 2013; FAO, 2011), pero, por el otro, aumenta los requerimientos de pienso para animales –especialmente cereales, lo cual disminuye la disponibilidad de estos productos para los seres humanos.

Figura 6-12 Crecimiento del suelo destinado a pastizales



Fuente: Elaboración SENPLADES con mapas de (MAE, 2008). Utilizado con permiso de los autores.

6.5 Escenarios para el 2035

Según los datos del INEC (2010) la población ecuatoriana pasará de 15 a 21 millones de personas en el año 2035. Bajo este supuesto y tomando en cuenta los resultados preliminares del sistema de contabilidad del MuSIASEM se han elaborado un conjunto de escenarios que contemplan los requerimientos del sistema agropecuario para mantener el patrón de consumo actual. La Figura 6-13 resume dos posibles escenarios para el año 2035, comparados con la situación actual.

Los requerimientos necesarios para satisfacer la demanda interna en el año 2012 - 15 millones de personas- fueron de 8 millones de toneladas de alimento, 7 mil hectómetros cúbicos de agua, 5 millones de hectáreas de pastizales y 0,5 millones de hectáreas de cultivos. Al realizar un ejercicio de proyección, los 21 millones de ecuatorianos en 2035, con la misma dieta, necesitarán 10 millones de toneladas de alimentos, 9.000 hectómetros cúbicos de agua, 7 millones de hectáreas de pastizales y 0,8 millones de hectáreas de cultivos. Una evidente consecuencia de este crecimiento es la mayor presión sobre los recursos, entre las que preocupa la inexistencia de espacio suficiente para la expansión de los pastizales. Este hecho podría resolverse a través de una crianza intensiva, pero sus consecuencias implican una mayor demanda de productos balanceados, lo cual obliga a un aumento de la producción de maíz duro seco o recurrir al mercado internacional. De igual manera, habrá una mayor demanda de agua para la crianza de animales. En la cadena de producción de carne, la etapa que más agua consume es la producción de los alimentos de los animales.

El otro escenario considera el sostenimiento de la tendencia creciente en el consumo de carne. Si se asume que para el año 2035 los niveles de consumo de carne en Ecuador se sitúan en los mismos niveles de Chile en 2011, la presión sobre los recursos aumenta aproximadamente 2,5 veces. La mayor presión sería ejercida sobre la demanda de suelo, pues se requerirían 14 millones de hectáreas.

Sin embargo, existen otras opciones, como, por ejemplo, optimizar los niveles de productividad. Para ello se ha considerado un aumento de la capacidad de carga animal

Figura 6-13 Posibles escenarios para el 2035

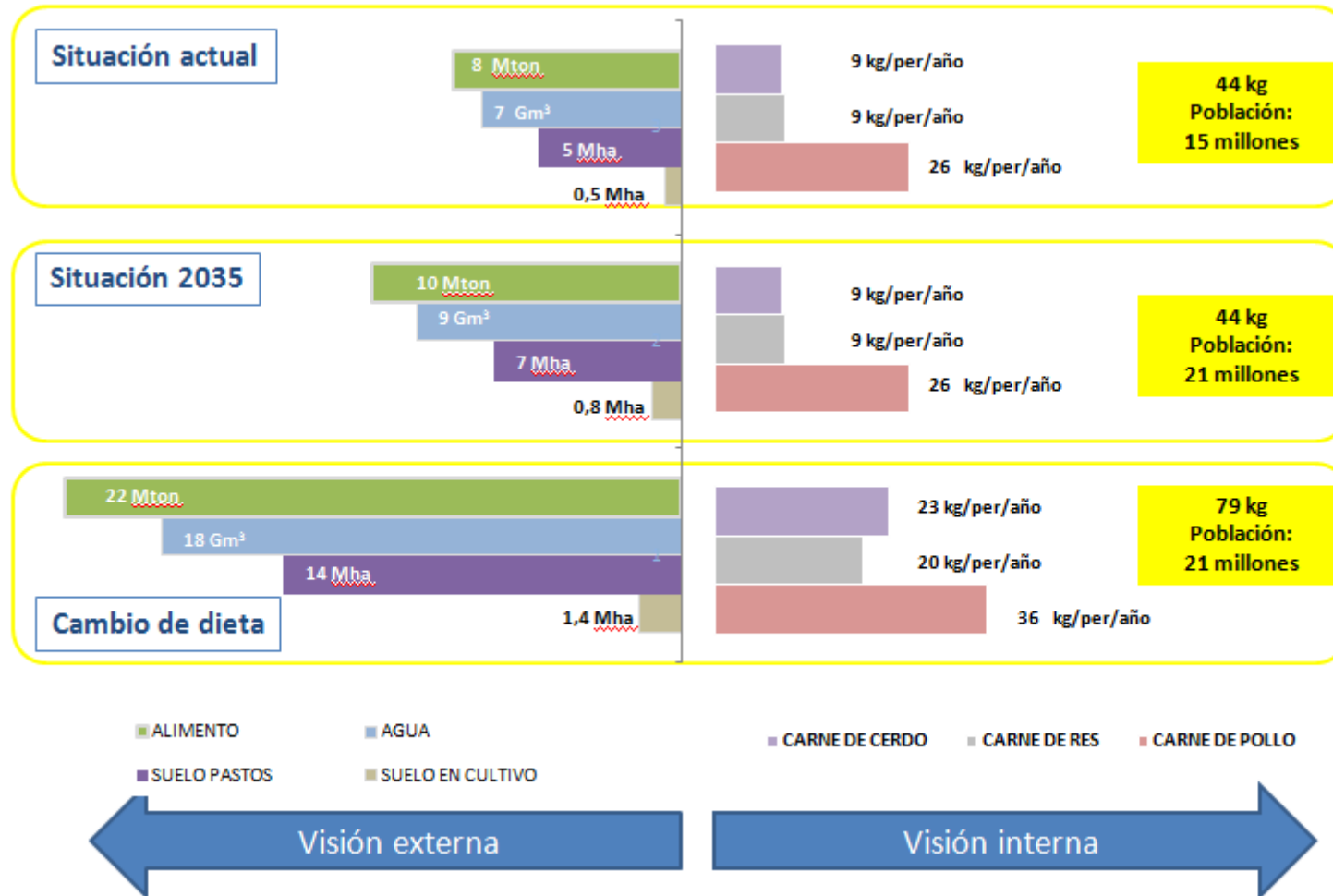


Figura 6-14 Escenarios con mejora en la productividad de pastizales

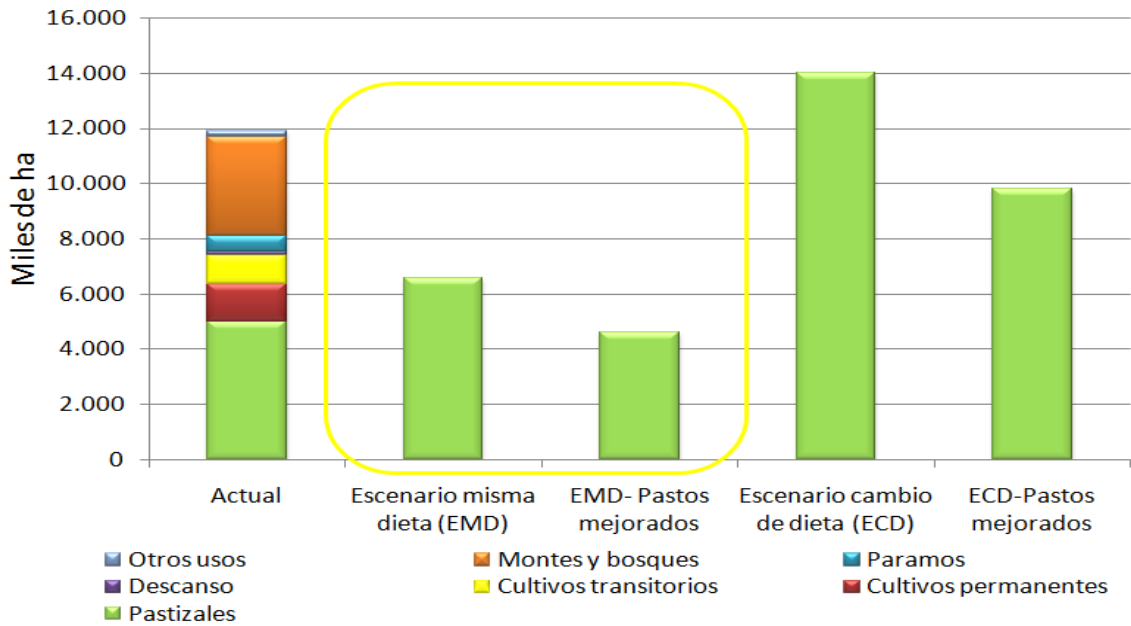
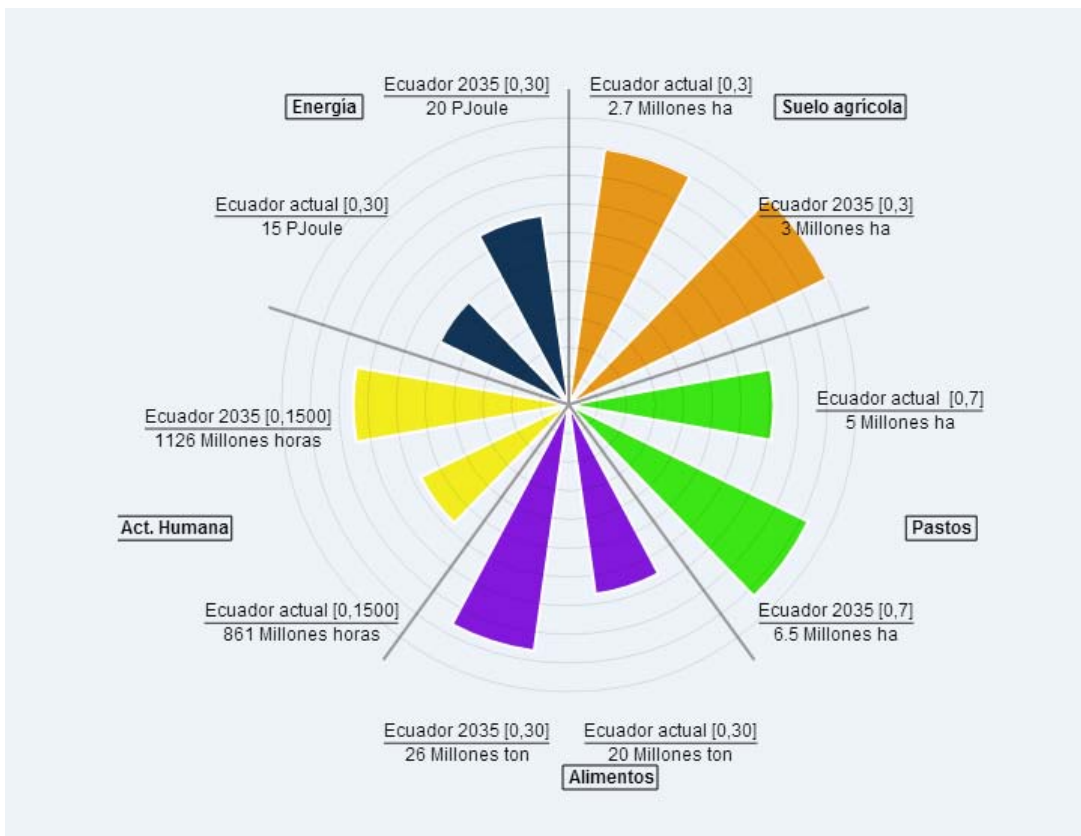


Figura 6-15 Comparación entre el requerimiento interno de 2012 y de 2035



de 1 animal/ha a 1,5 animales/ha (Véase Figura 6-14). Se puede apreciar que una mejora en la productividad de los pastizales reduce notoriamente la superficie. En el primer caso, manteniendo la misma dieta se puede ver que se requeriría menos superficie incluso que el uso actual. En cambio, en el segundo caso, con cambio de dieta se observa que se reduce significativamente la superficie requerida. Sin embargo, aún utilizaría el 75% del uso del suelo, es decir se tendrían que reemplazar los cultivos permanentes, transitorios, el suelo en descanso, los páramos y un gran porcentaje de montes y bosques.

La Figura 6-15 sirve para comparar los requerimientos de 2012 con respecto a 2035, en el supuesto de mantenerse las mismas condiciones. Se evidencia un aumento significativo en todas las dimensiones, los cuales son más importantes si se compara con los factores productivos locales (Figura 6-9 y 6-15). Aún cuando los resultados analizados son preliminares, cabe señalar la necesidad de encontrar un equilibrio entre los recursos utilizados y los impactos económicos de la balanza de pagos, de modo que se garantice el abastecimiento alimentario de la población, al mismo tiempo que se disminuya el impacto ambiental y sus consecuencias sobre la salud humana.

6.6 Conclusiones

El Ecuador tiene como objetivo estratégico lograr la soberanía alimentaria, ello implica decidir participativamente entre los distintos actores las políticas destinadas a qué producir y cómo producir alimentos que sean adecuadamente sanos y productivos. Según los resultados obtenidos a través de la operacionalización de la gramática del MuSIASEM, el Ecuador tiene el suficiente potencial para lograr la autosuficiencia alimentaria. No obstante, ello amerita fomentar la producción de ciertos productos que están en la dieta alimenticia de los ecuatorianos, tal como el trigo.

Asimismo, los tomadores de decisiones tienen que evaluar los impactos que generaría aumentar los rendimientos agrícolas, con la finalidad de potenciar los impactos positivos y reducir al máximo los negativos. Por ejemplo, una mayor tecnificación del sector agrícola significaría un mayor gasto, por parte del gobierno, en la partida de subsidios en los combustibles.

En cambio una promoción en el uso de fertilizantes aumentaría la vulnerabilidad frente a factores externos ya que la mayor parte de los fertilizantes son importados.

Un factor a tener en cuenta es la composición de la dieta de los ecuatorianos, ya que un mayor consumo de carne de res originaría una mayor demanda de suelo para pastizales o un cambio hacia una producción intensiva. Este último originaría una mayor demanda de cereales para la elaboración del pienso animal.

Finalmente, con este caso de aplicación queda en evidencia la utilidad de la gramática del MuSIASEM como una herramienta útil que permite hacer un diagnóstico de la situación actual. Así como la elaboración de escenarios que evalúen la factibilidad y deseabilidad de posibles cuellos de botella que se presenten en el futuro.

6.7 Referencias bibliográficas

- Arizpe, N., Giampietro, M., y Ramos-Martin, J. (2011). Food Security and Fossil Energy Dependence: An International Comparison of the Use of Fossil Energy in Agriculture (1991-2003). *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30 (1-2), 45–63.
doi:10.1080/07352689.2011.554352
- BCE. (2014). Estadísticas de Comercio Exterior por partida NANDINA.
- CAST. (2013). Animal Feed vs. Human Food: Challenges and Opportunities in Sustaining Animal Agriculture Toward 2050. *Council for Agricultural Science and Technology, September*(53), 1–16. Disponible en <<http://www.cast-science.org/download.cfm?PublicationID=278268&File=1e30d111d2654524a7967353314f1529765aTR>> Revisado el 23-06-2013.
- Cerveceros, A. de. (2014). Cerveceros de España. Disponible en <http://www.cerveceros.org/q_somos.asp> Revisado el 08-12-2013
- FAO. (n.d.). *Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities*. Disponible en <<http://www.fao.org/economic/the-statistics-division-ess/methodology/methodology-systems/technical-conversion-factors-for-agricultural-commodities/ar/>>. Revisado el 14-05-2013.
- FAO. (1994). *Control de calidad de insumos y dietas acuícolas*. Rome, Italy.
- FAO. (2006). *World agriculture: towards 2030/2050*. Rome, Italy.

- FAO. (2009). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Disponible en <<http://www.fao.org/hn/publicaciones/panorama.pdf>> Revisado el 06-07-2014.
- FAO. (2011). *World Livestock 2011 – Livestock in food security*. Rome, Italy: FAO.
- FAO. (2014a). FAOSTAT. Disponible en <<http://faostat.fao.org/>> Revisado el 08-08-2014.
- FAO. (2014b). *Panorama de la Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe 2013*. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/019/i3520s/i3520s.pdf>> Revisado el 21-08-2014.
- FAO/WHO. (1993). *Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO Ad hoc Expert Committee*. Rome, Italy.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... Toulmin, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science (New York, N.Y.)*, 327, 812–818. doi:10.1126/science.1185383
- INEC. (2012). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2012*. Ecuador. Disponible en <http://www.inec.gob.ec/ESPAC2012/InformeEjecutivo.pdf?TB_iframe=true&height=600&width=1000> Revisado el 09-07-2014.
- MAE. (2008). *Mapas del uso del suelo*.
- MAGAP. (2012a). *Balance Alimentario 2012*. Quito.
- MAGAP. (2012b). Costos de producción de diversos productos agropecuarios-correspondencia personal.
- MAGAP. (2014a). SINAGAP - Producción de maíz en grano duro. Retrieved from <http://sinagap.agricultura.gob.ec/>
- MAGAP. (2014b). Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. Disponible en <<http://sinagap.agricultura.gob.ec/>> Revisado el 04-07-2014.
- Pimentel, D., y Pimentel, H. M. (2008). *Food, energy, and society* (Third Edit.). Boca Raton, Fl.: CRC Press / Taylor & Francis G., cop.
- Rosero, F., Carbonel Yonfá, Y., y Regalado, F. (2011). *Soberanía alimentaria, modelos de desarrollo y tierras en Ecuador*. (S. M. de A. N.2, Ed.). Quito Ecuador: CAFOLIS- Grupo Apoyo.
- Smil, V. (2013). Meat in nutrition. In *Should We Eat Meat?. Evolution and consequences of modern carnivory* (p. 18). UK: John Wiley & Sons, Ltd.

CONCLUSIONES

El recorrido teórico comparado y el ejercicio empírico realizado en el marco del presente trabajo permiten reconocer la importancia de la transición entre los modelos unidimensionales y reduccionistas del análisis hacia una estrategia de aproximación multidimensional, capaz de abordar la complejidad inherente a los sistemas analizados y capaz de adoptar e integrar categorías no reducibles para referirse a las distintas escalas y atributos observables.

Este desplazamiento epistemológico implica reconocer el carácter inaprensible del conjunto de relaciones e interacciones que se desarrollan en los sistemas analizados, esto es, específicamente, dar cuenta de la naturaleza compleja de los sistemas socioecológicos. Por supuesto, ello no sugiere abandonar el abordaje de tan importantes cuestiones sino, precisamente, construir nuevas formas de aproximación epistemológicas y metodológicas que garanticen una mejor calidad del proceso de toma de decisiones.

La escala de la toma de decisiones que esta tesis ha privilegiado es la planeación de las políticas públicas. Como producto de las acciones humanas, las políticas públicas corresponden a un conjunto de conductas de gestión y de administración que suponen un horizonte de lo deseable y un punto de vista subyacente capaz de ofrecer garantías de robustez, de justificación y de transparencia del por qué y cómo se decide.

En el caso particular que hemos analizado -el de la seguridad alimentaria- podemos afirmar que se han realizado múltiples promesas bajo la preeminencia de los enfoques tradicionales, como por ejemplo aquella de alcanzar “alimentos para todos” gracias a la denominada “Revolución Verde” y ahora con la “Revolución Biotecnológica”. Sin embargo, como hemos visto, estos desarrollos han prescindido de una visión de conjunto que considere las múltiples variables y formas de relación existentes entre ellas, de modo que aun cuando han alcanzado algunos resultados prometidos -mayor producción alimentaria- no han sido capaces de prever las consecuencias sobre la sostenibilidad del sistema alimentario (aún perdura el hambre y la malnutrición en el mundo).

Esta situación sugiere que los modelos unidimensionales no son suficientes para ofrecer un alto nivel de certidumbre en cuanto a la capacidad explicativa y predictiva de los sistemas analizados, razón que obliga a la búsqueda o exploración de aproximaciones alternativas que incorporen la complejidad como elemento transversal. De esa forma, hemos llegado a proponer la idea de los sistemas socioecológicos como estrategia para superar las limitaciones del pensamiento científico tradicional a la hora de representar los sistemas complejos para el análisis de la sostenibilidad.

En el marco de la visión holística que suponen los sistemas socioecológicos, hemos desarrollado en particular la perspectiva del metabolismo de la sociedad bajo el enfoque del MuSIASEM. A diferencia de los modelos tradicionales, este marco conceptual presenta, a través de la introducción del concepto de la gramática, una alta capacidad para representar los sistemas complejos, pues permite integrar de manera coherente diversos aspectos que eran analizados aisladamente bajo otros enfoques.

Este hecho representa un gran avance en la toma de decisiones de las políticas públicas, pues el estado actual de vulnerabilidad de los sistemas estudiados se encuentra asociado íntimamente a las perspectivas científicas y a los instrumentos tecnológicos que la han apoyado; por lo que un cambio en la forma de aproximación implica simultáneamente la posibilidad de generar nuevas estrategias y más complejas para el desarrollo del sector alimentario. Dicho de otra forma, la relevancia central de tal esfuerzo radica en que la capacidad de resolver problemas depende de cómo se conceptualizan los mismos y de la naturaleza de los fenómenos en los cuáles se inscriban, de modo que la transición al MuSIASEM reviste un alto componente transformacional. De ahí que el presente trabajo haya evaluado, también, el rol de los paradigmas científicos que han dado forma al abordaje de la seguridad alimentaria hasta nuestros días en los casos estudiados.

Por esta razón, a la luz del recorrido realizado, se plantea la necesidad de que las instancias de decisión gubernamental en lugar de centrarse sólo en el análisis económico, reconozcan y asuman una perspectiva más compleja que considere las relaciones entre el sistema socioeconómico y su entorno -considerado como sistema ecológico- como un todo integral, que interactúa en diferentes escalas y niveles, permitiendo así trascender la visión

antropocéntrica que configura las miradas tradicionales y relocaliza al ser humano como parte de un sistema mayor. Sólo a partir de esta percepción integradora se puede ser consciente de que toda actividad del sistema socioeconómico repercute en el sistema ecológico y viceversa; de ahí, precisamente, la selección de la denominación planteada: sistemas socioecológicos.

Como se observa tras el análisis de los casos presentados en los capítulos precedentes, el MuSIASEM no sólo permite representar los sistemas complejos, según los objetivos de cada estudio, sino que también permite operacionalizar dicha representación para el análisis de la sostenibilidad; cumpliendo así la exigencia de cualquier metodología de análisis dentro de este campo. A pesar de haber sido desarrollado originalmente para el estudio de otros aspectos de la relación entre las sociedades humanas y su entorno (p. ej. la energía y el agua), el MuSIASEM opera óptimamente en los casos seleccionados, estudiando el flujo de alimentos y la nutrición, gracias a su original forma de concebir el análisis, que no se basa en la existencia de un modelo sino en el concepto de gramática.

Este cambio es fundamental pues representa una propuesta novedosa que le confiere una gran flexibilidad y adaptabilidad gracias al uso de un lenguaje recursivo y sintético, que simultáneamente ofrece la posibilidad de lograr un alto grado de pertinencia y operatividad para la diversidad de escenarios y situaciones que se caracterizan por la complejidad del tejido entre sus múltiples niveles y dimensiones.

La investigación y la puesta a prueba del MuSIASEM evidencian que la noción de gramática permite enlazar categorías formales y categorías semánticas en un cuerpo coherente y limitado de principios y reglas generales. Esto es lo que hemos podido comprobar a través del análisis de la sostenibilidad alimentaria de las sociedades, tanto en el desarrollo metodológico (presentado en el capítulo 4) como en la aplicación de la gramática del MuSIASEM para la caracterización multiescala del sistema alimentario del archipiélago de Galápagos (capítulo 5) y del Ecuador (capítulo 6).

Los resultados han mostrado que la contabilidad de los flujos de alimentos requiere la conmensurabilidad y complementariedad entre la visión interna y la visión externa del metabolismo, esto es, hacer compatible el análisis del consumo de alimentos (visión interna)

elaborado sobre la base de los nutrientes, con la producción agrícola (visión externa); asimismo, se hace necesario atender la relación entre la oferta bruta de productos agrícolas primarios y la oferta neta de alimentos para el consumo humano, y en particular el carácter no lineal de la misma. Sintéticamente hablando, el desarrollo metodológico muestra que la gramática de alimentos hace posible caracterizar en términos cuantitativos los flujos de alimentos de acuerdo con los dos puntos de vista no equivalentes, en los distintos compartimentos de la sociedad, definidos a diferentes escalas, utilizando diferentes métricas para la contabilidad y teniendo en cuenta las complicaciones introducidas por el bucle interno.

Si bien los resultados y el diagnóstico más específico se pueden consultar en las conclusiones del capítulo 5, como caso de aplicación, el archipiélago de Galápagos evidencia la utilidad de la gramática del MuSIASEM como una herramienta útil que permite hacer un diagnóstico de la situación actual, así como la elaboración de escenarios de factibilidad y deseabilidad.

Respecto a la caracterización multiescala del flujo de los alimentos en el Ecuador, el diagnóstico de la situación de su sistema alimentario ha permitido evaluar los efectos de la visión dominante en las últimas décadas en dicho sistema y de sus efectos en la alimentación de los ecuatorianos; así como evaluar la integración que el MuSIASEM realiza de las diversas variables en cuestión, en particular de aquellas de carácter demográfico, económico y biofísico.

Se podrían acoplar aplicaciones más elaboradas de este método a sistemas de visualización de los resultados y sistemas de apoyo a la decisión, dando así a los tomadores de decisiones y, en este caso, al Estado Ecuatoriano, una herramienta para elaborar escenarios que permitan evaluar la factibilidad, la viabilidad y la conveniencia de las estrategias dirigidas a alcanzar las metas contempladas en el Plan Nacional del Buen Vivir; tales como la de proporcionar alimentos nutricionalmente adecuados y la de proteger el medio ambiente. Un claro ejemplo de ello se refleja en el aumento del consumo de carne de res, el cual implica una mejora en la ingesta de proteínas de alta calidad, pero que también requiere, según los sistemas de producción actuales, un aumento de la superficie de pastizales que posiblemente

afecten la Amazonía ecuatoriana o en tal caso que amerite un cambio a un sistema de producción más intensivo.

En conclusión, como hemos venido adelantando, la respuesta a la pregunta que da origen a la presente investigación es positiva. La información y la caracterización desplegada en los casos de estudio y la metodología son evidencias elocuentes que el lector ha podido valorar. Los resultados animan a continuar interesándose por la evaluación de la metodología y por extender el uso del MuSIASEM a otros frentes, en la descripción de la relación entre las sociedades humanas y el entorno. Además, se ha demostrado, tácitamente, la potencialidad y la importancia de la gramática del MuSIASEM para explorar las implicaciones del nexo entre los alimentos, la energía, el agua y el suelo para la sostenibilidad de las sociedades, un tema muy candente en estos días.

En el caso de esta tesis, la estrecha colaboración entre las instituciones gubernamentales del Ecuador, como por ejemplo el Instituto de Altos Estudios Nacionales y la Secretaría Nacional de Desarrollo y Planificación del Ecuador -ambas instituciones en las que directa o indirectamente tuve la oportunidad de trabajar-, ha servido para que éstas vean la potencialidad de este enfoque en la aplicación de la gramática del MuSIASEM para el diagnóstico del sector alimentario del Ecuador y del Archipiélago de Galápagos. En consecuencia, han manifestado su interés y su apoyo en la continuidad de este trabajo. Incluso ha sido considerado como instrumento de generación de información para los análisis de prospectiva para el diseño de políticas públicas. De este modo, se abre las puertas a una mayor profundización de esta investigación y a la realización de una evaluación constante de los alcances de la gramática del MuSIASEM.

CONCLUSIONS

The compared theoretical examination and empirical exercise carried out in the framework of this study allow for the acknowledgement of the importance of the transition from one-dimensional and reductionist analysis models to a strategical multidimensional approach, capable of addressing the inherent complexity of the systems, which are the object of the study, and also capable of adopting and integrating non-reducible categories to refer to the various levels and observable attributes.

This epistemological shift involves acknowledging the elusive nature of relationships and interactions, as a whole, that take place in the systems analysed herein; i.e. to specifically account for the complex nature of socioecological systems. This does in no way suggest abandoning the approach of such important issues, but rather points to the need to build new forms of epistemological and methodological approaches to ensure quality decision-making.

The level of decision-making favoured by this dissertation is the planning of public policies. As a result of human actions, public policies relate to a set of management and administration behaviours representing that which is desirable, as well as an underlying point of view capable of offering solid, justifying and transparent guarantees as to why and how decisions are taken.

With regards to the case, which is the object of this study – food safety – it can safely be stated that many promises have been made under the pre-eminence of traditional approaches, such as advocating for a 'Food For All' principle by the so-called 'Green Revolution' and, currently, by the 'Biotechnology Revolution'. However, and as it has been stated herein, these developments have dispensed with an overall picture that takes into account the many variables and the existing forms in which said variables relate to one another; in such a way that, despite having reached some of the results that had long been promised – i.e. greater food production – they have not been able to foresee the consequences on the sustainability of the food system – worldwide hunger and malnutrition is still a distinctly persistent issue.

This suggests that one-dimensional models are not enough to provide a high level of certainty as regards the explanatory and predictive capacity of the systems under study, a reason that calls for the search or exploration of alternative approaches that have complexity as a core transversal element. Hence, we have proposed the idea of socioecological systems as a strategy to overcome the limitations posed by traditional scientific thinking when representing complex systems to analyse sustainability.

As part of the holistic approach of socioecological systems, we have particularly developed the perspective of societal metabolism under the MuSIASEM approach. Unlike traditional models, this conceptual framework has a high capacity to represent complex systems – via the introduction of the concept of grammar – given that it enables the consistent integration of various aspects that were previously analysed separately under other approaches.

This is a major breakthrough in public policy decision-making as the current state of vulnerability of the systems under study is closely linked to scientific perspectives and technological instruments that have supported it. With that in mind, a change in approach simultaneously involves the possibility of creating new and more complex strategies for the development of the food industry. In other words, the core importance of this effort lies with the fact that the ability to solve problems depends on how said problems are conceptualised, as well as on the nature of the phenomena within which they are defined; in such a way that the transition to MuSIASEM is marked by a highly transformational component. Hence, this dissertation has also assessed the role of scientific paradigms that have shaped the approach to food safety to this day in the cases which are the object of this study.

Therefore, in light of the examination undertaken, it is necessary for governmental front offices to recognise and accept a more complex perspective that takes into consideration the relationship between the socioeconomic system and its environment – considered as an ecological system – as a whole, instead of just focusing on economic analysis. A perspective that interacts at different scales and levels, and allows for the anthropocentric vision that forms traditional approaches and relocates the human being as part of a larger system to emerge. Only from this integrating perception can one be aware of the fact that any

activity of the socioeconomic system affects the ecological system and vice versa; hence the selection of the name: socioecological systems.

As seen from the analysis of the cases presented in the preceding chapters MuSIASEM not only enables the representation of complex systems, according to the objectives of each study, but also allows for the operationalisation of such representation to analyse sustainability, thus fulfilling the requirement of any analysis method in this field. Although it was originally developed for the study of other aspects of the relationship between human societies and their environment (for example, energy and water), MuSIASEM operates well in the cases selected herein. It studies the food flows and nutrition thanks to its unique way of conceiving the analysis, which is not based on the existence of a model but rather on the concept of grammar.

This is an essential shift because it provides a new proposal that lends great flexibility and adaptability by using a recursive and synthetic language, which simultaneously offers the possibility of achieving a high degree of relevance and effectiveness for the various scenarios and situations that are characterised by the complexity of the tissue among its many levels and dimensions.

Research and testing of MuSIASEM show that the notion of grammar allows linking formal and semantic categories in a coherent and limited body of general principles and rules. This has been demonstrated via the analysis of food sustainability of various societies, both in its methodological development (presented in Chapter 4) and in the application of MuSIASEM's grammar for multiscale characterisation of the Galapagos Archipelago's food system (Chapter 5) and that of Ecuador (Chapter 6).

The results have also shown that accounting of food flows poses two major epistemological challenges: a) to be able to handle the dichotomy between the internal and external view of food metabolism. (Whilst the internal view of food metabolism in society focuses on food consumption and requires an accounting system in terms of nutrient carriers, the external view focuses on the production of agricultural products); and b) to be able to handle the non-linear nature of the relationship between gross supply of primary agricultural

products and net supply of food for people. Briefly speaking, the methodological development demonstrates how food grammar makes it possible to quantitatively characterise the food flows according to the two non-equivalent views in the various compartments of society, which are defined at several scales using different accounting metrics and taking into consideration the complications introduced by the internal loop.

While the results and the more specific diagnosis (in terms of application) can be found in the conclusions in Chapter 5, the case relating to the Galapagos Archipelago highlights the usefulness of MuSIASEM's grammar as a tool that enables the diagnosis of the current situation, as well as the development of feasibility and desirability scenarios.

As regards the multiscale characterisation of food flow in Ecuador, the diagnosis of the situation of its food system has made it possible to assess the effects of the dominant vision prevailing in recent decades in relation to such system, and its effects on the Ecuadorian diet. It has also allowed for the assessment of the integration by MuSIASEM of the various variables involved, particularly those of a demographic, economic and biophysical nature.

Rather more elaborate applications of this method could be coupled to performance display systems and decision supporting systems, thus giving decision makers – and, in this case, the Ecuadorian State – a tool for developing scenarios to assess the feasibility, viability and desirability of strategies aimed at achieving the goals set out in the National Plan for Well-Being. Among those are the provision of nutritionally adequate food and the protection of the environment. A clear example of this is the increased consumption of meat (livestock), which means an improvement in the intake of high quality protein, but which also requires – according to the current production systems – an increase in grassland area potentially affecting the Ecuadorian Amazon or, in this case, warranting a shift to a more intensive production system.

In conclusion, and as it has been advanced, the answer to the question that gives rise to this investigation is positive. The information and characterisation unfolded in the case studies and methodology is eloquent evidence that the reader has been able to assay. The results encourage us to continue developing an interest in assessing the methodology and

extending the use of MuSIASEM to other issues, when describing the relationship between human societies and the environment. In addition, the potential and importance of MuSIASEM's grammar to explore the implications of the nexus among food, energy, water and soil for the sustainability of societies – a very hot topic these days – has also been tacitly demonstrated.

In the case of this dissertation, the close cooperation among Ecuadorian governmental institutions, such as the Instituto de Altos Estudios Nacionales (Higher National Studies Institute) and the Secretaría Nacional de Desarrollo y Planificación (Ecuadorian National Secretariat of Planning and Development) – institutions in which I directly or indirectly had the opportunity to work – has allowed them to establish the potential of this approach in applying MuSIASEM's grammar for diagnosing the food sector in Ecuador and the Galapagos Archipelago. They have consequently expressed their interest in and support to the continuation of this work. It has even been considered as a means to create information for the prospective analysis of the design of public policies. Thus, new doors open to a further deepening of this research and conducting an ongoing assessment of the scope of MuSIASEM's grammar.

Summary

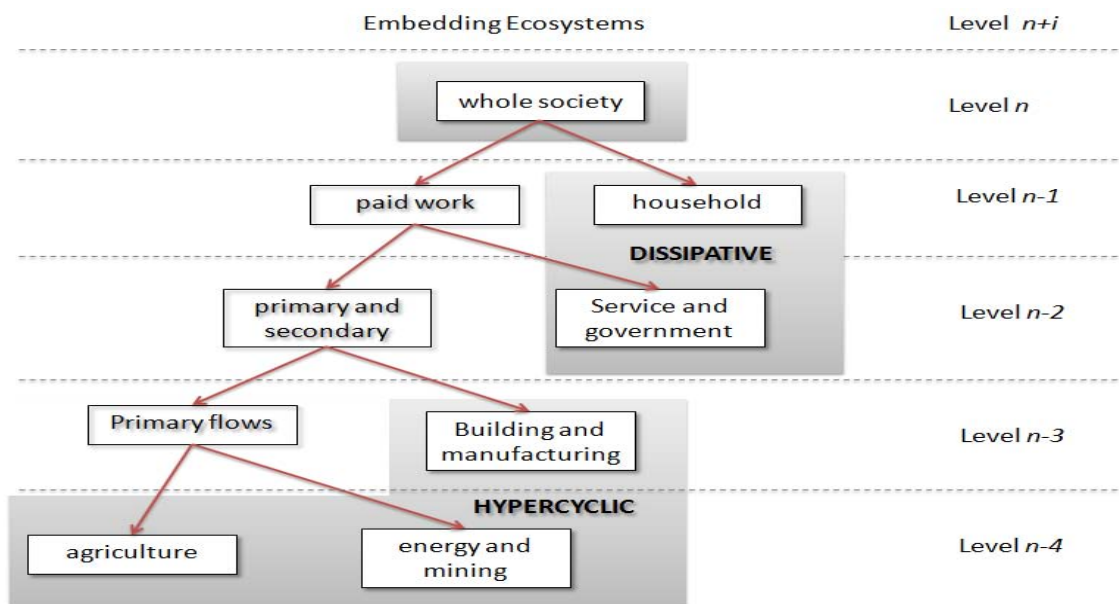
This chapter presents a grammar for the integrated accounting of food energy flows across the various compartments of society defined at different scales. The internal view on food metabolism focuses on food consumption and flows of nutrient carriers; the external view focuses on food production and flows of agricultural commodities. The food grammar bridges the internal and external views and takes into account the complications introduced by the internal autocatalytic loop of food (consumption of food for production of food). The application of the food grammar to a specific case is illustrated with data from the Mauritius case study.

I - Introduction

In this chapter we discuss the difficulties encountered in the accounting for food flows for the complex system of human society, difficulties that are inherent in the hierarchical organization of the system, the coexistence of distinct scales and dimensions of analysis, and the legitimate distinct views (internal versus external) on the system. Taking into account these pitfalls and accommodating a link to the other elements of the nexus (exosomatic energy, water and monetary flows), we propose here a comprehensive accounting for food flows, the so-called food grammar. This grammar consists of a conceptualization of food flows and is based on the flow-fund model and the basic hierarchical structure of society proposed in Figure I - The basic nested hierarchical structure of functional compartments of society, and encompasses both the external and internal views on the food system. The external view focuses on the supply side (the production of food), while the internal view focuses on the end uses (consumption of food). As we will see in this chapter, both are essential to studying the metabolic pattern of society.

²⁶ Este anexo corresponde a la versión en inglés del Capítulo 4 de esta tesis. Además, este anexo fue publicado como el Capítulo 7 del libro ***Resource Accounting for Sustainability Assessment. The nexus between energy, food, water and land use***. Editado por Mario Giampietro, Richard Aspinall, Jesús Ramos-Martín y Sandra G.F. Bukkens. Publicado por Routledge en 2014.

Figure I - The basic nested hierarchical structure of functional compartments of society



Elaborated by Mario Giampietro in (Giampietro et al., 2014 p.14). Used with permission of the author

II - Terminology

The study of the food system encompasses various scientific disciplines, including ecology, agronomy, economy and nutrition, each with its own specific narrative, conventions and jargon. To avoid possible confusion, we provide here a series of definitions of categories of accounting used in our grammar (the MuSIASEM semantics) and their relation to commonly used terms and statistics. It is essential to comprehend the often subtle difference in the meaning of the terms used in order to understand the underlying rationale of the proposed trans-disciplinary food grammar:

- *Food energy* is the chemical energy contained in a food item, commodity or supply. It is directly related to the food macro-nutrient composition (protein, fat, carbohydrates and alcohol). We report food energy content either as a single number (a quantitative assessment in J) or as a vector of these macronutrients (an array of quantitative assessments in J). The latter notation conveys information on the qualitative aspects of the food in question (the mix of macro-nutrients in the diet).

- *Endosomatic energy* is synonymous with food energy. This term is used to highlight the role of food in the societal metabolism, by emphasizing that food energy is destined for metabolization *within* (endo) the human body, as opposed to exosomatic energy (such as petrol), which is metabolized *outside* (exo) the human body.
- *Food (energy) requirement* is a normative concept that we define as the food needed by a population or a segment of the population in order to safeguard its nutritional and health status. It depends on the population age and gender structure and physical activity patterns. It is comparable to such concepts as the recommended daily allowance (RDA) or dietary reference intake (DRI) in the fields of public health and nutrition.
- *Food intake or dietary intake* refers to the amount of food actually consumed (ingested) in the diet. National statistics on actual food intake are rarely available. However, small-scale studies (household surveys, food diaries), providing some rough indications at the local level, can be found in the scientific literature. For this reason, the food intake is approximated by the final consumption (see below).
- *The net food supply or final domestic consumption at the household level* is defined as the food available to the population for consumption that disappears at the level of the household. This quantity refers to the *end use* of the food flow and is equal to the food intake plus the losses incurred and waste produced at the household level. Even though food losses and food waste within the household are not actually consumed, they still imply the use of resources in their production, and hence it is essential to include them in the accounting for food flows (see also FAO 2013b). Statistics on the net food supply are available from the FAO Food Balance Sheets (FAO 2013a). Final consumption is used as a proxy of food intake.
- *The gross food consumption at the level of society* is defined as all the food consumed in society (in the sense of disappearance) for the endosomatic metabolism. This quantity includes: 1) final domestic consumption; 2) food used in the operation of the food system itself (animal feed, seeds, and eggs for broiler); and 3) losses and waste in processing, distribution and storage. Food that is exported is not included in the analysis of the

metabolic pattern, as it fulfils an economic function, not a biophysical requirement of the endosomatic metabolism. The production factors used in agriculture (quantities of land, labour, power capacity) for producing food exports are not available for the production of the domestic supply. The gross consumption at the level of society can be estimated from the statistics in the FAO Food Balance Sheets (FAO 2013a) by summing the quantities of food belonging to the three categories listed above: final consumption, internal investment in the autocatalytic loop of food used to produce food, and losses.

· *The gross food supply to society* (which should match the consumption) is the total food supply entering the domestic food supply chain. It can be calculated from the statistics published in the FAO Food Balance Sheets (FAO 2013a) by summing the following categories: local production, imports, change of stocks and subtracting exports.

·

III - The internal versus the external view

In Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010)I we illustrate the internal and external view on the food system for the Republic of Mauritius using aggregate food flows. The upper block (first six rows) of this table represents the internal view on the system; the household compartment defined at level n-1 (HH) and five paid work compartments defined at level n - 2 (within PW): PW*, AG, EM, export PW* and export AG. It tells us the amount of production factors (either flow or fund elements) consumed by the various functional compartments within society. The first column refers to the consumption of food energy. The row in the middle represents the total size of flow and fund elements of the society as a whole. The lower two rows represent the external view. They tell us how the flows are supplied. Some caution is due in the handling of these data. When focusing on the data referring to food energy, our definition of the household sector is based on human activity and includes the time of the economically inactive *as well as the non-working time of the economically active population*. For this reason, *all* final consumption of food energy is assigned to the household sector.

Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010)

		<i>Flow elements</i>			<i>Fund elements</i>			
		Food	Energy	Water	HA	PC	LU	Gross value added
		(PJ)	(PJ-GER)	(hm ³ appropriation)	(million hr)	(GW)	(10 ³ ha)	(million us\$) {or gdp}
End uses	HH	5,9	16	98	10.000	4,5	28	N/A
	PW*	0,8	37	44	600	1,4		8.000
	AG	1,3	negl	190	39	negl.	21	220
	EM	n/a	2,2	260	8	0,03	negl.	180
	Exports PW*	n/a	n/a	3	590	n/a	n/a	50% GDP
	Exports AG	negl .	0,4	1.100	39	0,02	54	2,5% GDP
	Whole	8	56	1.700	11.300	6	100	9.800 (GDP)
Sources	Imports	6,7	49	n/a	n/a	n/a	n/a	63% of GDP
	Domestic Supply	1,3	7	1.700	11.300	6	100	9,800

Source: Giampietro et al., (2014 pág. 172), used with permission of the authors

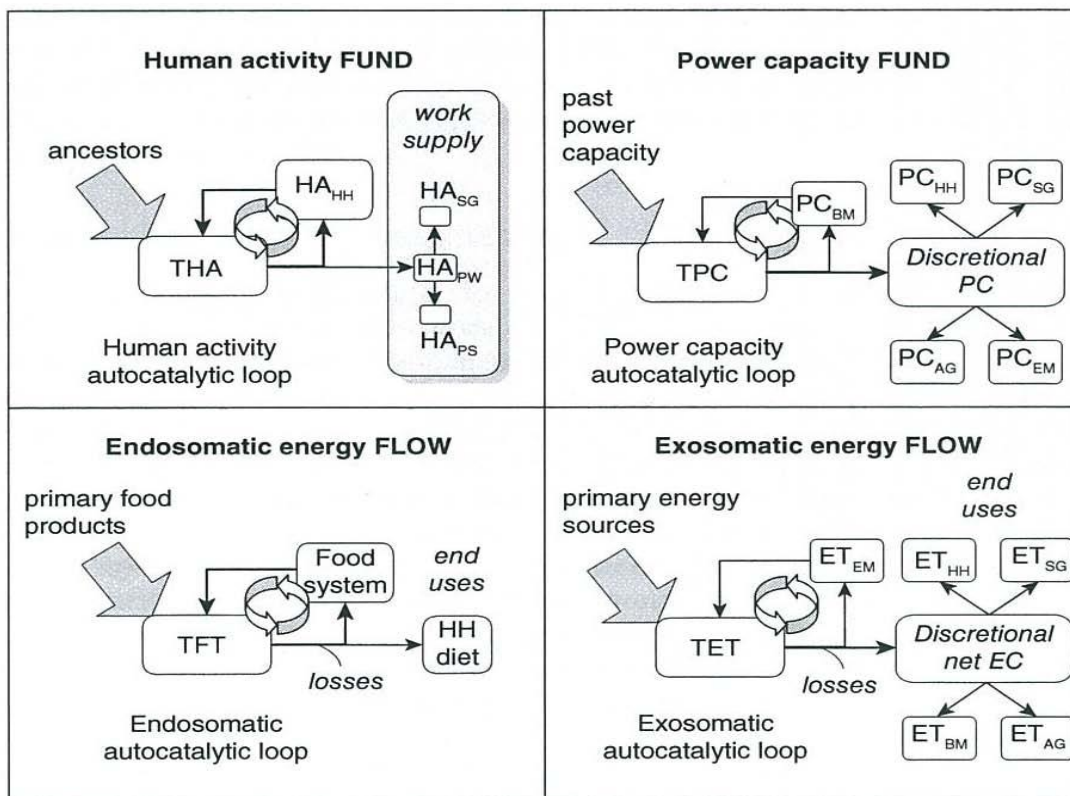
We assume that no final food consumption takes place during paid work hours, and therefore food consumption (including waste and losses) in restaurants and other away-from-home outlets (e.g. canteens) is assigned to the household sector. In fact the end use of the household sector and the food flows in the endosomatic metabolism is the reproduction of human activity (people).

A second observation concerns the food system's internal food consumption. A certain share of the gross food consumption is accounted for by the food system itself to guarantee its functioning. Indeed, the agricultural sector consumes a part of the gross food supply in the form of seeds and eggs, as well as feed crops (e.g. corn) used in animal production (Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010)). Therefore, there is an internal loop of food products used to make food products within the food metabolic pattern (see Figure II - The four autocatalytic loops governing the characteristics of the metabolic pattern of modern society (constraints on the viability domain)). The proportion of the gross supply that ends up in this internal loop can be significant because of the so-called double conversion involved in animal products. For instance, in 2009 in the USA the net supply of grains (direct consumption at the household level) was 33MT or about 110 kg per capita per year, whereas the gross supply of grain was ten times larger, that is, 333MT or almost 1,100 kg of grain per capita (FAO 2013a). The difference between the direct consumption at the household level and the gross domestic supply of grain from the agricultural sector is 'eaten' by the huge internal loop of the US food system!.

Additional food 'consumption' also takes place in the secondary production sectors, for example losses in processing in the food industry (included in building and manufacturing) and in distribution (included in service and government), as illustrated in Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010)I. These concern the so-called post-harvest losses. Furthermore, in most societies a share of the food produced is exported abroad for economic reasons (to make value added) or political reasons (e.g. foreign aid). Hence, export 'consumes' a fraction of the production factors used in the agricultural sector. However, note that in Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010) no food consumption is associated

with export. Indeed, the production of sugarcane, the principal export commodity of the agricultural sector of Mauritius, does not form part of the endosomatic metabolic pattern of Mauritius. Within the integrated analysis of the metabolic pattern the production of sugarcane is included in a special category of accounting - agricultural exports - and not in the food system (the exported sugar is not eaten by the people of the Mauritius islands). Exports in agriculture concern economic activities that require production factors (land, labour, water, energy) in the agricultural sector and provide a source of economic revenues. Thus, in the integrated analysis of the metabolic pattern, export of agricultural commodities implies a reduction in the potential for domestic food supply (by reducing the availability of production factors) on the one hand but an inflow of added value on the other hand.

Figure II - The four autocatalytic loops governing the characteristics of the metabolic pattern of modern society (constraints on the viability domain)



Elaborated by Mario Giampietro en (Giampietro et al., 2014 pág. 151), used with permission of the author

By summing over the different categories of food consumption (the functional societal compartments), we can assess the aggregate flow of food consumption (internal view) that has

to be matched by the gross food supply (external view). Note that in the analysis of the metabolic pattern we inevitably face a bifurcation in the meaning of the 'quantities' assessed in the grammar. In the observing of existing metabolic patterns (using MuSIASEM in diagnostic mode), the observed flows are the result of a dynamic equilibrium; a given food consumption generally implies that the food supply matches the food requirement. However, in scenario analysis (using MuSIASEM in simulation mode) the characteristics of the end use (referring to the internal view) define 'required' quantities that are not necessarily matched by the supply side (external view). In this latter case, we are dealing with an unviable scenario.

The external view on the food metabolic pattern (the bottom two rows in Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010)I) focuses on the supply side. Indeed, the flows of food consumed by the whole of society (summed over the functional compartments) must be made available in one way or another through the interaction of society with its context, be it through the exploitation of land systems using natural resources within the system's borders (domestic supply) or by importing food from abroad (using monetary resources or benefiting from donations).

Combining the internal view (to describe how the available food is consumed) and the external view (to describe how the food is made available) in the representation, we can - in principle - generate an integrated analysis of the sustainability of the food metabolic pattern. This characterization is essential in order to identify those factors determining the establishment of a dynamic equilibrium between the requirement for and the supply of food flows. However, the simultaneous handling of quantitative information related to the internal and the external view on food metabolism introduces a series of systemic complications in the relative accounting for food flows. These complications are well known in the field of hierarchy theory and are detailed in the next section in relation to the food grammar.

IV - Epistemological complications

a) Contextualizing aggregate flows

Aggregate assessments of food flows, as shown in Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010) I, expressed using individual numbers, do not carry sufficient information to assess whether the nutritional requirements of the population are met (on the consumption side) nor whether this food consumption pattern is sustainable in time (on the production side). If we want to give meaning to these assessments we must contextualize them in relation to both the internal and the external view: Are the nutritional requirements of the population met? Is there an equitable distribution of the net food supply over all segments of the population? What factors constrain the food supply? Do shortages of natural resources limit the domestic food production? Are imports too expensive to guarantee an adequate supply of food to the population?

Addressing all these questions requires different types of data; to check whether dietary requirements are met (internal view) we must measure food flows in terms of 'nutrient carriers' (macro- and micro-nutrients), while a check on the sustainability of domestic food production (external view) requires us to measure food flows in terms of output of tons of commodities (e.g. tons of cereals, vegetables, animal products). Tons of commodities can be further described in biophysical terms (looking at agronomic characteristics) and in economic terms (looking at prices and costs of production). Indeed, according to the flow-fund model, the identity of the food flow is specific for the identity of the compartment (fund) consuming or producing it. Therefore, the need to distinguish and at the same time reconcile the internal view (flows of nutrient carriers) and external view (flows of food commodities) is one of the epistemological challenges we face in the food grammar.

In the bottom table of Figure III - The set of complex relations between quantitative assessments expressed in the form of individual numbers, vectors and multi level tables we illustrate how to link the accounting for the food flow in terms of nutrient carriers with that for flows of agricultural commodities (breaking down the flows of nutrient carriers over a set of food

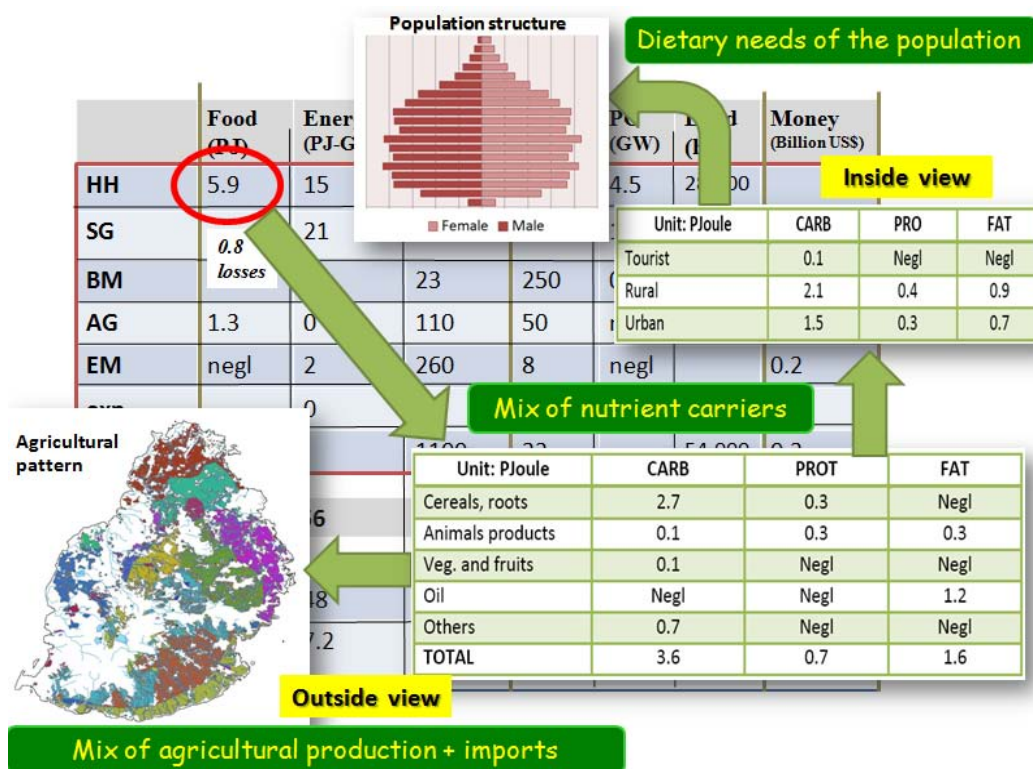
commodities). First of all, this complexification of the assessment requires replacing a single quantitative assessment (5.9 PJ of food energy) with a vector disaggregating this number into quantities of energy referring to different types of macro-nutrients (the vector [3.6, 0.7, 1.61] PJ/year of carbohydrate, protein and fat, respectively). The specific columns and rows in this table reflect the pre-analytical choice of, respectively, a set of relevant nutrient carriers (to interface this information with dietary requirements) and a set of relevant food commodities (to describe the food supply). The choice of how to disaggregate the assessment of food energy flows will vary from case to case. For illustrative purposes, we have kept the selection of nutrients and food commodities in our example to a minimum (e.g. alcohol has been included in carbohydrates, and pulses have been included in grains).

Note that the 'net food supply'/'final domestic consumption' refers to the hierarchical level of the household sector ($n-1$). If we want to assess whether this net food supply meets the food requirement, it is often useful to disaggregate this sector and look at lower-level characteristics further down the hierarchy (level $n-2$ and below). This is illustrated in the upper table of Figure III - The set of complex relations between quantitative assessments expressed in the form of individual numbers, vectors and multi level tables III, where we have disaggregated the vector characterizing the flow of food energy for the household sector ([3.6, 0.7, 1.6] PJ/year) into three vectors characterizing the flow of food energy going into the subsectors: urban residents, rural residents and tourists. At this level, we can check against the proper external referent (an observable metabolic element associated with the expected flow), determining whether or not the supplied flow is congruent with the expected flow. This procedure of moving across levels or scales is always possible in MuSIASEM, provided closure is observed. The value at any given hierarchical level (e.g. the household compartment at level $n-1$) is always a weighted average of the characteristics of lower-level compartments (rural and urban residents and tourists, defined at level $n-2$). Of course, other criteria of disaggregation or further disaggregation of the fund element human activity can be applied (e.g. by age and/or gender), depending on the focus of the analysis.

The assessment of the gross food supply (aggregate value at the societal level) is of limited use in the outside view. What we need here is to capture and refine the interface of

society with its context, in particular the interferences with the ecosystem metabolism. Two interrelated pieces of information are particularly important here: the degree of openness of the food system (what share of the gross food supply is imported) and the local biophysical limits to domestic production (the actual local environmental impact). This information is defined on different hierarchical levels ($n + i$) and across non-equivalent descriptive domains (local, meso, large), and therefore requires complementary spatial analyses (and preferably the use of GIS).

Figure III - The set of complex relations between quantitative assessments expressed in the form of individual numbers, vectors and multi level tables



Elaborated by author in Giampietro et al. (2014 pág. 78)

As illustrated in Figure III - The set of complex relations between quantitative assessments expressed in the form of individual numbers, vectors and multi level tables (bottom left), an analysis of the feasibility of the metabolic pattern in relation to the food supply (outside view) requires us first to locate the food production in space and time. Different crops require different types of soil, climate, slope, water supply and labour input. Hence, only after having characterized the production pattern at the local scale can we study the existence of

biophysical limits, the impact on local ecosystems, and the requirement of production factors (input of labour, machinery, fertilizers, pesticides, etc.). When analysing the interface between the metabolic patterns of society and ecosystems it is essential to be able to scale up and down the quantitative analysis according to our interests and needs (e.g. analysing damage to ecological funds, such as soil at the local scale or watersheds at the meso scale, or the relation to the labour market). At last, to get the big picture - placing the socio-ecological system within the larger (political) context - we must be able to effectively integrate all the various pieces of information gathered at the different scales and from the different points of view.

b) The internal loop of food products for food products and lack of linear relation

Confronting the gross supply and final domestic consumption for different countries, we discover that, no matter how we measure these flows (in terms either of nutrient carriers or of food commodities), they are not linearly related (Table II - Yearly per capita gross and net grain consumption for the USA and China). For example, the per capita gross grain consumption (gross grain supply/population) of the USA is three times that of China, but this relation is no longer found when considering the final domestic consumption (per capita net grain consumption is higher in China than in the USA). This phenomenon is explained by the marked difference in the societal metabolic pattern of food between the two countries. In the USA, the larger share of the gross grain supply does not flow into the household sector for direct consumption, but flows within the agricultural sector for the production of animal products and into the processing industries for alcoholic beverages, while in China the bulk of the gross grain supply made available at the level of society ends up directly in final consumption in the household sector.

Table II - Yearly per capita gross and net grain consumption for the USA and China

Country	Gross supply	Net supply	Ratio bruto/neto
EE.UU.	1.100	110	10
China	300	150	2

Note: Data refer to 2009 and are expressed in kg per capita per year
 Source: (FAO, 2014b)

Hence a first explanation for the non-linearity in the relation between the gross food supply and the final domestic consumption is the existence of an internal loop of food consumption to generate the desired food mix at the household level. The US food system has a strong internal loop that transforms raw grains into animal products and that, in this process, consumes a large share of the gross food supply (in the form of corn for animal feed). Therefore, our grammar makes a distinction between food that is consumed in the food system because of the internal loop and food that is consumed by the households. The rationale for implementing this distinction is the following: when a certain quantity of food that has been produced using production factors (a food product) is used to generate a different food product that is consumed in the diet and when this implies a large loss of that flow, then we can say that the flow is consumed in the internal loop of the food production.

A second explanation for the lack of a linear relation between gross supply and final domestic consumption lies in the food losses incurred in the food system (post-harvest losses). In relation to this assessment it is impossible to apply a flat rate of losses for the metabolic flow of food, as food losses vary greatly depending on the commodity and the relative importance of processing, packaging, distribution and storage in the food system (e.g. losses of fresh vegetables may reach up to 40-50 per cent depending on the distribution system). This is especially true when quantitative assessments are based on food energy rather than mass. So this assessment can be obtained either as a top-down assessment - when statistics about both the gross supply and the final domestic consumption are available - or as a bottom-up assessment (e.g. when dealing with scenarios) by characterizing the gross supply (starting

from known technical coefficients and the mix of products) and by applying estimates of losses in relation to the set of operations taking place in the food system.

c) So how do we approach the accounting for food flows?

The pitfalls discussed above emphasize the need for a coherent protocol of accounting for the metabolic pattern of food in modern societies. In particular, a food grammar is needed to organize effectively the various pieces of information into a general conceptualization of an expected set of relations among quantities determined by the metabolic characteristics of modern societies. In this way, we obtain a representation based on semantic categories including a set of primary resources (the production actors required), a set of food commodities in production (the supply in the external view), a set of nutrient carriers within the metabolic pattern (the flows of food in the internal view), and characteristics of the internal autocatalytic loop and losses (introducing non-linearity between the gross supply and final domestic consumption), and final domestic consumption (the requirement to be matched). This semantic framing of the quantitative analysis can then be translated into a formal quantitative representation (accounting system) by tailoring the template of the accounting procedure (the grammar) on to the specific characteristics of an observed instance of the class (a specific country expressing a metabolic pattern). The food grammar and the translation into a specific accounting system are illustrated in the following sections.

V - Protocol of accounting for food metabolism

a) A grammar for characterizing the metabolic pattern of food in semantic terms

The metabolic pattern of food of a modern society refers to the expected modalities of its endosomatic metabolism. An effective representation of this metabolic pattern in terms of semantic categories must take into account the two complementing views outlined in section 5.3. A food grammar generating this dual representation, based on categories of accounting relevant for both the external view (left side) and the internal view (right side), is given in Figure IV- Overview of the semantic relation over the chosen categories in the food grammarIV.

In relation to the outside view we need information on:

- The gross supply of food products to society.
- The relative contribution of domestic agriculture (biophysical processes) and imports (economic and biophysical processes) to the gross food supply of society. This gives us an idea of the openness of the food system and, therefore, of the degree of food self-sufficiency of society. The characteristics of the domestic production of food commodities are essential to analyse the actual stress on local ecosystems and the biophysical constraints to changes in or expansion of the existing metabolic pattern.

In relation to the internal view we need another three pieces of information:

- The final household consumption. This is the flow that sustains the dissipative part of the endosomatic metabolic pattern
- The share of the gross food supply that is invested in local food production in the agricultural sector (AG), such as seeds, eggs and feed crops. This flow represents the 'overhead' consumed by the hypercyclic part of the endosomatic metabolism (the internal loop of food consumed to produce food). In most modern societies, the endosomatic hypercycle is reinforced by food imports (feeds for animal production tend to be imported in many developed countries).
- The post-harvest losses, that is, the share of the gross food supply lost in the food system during processing and distribution (including transportation and storage). These losses take place across the various components of the food system, but do not include the household losses, the latter being included in the final food consumption at the household level.

In order to translate this semantic framing of the endosomatic metabolic pattern (the grammar) into a formal accounting system we must also define the set of categories used to represent the flow of food commodities (production side/outside view) and that to represent the flow of nutrient carriers (consumption side/internal view). For instance, in the case study of Mauritius we selected four categories for the accounting for food commodities ('cereals' [grains and pulses], vegetables, oils and animal products) and three for the accounting for nutrient carriers (proteins, carbohydrates and fats). The pre-analytical choice of closure of the accounting space must be made with the specific characteristics of the case study in mind and

should allow the analyst to single out relevant aspects of the system and to establish the desired relations between the outside and the inside view. This process will inevitably introduce a certain arbitrariness and approximation in the analysis and leave some aspects out of focus. For this reason, all pre-analytical choices should be declared and motivated so as to generate a transparent analysis.

b) The internal loop: a slippery interface between the inside and outside view

The existence of the internal autocatalytic loop of food energy flows represents a major complication for the accounting for food flows, especially when trying to establish a bridge between the external view (production) and the internal view (consumption). We show here how to approach this problem for the double conversion involved in animal products. In our simplified example we consider a food system in which only the following two conversions take place:

- *Conversion of grain into beef.* We assume that the production of 1 kg of beef meat (6,300 kJ of food energy) requires an input of 7 kg of grains (105,000 kJ of energy) (L.R. Brown 2006). Hence, in terms of energy we have that 1J of beef requires an input of 17J of grains.
- *Conversion of grain into chicken.* We assume that the production of 1 kg of chicken meat (5,000 kJ of food energy) requires an input of 2 kg of grains (29,000 kJ of energy) (L.R. Brown 2006). Hence, in terms of energy we have that 1.1 of chicken meat requires an input of 6J of grains.

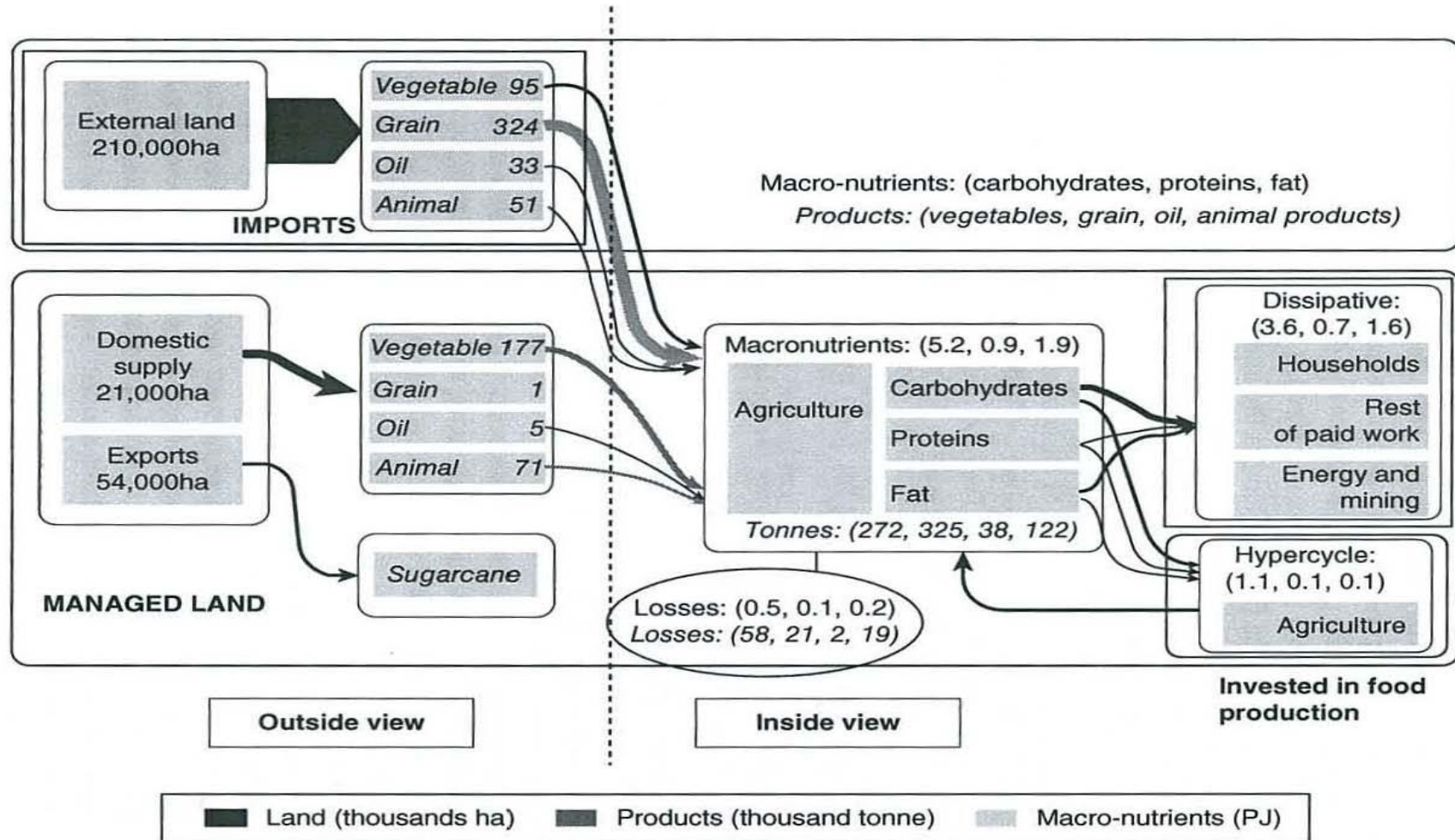
Even in this simple example, with only two types of animal products (beef and chicken), one type of feed (grains) and two corresponding conversion efficiencies (17/1 and 6/1, respectively), we cannot define an expected *flat conversion efficiency* for a generic category 'meat' (grain energy consumption per unit of gross energy supply of meat) without knowing the relative contribution of chicken and beef to the overall meat production. If meat production in the food system consists of 50 per cent chicken and 50 per cent beef, then the conversion efficiency of grain energy into meat energy at the level of society will be 11/1. But, if it consists of 80 per cent chicken and only 20 per cent beef, then the conversion

efficiency becomes $8/1$. Thus, the overall conversion efficiency of grain energy into meat energy reflects characteristics defined on two different scales of analysis: the technical coefficients of production defined at the local scale and the relative contribution of meat types in the production and consumption in the food system of society at the meso scale.

This example illustrates that it is tricky to perform calculations in generic terms of 'food energy'. Depending on the question, a given flow has to be quantified in different ways. For example, 1J of meat has to be assessed at 1J of chemical energy contained when accounted for as dietary intake (input for the human body in the internal view), but, as discussed above, at several joules of embodied energy of grains when accounting for the biophysical cost of its production in the external view. In fact, when considering the external view, the 'energetic value' of 1J of meat is no longer the same as that of 1J of grain. We encounter the same problem if we do the quantitative analysis in terms of nutrient carriers (rather than food commodities): in the external view the 'energetic value' of 1J of animal protein is not the same as that of 1J of vegetable protein. Hence we must be extremely cautious in the quantitative analysis of the metabolic pattern of modern societies in order to properly define and handle the different semantic categories used for the accounting. As will be shown also in the energy grammar, not all joules are the same!

Thus, in order to generate useful quantitative assessments we should always describe the flows of both food commodities and nutrient carriers through the food system, using the whole set of semantic categories defined by the grammar, and keep in mind how the pattern of production affects the pattern of consumption and vice versa. But even if we use a grammar (Figure IV- Overview of the semantic relation over the chosen categories in the food grammarIV), describing a set of expected features of the metabolic pattern of food in modern society (a typology), any metabolic pattern expressed by a given society will be special (a special instance of that typology). For this reason the general semantic representation (conceptualization) provided by the grammar must be formalized to tailor the system of accounting to the specific case under study. This involves the following pre-analytical choices:

Figure IV- Overview of the semantic relation over the chosen categories in the food grammar



Elaborated by author in Giampietro et al. (2014 p. 82)

- Definition of the set of categories used to describe the flows in relation to both the internal and external view. These categories must reflect the nature of the flows in relation to the characteristics of the fund elements consuming the flows (human beings) and producing the flows (physiological and agronomic characteristics of the plant and animal species used in production, technical characteristics of the industrial processes involved) at the local scale.
- Specification of the expected relations among the different flows, including the effect of internal autocatalytic loops and losses.
- Data sources used to assign numerical values to the chosen categories. In this regard, a multi-scale analysis provides a major advantage, as it combines and confronts different data sources (bottom-up and top-down information).

VI - Formalization of the food grammar

In this section we illustrate the formalization of the food grammar drawing on the data of our case study of Mauritius and following the semantic conceptualization illustrated in the text. The quantitative information presented in Figure VI - Formalization of the food grammar for Mauritius based on an accounting for tons of food commodities VI shows two possible formalizations to quantify the various flows of the metabolic pattern of food in the Mauritius islands across different scales and compartments in relation to both the internal and the external view. Note that the formalization of the grammar presented in these two figures is part of the diagnostic step (description of the actual situation), which is a prerequisite for subsequent scenario analysis.

In the formalization shown in Figure V - Formalization of the food grammar for Mauritius based on an accounting for joules of nutrient carriers, the accounting for the food flows made available or consumed by the various functional compartments is based on joules of nutrient carriers, disaggregated into carbohydrates, proteins and fats. In the formalization shown in Figure VI - Formalization of the food grammar for Mauritius based on an accounting for tons of food commodities the accounting is based on tons of food commodities, disaggregated into cereals,

vegetables, oils and animal products. The bridge from one mode of accounting to the other can be established by applying food composition values (the value of nutrient content per kg of food product) to the various flows of food products (FAO 2001). However, some caution is due in the use of food composition data. The food composition of a given product (e.g. chicken meat) can vary considerably depending on the breed or variety, the conditions of production (e.g. feed used), and the fraction of the product considered (e.g. entire chicken versus chicken breast). Caution and some expertise are needed when handling the statistical data. For instance, the assessment of 1 kg of a given animal product (e.g. pork meat) can refer either to the edible part or the live weight; 1 kg of paddy is different from 1 kg of rice; and so on. For this reason, the quantification of flows of food products in terms of energy and nutrients has to be based as much as possible on local data covering the specific characteristics of the food system under study.

In this respect, *imported* food flows pose a particular challenge. In fact, a modern food system is extremely complex, and a detailed tracking of all food flows may not always be possible. For example, how do we account for the exportation of food products (meat) for which the raw materials (livestock feed) were imported (e.g. a common case in Belgium and the Netherlands)? Even though it is impossible to provide the 'right' answer to all these questions, in general it is better to generate an approximate representation of relevant flows based on a set of expected relations over semantic categories (the grammar proposed here) than to try to mingle an enormous amount of data referring to different accounting categories without establishing first a clear distinction among them. In the absence of location-specific data, the Food Balance Sheets of the FAO (2013a) are the best option for this task, since they are organized using the same logic of accounting as our grammar (when adopting the top-down view).

The use of two distinct formalizations for the same set of semantic relations allows us to store a lot of relevant information on the present food metabolic pattern of Mauritius. In particular, a detailed analysis of the flows of nutrient carriers from the internal perspective allows us to address issues of food security and health (nutrition), for instance by looking at

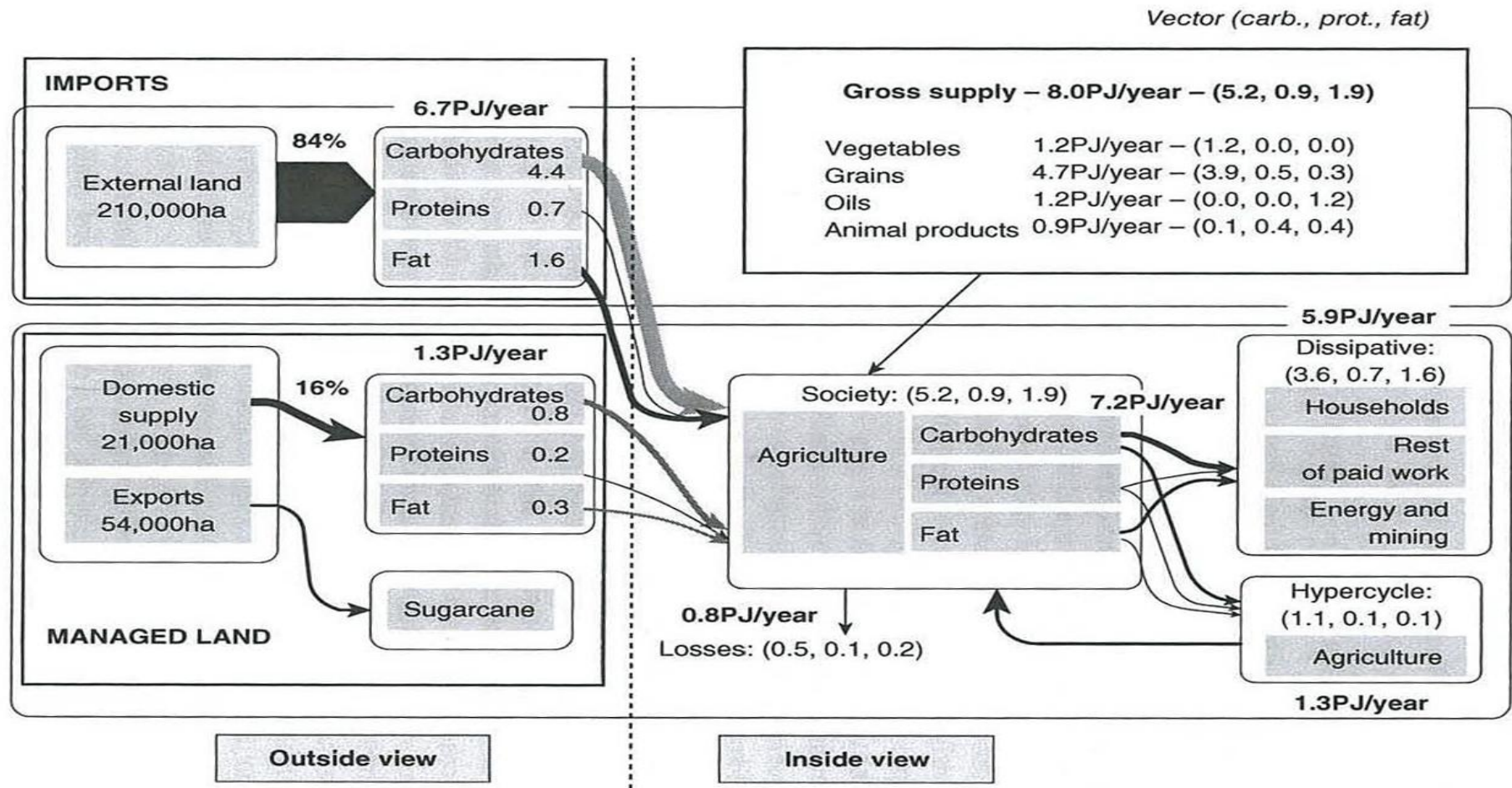
heterogeneities in the pattern of consumption among segments of the population (e.g. urban versus rural) at the local scale.

On the other hand, an accounting based on food commodities (e.g. animal products) allows us to focus on the use of natural resources and technical inputs in production and to study bottlenecks in the pattern of production. This feature is extremely important when characterizing and assessing scenarios.

Clearly, the most important feature of the grammar is that it is designed for use with similarly organized data on exosomatic energy, water, and socio-economic variables. This common logical structure makes it possible to arrive at a comprehensive representation of the societal metabolic pattern. Moreover, the organization of information across scales can be effectively used in spatial analysis. Combining the characteristics of the food flows (Figure V - Formalization of the food grammar for Mauritius based on an accounting for joules of nutrient carriers with those of the other flows and fund elements (see Table I - Multi-level and multi-dimensional representation of the metabolic pattern of Mauritius (2010)) we obtain a representation of the actual metabolic pattern in terms of a set of flow/fund ratios (diagnostic step), in which different flows share the same endowment of fund elements. These characteristics can then be compared to expected values associated with a typology of metabolic patterns.

Subsequent scenario analysis for the food system is based on the use of these observed values for the metabolic characteristics of known typologies of metabolic pattern. For instance, at the local scale we have for each land use a series of observed or typical flow/fund ratios, such as the crop yield per hectare, evapotranspiration per hectare, labour and fertilizer input per hectare, and labour productivity. Note that metabolic characteristics of newly introduced crops in the area are necessarily based on reference (typical) values observed in similar systems. Based on these metabolic characteristics at the local scale we can analyse the effects of proposed changes in land use (e.g. cropping pattern) by working our way up in the hierarchy (scaling up) and assessing the aggregate effect that these changes imply on the flows (e.g. gross and net food supply) and funds at a larger scale.

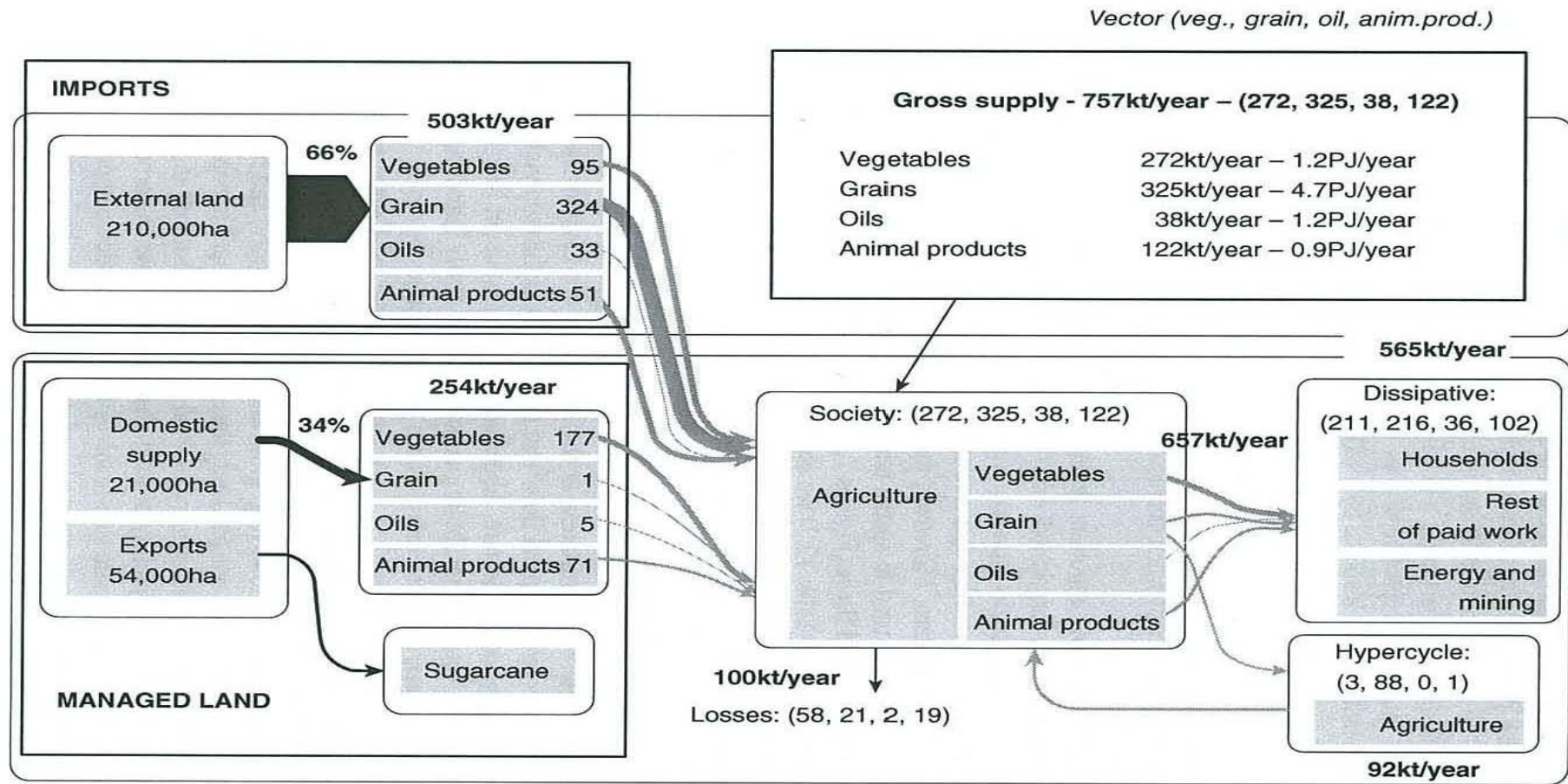
Figure V - Formalization of the food grammar for Mauritius based on an accounting for joules of nutrient carriers



Source: Ablim, 2011, AESAN,2012; Aranda et al., sd; Castle Malting, 2010; FAO, 1995, 2001 2003, 2009 2014; Gustavsson et al, 2011; INRA, 2000; MEFD, 2012a, 2012b

Elaborated by author in Giampietro et al. (2014 p. 86)

Figure VI - Formalization of the food grammar for Mauritius based on an accounting for tons of food commodities



Source: Ablim, 2011, AESAN, 2012; Aranda et al., sd; Castle Malting, 2010; FAO, 1995, 2001 2003, 2009 2014; Gustavsson et al, 2011; INRA, 2000; MEFD, 2012a, 2012b

Elaborated by author in Giampietro et al. (2014 p. 87)

In a similar way, one can study the effects of changes in population growth, immigration, the tourist industry or food preferences both on the required food supply and on the availability of fund elements to be used as production factors. Thus, while the diagnostic step involves mostly a top-down approach - starting out from national and sub-national statistics to describe the breakdown of flows and fund elements across compartments - scenario analysis is typically based on a bottom-up approach.

VII - Conclusion

In conclusion the food grammar allows us to study the biophysical limits to the existing local food supply (diagnosis of the compatibility of the local pattern of food production with the metabolic pattern of the exploited ecosystems) or check the feasibility, viability and desirability of future scenarios (simulations). Examples of these applications are given in the Mauritius case study. Analysis of the food metabolic pattern is also a powerful tool to link local-scale information (e.g. characteristics of rural households, water and soil conditions) with large-scale processes, such as (inter)national policies related to food Imports and exports or agricultural subsidies.

VIII - References

- Ablim, A. (2011). Indicadores de la cadena de valor de la Sidra. Disponible en http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/bebidas/productos/Sidra_2011_09Sep.pdf> Revisado el 14-12-2012.
- Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición –AESAN– , (2012). Tabla de composición de los alimentos. Red BEDCA. Disponible en http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/notas_prensa/red_bedca.shtml> Revisado el 13-12-2012.
- Aranda, A.; Zabalza, I.; Scarpellini, S. (sd). Análisis del ciclo de vida de la elaboración del vino. Reflexiones y propuestas para lograr un producto ecoeficiente. Inédito.
- Brown, L. R. (2006). Plan B 2.0: Rescuing a Planet under Stress and a Civilization in Trouble (información en el Capítulo 9). Washington D.C. Disponible http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/pb2ch09.pdf> Revisado el 07-04-2013.
- Castle Malting (2010), Presentation Quality malt for quality beer since 1868
- FAO. (n.d.). Technical Conversion Factors for Agricultural Commodities. Disponible <http://www.fao.org/economic/the-statistics-division-ess/methodology/methodology->

systems/technical-conversion-factors-for-agricultural-commodities/ar/> Revisado el 02-02-2015.

FAO. (1995). World livestock production system. Current status. FAO Animal Production and Health Paper 127, Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/004/w0027e/W0027E00.htm>>, Revisado el 20-11-2012.

FAO. (2001). Food Balance Sheets, A handbook. Rome, Italy: FAO. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/003/x9892e/x9892e00.htm>, Revisado el 20-11-2012.

FAO. (2003). Food energy – methods of analysis and conversión factors. FAO, Food and Nutrition Paper 77. Report of a technical workshop, Rome, 3-6 December 2002. Disponible en <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y5022e/y5022e00.pdf>> Revisado el 16-12-2012.

FAO. (2009) Agribusiness Handbook. Barley, Malt and Beer. Disponible en <http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/tci/docs/AH3_BarleyMaltBeer.pdf> Revisado el 10-01-2013.

FAO. (2013). Food Wastage Footprint: Impacts on Natural Resources- Summary Report. Rome, Italy. Disponible <<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>> Revisado el 15-01-2013.

FAO. (2014). FAOSTAT. Disponible en <<http://faostat.fao.org/>>

Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J., y Bukkens, S. (2014). Resource Accounting for Sustainability Assessment. The Nexus between Energy, Food, Water and Land Use. London: Routledge.

Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Otterdijk R., Meybeck A., (2011) Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Study conducted for the International Congress SAVE FOOD! at Interpack 2011. Düsseldorf, Germany. FAO, Rome, Italy. Disponible en <<http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf>> Revisado el 29-11-2012.

Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione –INRA-, (2000). Tabelle di Composizione degli Alimenti. Aggiornamento 2000.

Leibtag, E., (2008). Corn prices near record high, but what about food cost?. *Amber waves* 6 (1) pp. 10-15.

Ministry of Finance and Economic Development –MFED-, (2012a). Digest of Agricultural Statistics 2011. Disponible en <<http://statsmauritius.govmu.org/English/StatsbySubj/Pages/DigestAgric2011.pdf>>. Revisado el 28-08-2015.

Ministry of Finance and Economic Development –MFED–, (2012b). Digest of Statistics on Rodrigues 2011. Disponible en <http://www.gov.mu/portal/goc/cso/file/DigestStatisticsRod2011.pdf> Revisado el 03-12-2012.

Pimentel, D., y Pimentel, H. M. (2008). *Food, energy, and society* (Third Edit.). Boca Raton, Fl. : CRC Press / Taylor & Francis G., cop.

ANEXO 2: DATOS DEL CASO DE ESTUDIO DE LAS ISLAS MAURICIO.

Tabla 1 Balance alimentario de las Islas Mauricio (2010)

ITEM	Production (t)	Imports (t)	Changes in stock (t)	Export (t)	Domestic Supply quantity (t)	Feed (t)	Seed (t)	Food Manufactur (t)	Waste (t)	Other Uses (t)	Food (t)
Wheat (Equivalent) ^(a)	0	163.573	7.661	33.205	138.029	0	0	0	1.381	690	135.944
Rice (Equivalent) ^(b)	0	80.630	-3.474	788	76.368				764	577 ⁽ⁿ⁾	73.157
Maize (Equivalent) ^(c)	1.282	95.260	-3.880	859	91.804	88.016		1.000		0	3.788
Oats	0	261	0	0	261					0	261
Cereals preparations ^(d)	0	16.098	0	8.051	8.047					0	8.047
CEREALS TOTAL	1.282	355.823	307	42.903	314.509	88.016	0	1.000	2.145	1.267	221.196
Potatoes	21.818	7.690	0	0	29.508		2.906		885	590	25.127
Potatoes Prepared/preserved ^(e)	0	2.686	0	10	2.676					134	2.542
Sweet potatoes	841	0	0	0	841					0	841
Cassava (Manioc)	511	0	0	0	511					0	511
Taro	319	0	0	0	319					0	319
ROOTS, TUBER TOTAL	23.490	10.376	0	10	33.856	0	2.906	0		724	29.340
Beans, dry	0	1.089	0	31	1.058						1.058
Broad beans, dry	0	2.588	0	443	2.145						2.145
Lentils	0	3.048	0	4	3.044						3.044
Peas, dry	0	4.745	0	2	4.743						4.743
Other pulses	1.540 ^(m)	2.019	-1.540	0	2.019						2.019
PULSES TOTAL	1.540	13.489	-1.540	480	13.009	0	0	0		0	13.009
Group 1 - Cereals and Roots	26.312	379.688	-1.233	43.393	361.374	88.016	2.906	1.000		1.991	263.545
Cattle meat	2.515	3.580	0	14	6.081					60	6.021

Goat & Sheep meat ^(f)	110	5.165	0	20	5.255					53	5.202
Pig meat	800	868	0	28	1.640					16	1.624
Chicken meat	46.200	310	0	218	46.292					1.157	45.135
Rabbit meat	25	0	0		25						25
Game meat	625	0	0		625						625
Bacon, ham and sausages	0	1.515	0	21	1.494					15	1.479
Meat preparations	0	1.963	0	38	1.925					19	1.906
MEAT TOTAL	50.275	13.401	0	339	63.337	0	0	0		1.320	62.017
Hen eggs	10.200 ^(l)	10	0	37	10.173		1.017		102	509	8.545
EGGS TOTAL	10.200	10	0	37	10.173	0	1.017	0		509	8.545
Fresh milk and cream ^(g)	3.625	3.461	0	91	6.995				175	175	6.645
Dried milk exceeding 1.5% by weight of fat		3.352		11	3.341				33	66	3.242
Dried milk not exceeding 1.5% by weight of fat		10.344		126	10.218				102	204	9.912
Condensed milk		731		510	221						221
Butter and ghee ^(h)	339	945	-9	12	1.263				13	13	1.237
Cheese ⁽ⁱ⁾	0	3.129	0	11	3.118						3.118
MILK AND CHEESE TOTAL	3.964	21.962	-9	761	25.156	0	0	0		458	24.375
Fresh	4.517	260		292	4.485				23	179	4.283
Frozen equivalent	2.483	111.703	2.955	97.728	19.413				108	273	20.455
FISH TOTAL	7.000	111.963	2.955	98.020	23.898	0	0	0		452	24.738
Group 2 - Meat, Milk and products, fish	71.439	147.336	2.946	99.157	122.564	0	1.017	0		2.739	119.675
Beet	747	0	0	0	747					0	747
Cabbage	4.849	12	0	18	4.843				97	48	4.698
Carrots	5.449	31	0	0	5.480				110	55	5.315

Cauliflower	1.327	34	0	1	1.360				27	14	1.319
Cucumber	6.721	1	0	8	6.714				134	67	6.513
Lettuce	948	109	0	0	1.057				21	21	1.015
Onions, dry	6.764	11.345	0	14	18.095				543	181	17.371
Tomatoes	12.479	5	0	0	12.484		50		312	125	11.997
Tomatoes prepared	0	6.211	0	46	6.165					62	6.103
Leek	264	0	0	0	264					0	264
Pumpkin	8.074	0	0	0	8.074					0	8.074
Squash	880	0	0	0	880					0	880
Other vegetables	40.893	0	0	42	40.851					0	40.851
Mushroom (prepared)	0	1.186	0	26	1.160					12	1.148
Sweet corn (prepared)	0	1.095	0	12	1.083					11	1.072
Other vegetables (preparations)	0	4.027	0	118	3.909					39	3.870
Frozen vegetables	0	998	0	0	998					10	988
VEGETABLES AND PRODUCTS TOTAL	89.395	25.054	0	285	114.164	0	50	0		645	112.225
Oranges	0	4.102	0	10	4.092				41	41	4.010
Lemons	500	656	0	4	1.152				12		1.140
Mandarins	800	2.150	0	0	2.950				30		2.920
Other citrus fruits	250	783	0	3	1.030				10		1.020
Apples	0	4.950	0	9	4.941				49	49	4.843
Banana	11.986	0	0	0	11.986				360	239	11.387
Grapes	0	1.671	0	0	1.671				17	17	1.637
Pineapple	6.529	0	0	1.122	5.407				53	162	5.192
Raisins	0	261	0	0	261						261
Other fresh fruits	1.000	3.673	0	419	4.254				42	42	4.134
Other dried fruits	0	950	0	14	936						936
Preserved fruits	0	2.350	0	58	2.292						2.292
Fruit & vegetable juices	0	6.300	0	33	6.267						6.267

FRUITS AND PRODUCTS TOTAL	21.065	27.846	0	1.672	47.239	0	0	0		550	46.039
Group 3 - Vegetables, Fruits and products	110.460	52.900	0	1.957	161.403	0	50	0		1.195	158.264
Coconuts	1.500	1.307	0	2	2.805				84	84	2.637
Groundnut (in shell or not)	583	1.573	0	40	2.116		6				2.110
Other oilcrops	0	473	0	1	472						472
OILCROPS TOTAL	2.083	3.353	0	43	5.393	0	6	0		84	5.219
Margarine	3.401	1.857	30	29	5.259				53	53	5.153
oil edible ⁽ⁱ⁾	0	27.978	0	602	27.376					548	26.144
OIL AND FATS TOTAL	3.401	29.835	30	631	32.635	0	0	0		601	31.297
Group 4 - Oil crops, oil and fats	5.484	33.188	30	674	38.028	0	6	0		685	36.516
Tea (green leaves)	1.467	41	0	38	1.470					15	1.455
Coffee	10	499	0	17	492					5	487
Cocoa beans. Cocoa preparations and chocolate	0	1.886	0	25	1.861					56	1.805
Group 5 - Stimulants	1.477	2.426	0	80	3.823	0	0	0		76	3.747
Cane sugar ^(k)	452.473	26.945	-7.526	435.105	36.787				368	368	36.051
Group 6 - Sugar crops	452.473	26.945	-7.526	435.105	36.787	0	0	0		368	36.051
Other sugars	0	834	0	50	784						784
Sugar preparations		2.061	0	745	1.316						1.316
Honey	50	121		3	168						168
SYRUPS AND OTHERS TOTAL	50	3.016	0	798	2.268	0	0	0		0	2.268
Chillies	1.343	252	0	24	1.571				16	0	1.555
Garlic	34	1.792	0	10	1.816		2		10	0	1.804
Ginger	1.357	3	0	0	1.360		136		6	0	1.218

SPICES TOTAL	2.734	2.047	0	34	4.747	0	138	0	32	0	4.577
ALCOHOLIC BEVERAGES	Production (t)	Imports (t)	Changes in stock (t)	Export (t)	Domestic Supply quantity (t)	Feed (t)	Seed (t)	Food Manufactur (t)	Waste (t)	Other Uses (t)	Food (t)
Barley equivalent (Beer)		13.165	-888	830	11.447	0	0	0	0	307	11.141
Grape equivalent equivalent (wine)		8.957	131	67	9.021	0	0	0	0	271	8.753
Apple equivalent (Beverages fermented)		5.216	-180	83	4.953	0	0	0	0	50	4.905
ALCOHOLIC BEVERAGES TOTAL	0	27.338	-938	979	25.422	0	0	0	0	627	24.799
Group 7 - Others	2.784	32.401	-938	1.811	32.437	0	138	0	32	627	31.644
TOTAL	670.428	674.884	-6.720	582.177	756.415	88.016	4.117	1.000		7.681	649.443

Fuente: Ministry of Finance and Economic Development –MFED–, (2012a). Digest of Agricultural Statistics 2011. Disponible en <<http://statsmauritius.govmu.org/English/StatsbySubj/Pages/DigestAgric2011.pdf>>. Revisado el 28-08-2015.

Tratamiento de los datos de la Tabla 1

1.- Supuestos utilizados:

- (a) El factor de conversión de harina de trigo a trigo equivalente utilizado fue del 78% calculado a partir del balance alimentario de las islas Mauricio 2010.
- (b) Se unificó arroz *ration* y arroz *luxurious*.
- (c) Se añadió otros cereales .
- (d) Incluye *prepared breakfast foods, macaroni and spaghetti, bakery products and other*. Debido a ello, se consideró como harina de trigo.
- (e) Se consideró como *potatoes frozen*.
- (f) Todo se consideró como *goat meat*.
- (g) Todo se consideró como *cow milk, whole fresh*.
- (h) Todo se consideró como *butter of cow milk*.
- (i) Incluye *hard, semi soft and soft cheese*.
- (j) Se consideró como *soyabean oil*.
- (k) Incluye *brown sugar and white sugar combined; includes sugars used in the manufacture of soft drinks, juices, biscuits, confectioneries, etc*.
- (l) Equivale a 186 millones de huevos.
- (m) Se agregó la cantidad correspondiente a *beans* y *peas* que aparecen en las estadísticas de agricultura (véase la fuente). Sin embargo, para no modificar los valores dentro del consumo interno se restó estos valores en la variación de stock.
- (n) Sólo se consideró la cantidad de *ration*.

Tabla 2 Abastecimiento bruto de energía proveniente de los alimentos por origen y categoría (2010)

Item	Local -energy food (kcal)	Local - energy carbohydrates (kcal)	Local - energy protein (kcal)	Local - energy fat (kcal)	Import- energy food (kcal)	Import - energy carbohydrates (kcal)	Import - energy protein (kcal)	Import- energy fat (kcal)	FGR* food energy (kcal)	FGR carbohydrate (kcal)	FGR protein (kcal)	FGR fat (kcal)
Cereals	4,56e+09	3,77e+09	3,32e+08	4,61e+08	1,09e+12	9,17e+11	1,07e+11	6,45e+10	1,09e+12	9,21e+11	1,07e+11	6,50e+10
Roots, tuber	1,62e+10	1,50e+10	1,01e+09	2,11e+08	7,11e+09	6,61e+09	4,31e+08	6,44e+07	2,33e+10	2,16e+10	1,44e+09	2,75e+08
Pulses	5,24e+09	3,80e+09	1,18e+09	2,58e+08	3,95e+10	2,86e+10	9,18e+09	1,76e+09	4,48e+10	3,24e+10	1,04e+10	2,02e+09
Group 1 - cereals and roots	2,60e+10	2,26e+10	2,52e+09	9,30e+08	1,14e+12	9,52e+11	1,17e+11	6,64e+10	1,16e+12	9,75e+11	1,19e+11	6,73e+10
Meat	6,36e+10	1,13e+06	2,72e+10	3,64e+10	2,46e+10	-1,73e+06	8,86e+09	1,57e+10	8,82e+10	-6,00e+05	3,61e+10	5,21e+10
Eggs	1,41e+10	4,02e+08	4,75e+09	8,99e+09	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	1,41e+10	4,02e+08	4,75e+09	8,99e+09
Milk and cheese	4,64e+09	6,50e+08	5,24e+08	3,47e+09	7,50e+10	2,68e+10	2,35e+10	2,48e+10	7,97e+10	2,74e+10	2,40e+10	2,83e+10
Fish	6,69e+09	-2,97e+08	5,98e+09	1,01e+09	1,63e+10	-7,21e+08	1,45e+10	2,44e+09	2,29e+10	-1,02e+09	2,05e+10	3,45e+09
Group 2 - meat, milk and products, fish	8,90e+10	7,56e+08	3,84e+10	4,98e+10	1,16e+11	2,60e+10	4,69e+10	4,30e+10	2,05e+11	2,68e+10	8,53e+10	9,28e+10
Vegetables	1,92e+10	1,56e+10	2,35e+09	1,30e+09	8,02e+09	6,62e+09	8,82e+08	5,19e+08	2,73e+10	2,22e+10	3,23e+09	1,82e+09
Fruits	9,44e+09	8,63e+09	3,63e+08	4,53e+08	1,42e+10	1,32e+10	5,18e+08	5,41e+08	2,37e+10	2,18e+10	8,81e+08	9,94e+08
Group 3 - vegetables and fruits	2,87e+10	2,42e+10	2,71e+09	1,75e+09	2,22e+10	1,98e+10	1,40e+09	1,06e+09	5,09e+10	4,40e+10	4,11e+09	2,81e+09
Oilcrops	5,17e+09	7,70e+08	4,67e+08	3,94e+09	1,03e+10	1,42e+09	1,69e+09	7,22e+09	1,55e+10	2,19e+09	2,16e+09	1,12e+10
Oil and fats	2,45e+10	4,75e+07	8,71e+07	2,44e+10	2,55e+11	2,60e+07	4,76e+07	2,55e+11	2,80e+11	7,35e+07	1,35e+08	2,80e+11
Group 4 - oil crops, oil and fats	2,97e+10	8,18e+08	5,54e+08	2,83e+10	2,66e+11	1,44e+09	1,74e+09	2,63e+11	2,95e+11	2,26e+09	2,30e+09	2,91e+11
Group 5 - stimulants	5,92e+08	5,92e+08	0,00e+00	0,00e+00	7,93e+09	1,57e+09	1,36e+08	6,23e+09	8,52e+09	2,16e+09	1,36e+08	6,23e+09
Group 6 - sugar crops	1,37e+11	1,37e+11	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	1,37e+11	1,37e+11	0,00e+00	0,00e+00

Syrups and others	1,49e+08	1,49e+08	0,00e+00	0,00e+00	7,32e+09	7,32e+09	0,00e+00	0,00e+00	7,47e+09	7,47e+09	0,00e+00	0,00e+00
Spices	5,09e+09	4,03e+09	3,42e+08	7,16e+08	2,38e+09	2,07e+09	2,46e+08	6,69e+07	7,47e+09	6,10e+09	5,88e+08	7,83e+08
Alcoholic beverages	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	0,00e+00	4,52e+10	3,86e+10	4,40e+09	2,15e+09	4,52e+10	3,86e+10	4,40e+09	2,15e+09
Group 7 - others	5,24e+09	4,18e+09	3,42e+08	7,16e+08	5,49e+10	4,80e+10	4,65e+09	2,22e+09	6,01e+10	5,22e+10	4,99e+09	2,93e+09
TOTAL	3,16e+11	1,90e+11	4,46e+10	8,15e+10	1,60e+12	1,05e+12	1,72e+11	3,81e+11	1,92e+12	1,24e+12	2,16e+11	4,63e+11

* FGR= Food Gross Requirement= Consumo Bruto de Alimentos (debe coincidir con el abastecimiento bruto de alimentos)

Fuente: para determinar la cantidad de energía endosomática de los alimentos se utilizó los coeficientes de FAO (2001; 2003) e INRA, (2000). La descripción de estas referencias las podrá encontrar en el capítulo 4.

Tabla 3 Abastecimiento bruto de energía proveniente de los alimentos por origen y categoría (2010)

FGR*	Local Food Energy (J)	Local Carbohydrates (J)	Local Protein (J)	Local Fat (J)	Import Food Energy (J)	Import Carbohydrates (J)	Import Protein (J)	Import Fat (J)	FGR Food Energy (J)	FGR Carbohydrates (J)	FGR Protein (J)	FGR Fat (J)
Group 1	1,09E+14	9,44E+13	1,05E+13	3,89E+12	4,75E+15	3,98E+15	4,89E+14	2,78E+14	4,86E+15	4,08E+15	4,99E+14	2,82E+14
Group 2	3,73E+14	3,16E+12	1,61E+14	2,09E+14	4,85E+14	1,09E+14	1,96E+14	1,80E+14	8,57E+14	1,12E+14	3,57E+14	3,88E+14
Group 3	1,20E+14	1,01E+14	1,14E+13	7,32E+12	9,30E+13	8,27E+13	5,86E+12	4,44E+12	2,13E+14	1,84E+14	1,72E+13	1,18E+13
Group 4	1,24E+14	3,42E+12	2,32E+12	1,18E+14	1,11E+15	6,04E+12	7,29E+12	1,10E+15	1,24E+15	9,46E+12	9,60E+12	1,22E+15
Group 5	2,47E+12	2,47E+12	0,00E+00	0,00E+00	3,32E+13	6,55E+12	5,70E+11	2,61E+13	3,57E+13	9,02E+12	5,70E+11	2,61E+13
Group 6	5,74E+14	5,74E+14	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,74E+14	5,74E+14	0,00E+00	0,00E+00
Group 7	2,19E+13	1,75E+13	1,43E+12	3,00E+12	2,30E+14	2,01E+14	1,94E+13	9,28E+12	2,51E+14	2,18E+14	2,09E+13	1,23E+13
TOTAL	1,32E+15	7,96E+14	1,86E+14	3,41E+14	6,70E+15	4,39E+15	7,18E+14	1,60E+15	8,03E+15	5,18E+15	9,04E+14	1,94E+15

* FGR= Food Gross Requirement= Consumo Bruto de Alimentos (debe coincidir con el abastecimiento bruto de alimentos)

Tabla 4 Abastecimiento local e importado de alimentos (2010)

Item	Supply local (t)	Supply import (t)	Local - food energy (PJ)	Import -food energy (PJ)
Wheat (Equivalent)	0	138.029	0,00	1,93
Rice (Equivalent)	0	76.368	0,00	1,15
Maize (Equivalent)	1282	90.522	0,02	1,35
Oats	0	261	0,00	0,00
Cereals preparations	0	8.047	0,00	0,12
CEREALS TOTAL	1.282	313.227	0,02	4,56
Potatoes	21818,2	7.690	0,06	0,02
Potatoes Prepared/preserved	0	2.676	0,00	0,01
Sweet potatoes	841,3	0	0,00	0,00
Cassava (Manioc)	511	0	0,00	0,00
Taro	319	0	0,00	0,00
ROOTS, TUBER TOTAL	23.490	10.366	0,07	0,03
Beans, dry	0	1.058	0,00	0,02
Broad beans, dry	0	2.145	0,00	0,03
Lentils	0	3.044	0,00	0,04
Peas, dry	0	4.743	0,00	0,07
Other pulses	1540	479	0,02	0,01
PULSES TOTAL	1.540	11.469	0,02	0,17
Group 1 - Cereals and Roots	26.312	335.062	0,11	4,77
Cattle meat	2515	3.566	0,02	0,02
Goat & Sheep meat	110	5.145	0,00	0,03
Pig meat	800	840	0,01	0,01
Chicken meat	46200	92	0,24	0,00
Rabbit meat	25	0	0,00	0,00

Game meat	625	0	0,00	0,00
Bacon, ham and sausages	0	1.494	0,00	0,02
Meat preparations	0	1.925	0,00	0,02
MEAT TOTAL	50.275	13.062	0,27	0,10
Hen eggs	10173	0	0,06	0,00
EGGS TOTAL	10.173	0	0,06	0,00
Fresh milk and cream	3625	3.370	0,01	0,01
Dried milk exceeding 1.5% by weight of fat	0	3.341	0,00	0,07
Dried milk not exceeding 1.5% by weight of fat	0	10.218	0,00	0,15
Condensed milk	0	221	0,00	0,00
butter and ghee	339	924	0,01	0,03
Cheese	0	3.118	0,00	0,05
MILK AND CHEESE TOTAL	3.964	21.192	0,02	0,31
Fresh	4485	0	0,02	0,00
Frozen equivalent	2483	16.930	0,01	0,07
FISH TOTAL	6.968	16.930	0,03	0,07
Group 2 - Meat, Milk and products, fish	71.380	51.184	0,37	0,49
Beet	747	0	0,00	0,00
Cabbage	4843	0	0,00	0,00
Carrots	5449	31	0,01	0,00
Cauliflower	1327	33	0,00	0,00
Cucumber	6714	0	0,00	0,00
Lettuce	948	109	0,00	0,00
Onions, dry	6764	11.331	0,01	0,01
Tomatoes	12479	5	0,01	0,00
Tomatoes prepared	0	6.165	0,00	0,00
Leek	264	0	0,00	0,00

Pumpkin	8074	0	0,01	0,00
Squash	880	0	0,00	0,00
Other vegetables	40851	0	0,04	0,00
Mushroom (prepared)	0	1.160	0,00	0,00
Sweet corn (prepared)	0	1.083	0,00	0,00
Other vegetables (preparations)	0	3.909	0,00	0,01
Frozen vegetables	0	998	0,00	0,00
VEGETABLES AND PRODUCTS TOTAL	89.340	24.824	0,08	0,03
Oranges	0	4.092	0,00	0,01
Lemons	500	652	0,00	0,00
Mandarins	800	2.150	0,00	0,00
Other citrus fruits	250	780	0,00	0,00
Apples	0	4.941	0,00	0,01
Banana	11986	0	0,03	0,00
Grapes	0	1.671	0,00	0,00
Pineapple	5407	0	0,01	0,00
Raisins	0	261	0,00	0,00
Other fresh fruits	1000	3.254	0,00	0,01
Other dried fruits	0	936	0,00	0,01
Preserved fruits	0	2.292	0,00	0,00
Fruit & vegetable juices	0	6.267	0,00	0,01
FRUITS AND PRODUCTS TOTAL	19.943	27.296	0,04	0,06
Group 3 - Vegetables, Fruits and products	109.283	52.120	0,12	0,09
Coconuts	1500	1.305	0,01	0,01
Groundnut (in shell or not)	582,6	1.533	0,01	0,03
Other oilcrops	0	472	0,00	0,01
OILCROPS TOTAL	2.083	3.310	0,02	0,04

Margarine	3401	1.858	0,10	0,06
oil edible	0	27.376	0,00	1,01
OIL AND FATS TOTAL	3.401	29.234	0,10	1,07
Group 4 - Oil crops, oil and fats	5.484	32.544	0,12	1,11
Tea (green leaves)	1467	3	0,00	0,00
Coffee	10	482	0,00	0,00
Cocoa beans. Cocoa preparations and chocolate	0	1.861	0,00	0,03
Group 5 - Stimulants	1.477	2.346	0,00	0,03
Cane sugar	36787	0	0,57	0,00
Group 6 - Sugar crops	36.787	0	0,57	0,00
Other sugars	0	784	0,00	0,01
Sugar preparations	0	1.316	0,00	0,02
Honey	50	118	0,00	0,00
SYRUPS AND OTHERS TOTAL	50	2.218	0,00	0,03
Chillies	1343	228	0,00	0,00
Garlic	34	1.782	0,00	0,01
Ginger	1357	3	0,02	0,00
SPICES TOTAL	2.734	2.013	0,02	0,01
Barley equivalent (Beer)	0	11.447	0,00	0,16
Grape equivalent equivalent (wine)	0	9.021	0,00	0,02
Apple equivalent (Beverages fermented)	0	4.953	0,00	0,01
ALCOHOLIC BEVERAGES TOTAL	0	25.422	0,00	0,19
Group 7 - Others	2.784	29.653	0,02	0,23
Total	253.506	502.909	1,32	6,69

Tabla 5 Requerimiento de suelo para el abastecimiento bruto de alimentos (2010)

ITEM ^(d)	Production (t)	Imports (t)	Supply local (t)	Supply import (t)	Country of factor ^(a)	Yield (t/ha)	Real land Production (ha)	Virtual land Import (ha)	Real land Supply local (ha)	Virtual land Supply import (ha)
Wheat (Equivalent)	0	163.573	0	138.029	Australia	1,57	0	104.147	0	87.883
Rice (Equivalent)	0	80.630	0	76.368	Pakistan	3,58	0	22.515	0	21.325
Maize (Equivalent)	1.282	95.260	1282	90.522	Mauritius	3,83	335	24.872	335	23.635
Oats	0	261	0	261	Australia	1,36	0	191	0	191
Wheat (Cereals preparations)	0	20.638	0	10.317	Australia	1,57	0	13.140	0	6.569
CEREALS TOTAL	1.282	360.363	1.282	315.497			335	164.866	335	139.603
Potatoes	21.818	7.690	21818,2	7.690	Mauritius	20,36	1.072	378	1.072	378
Potatoes (Equivalent)	0	3.160	0	3.148	Mauritius	20,36	0	155	0	155
Sweet potatoes	841	0	841	0	Mauritius	11,43	74	0	74	0
Cassava (Manioc)	511	0	511	0	Mauritius	13,41	38	0	38	0
Taro	319	0	319	0	Mauritius	8,86	36	0	36	0
ROOTS, TUBER TOTAL	23.490	10.850	23.490	10.838			1.219	533	1.219	532
Beans, dry	0	1.089	0	1.058	Mauritius	5,17	0	211	0	205
Broad beans, dry	0	2.588	0	2.145	Mauritius	5,17	0	501	0	415
Lentils	0	3.048	0	3.044	Mauritius	5,17	0	590	0	589
Peas, dry	0	4.745	0	4.743	Mauritius	5,17	0	918	0	917
Other pulses	1.540	2.019	1.540	479	Mauritius	4,72	326	428	326	101
PULSES TOTAL	1.540	13.489	1.540	11.469			326	2.646	326	2.227
Group 1 - Cereals and Roots	26.312	384.702	26.312	337.804			1.880	168.045	1.880	142.362
					Tonne corn/tonne meat	Yield maize				
Cattle meat	2.515	3.580	2515	3.566	7,00 ^(b)	3,83	7.000	6.543	7.000	6.517
Goat & Sheep meat	110	5.165	110	5.145	21,00 ^(c)	3,83		28.320		28.210
Pig meat	800	868	800	840	6,50 ^(b)	3,83		1.473		1.426
Chicken meat	46.200	310	46200	92	2,60 ^(b)	3,83		210		62
Rabbit meat	25	0	25	0				0		0
Game meat	625	0	625	0				0		0
Bacon, ham and sausages	0	1.515	0	1.494				0		0
Meat preparations	0	1.963	0	1.925				0		0
MEAT TOTAL	50.275	13.401	50.275	13.062			7.000	36.546	7.000	36.216

Hen eggs	10.200	10	10173	0	11,00 ^(e)	3,83		29		0
EGGS TOTAL	10.200	10	10.173	0			0	29	0	0
Fresh milk	3.625	3.461	3625	3.370	0,70 ^(e)	3,83		633		616
MILK AND CHEESE TOTAL	3.964	21.962	3.964	21.192			0	633	0	616
Group 2 - Meat, Milk and products, fish	71.439	147.336	71.380	51.184			7.000	37.208	7.000	36.832
Beet	747	0	747	0	Mauritius	16,24	46	0	46	0
Cabbage	4.849	12	4843	0	Mauritius	19,91	244	1	243	0
Carrots	5.449	31	5449	31	Mauritius	14,73	370	2	370	2
Cauliflower	1.327	34	1327	33	Mauritius	21,58	62	2	62	2
Cucumber	6.721	1	6714	0	Mauritius	14,61	460	0	460	0
Lettuce	948	109	948	109	Mauritius	10,42	91	10	91	10
Onions, dry	6.764	11.345	6764	11.331	Mauritius	23,60	287	481	287	480
Tomatoes	12.479	5	12479	5	Mauritius	14,83	841	0	841	0
Tomatoes Equivalent (prepared)	0	7.963	0	7.904	Mauritius	14,83	0	537	0	533
Leek	264	0	264	0	Mauritius	12,57	21	0	21	0
Pumpkin	8.074	0	8074	0	Mauritius	15,77	512	0	512	0
Squash	880	0	880	0	Mauritius	9,78	90	0	90	0
Other vegetables	40.893	0	40851	0	Mauritius		1.869	0	1.869	0
Mushroom Equivalent (prepared)	0	1.483	0	1.450	Mauritius	11,77	0	126	0	123
Maiz verde Equivalent (Sweet corn (prepared))	0	1.369	0	1.354	Mauritius	10,14	0	135	0	134
Vegetables Equivalent (Other vegetables)	0	5.369	0	5.212	Mauritius	11,77	0	456	0	443
Vegetables Equivalent (Frozen vegetables)	0	998	0	998	Mauritius	11,77	0	85	0	85
VEGETABLES AND PRODUCTS TOTAL	89.395	28.718	89.340	28.427			4.892	1.835	4.891	1.812
Oranges	0	4.102	0	4.092	South Africa	33,40	0	123	0	123
Lemons	500	656	500	652	South Africa	18,57	0	35	0	35
Mandarins	800	2.150	800	2.150	South Africa	33,40	0	64	0	64
Other citrus fruits	250	783	250	780	South Africa	18,57	0	42	0	42
Apples	0	4.950	0	4.941	South Africa	38,94	0	127	0	127
Banana	11.986	0	11986	0	Mauritius	22,11	542	0	542	0
Grapes	0	1.671	0	1.671	South Africa	11,72	0	143	0	143
Pineapple	6.529	0	5407	0	Mauritius	26,33	248	0	205	0

Raisins	0	261	0	261						
Other fresh fruits	1.000	3.673	1000	3.254	Mauritius	6,90	0	532	0	472
Other dried fruits	0	950	0	936						
Preserved fruits	0	2.938	0	2.865	Mauritius	6,90	0	426	0	415
Grape Equivalent (Fruit & vegetable juices)	0	12.600	0	12.534	South Africa	11,72	0	1.075	0	1.070
FRUITS AND PRODUCTS TOTAL	21.065	34.734	19.943	34.136			790	2.568	747	2.490
Group 3 - Vegetables, Fruits and products	110.460	63.452	109.283	62.563			5.682	4.402	5.639	4.302
Coconuts	1.500	1.307	1500	1.305	India	5,71	0	229	0	228
Groundnut (in shell or not)	583	1.573	582,6	1.533	Mauritius	2,72	214	578	214	564
Soyabean Equivalent (Other oilcrops)	0	473	0	472	Argentina	1,85	0	256	0	255
OILCROPS TOTAL	2.083	3.353	2.083	3.310			214	1.063	214	1.047
Margarine	3.401	1.857	3401	1.858						
Soja Equivalent (crude oil)	0	29.015	0	28.405	Argentina	1,85	0	15.684	0	15.354
OIL AND FATS TOTAL	3.401	30.872	3.401	30.263			0	15.684	0	15.354
Group 4 - Oil crops, oil and fats	5.484	34.225	5.484	33.573			214	16.747	214	16.402
Tea (green leaves)	7.370	206	7.372	15	Mauritius	10,56	698	20	698	1
Coffee	10	499	10	482	Brazil	1,14	0	438	0	423
Cocoa beans. Cocoa preparations and chocolate	0	1.886	0	1.861	Brazil	0,34	0	5.547	0	5.474
Group 5 - Stimulants	7.380	2.591	7.382	2.358			698	6.004	698	5.898
Cane sugar	4.362.118	259.836	354.744	0	Mauritius	74,30	58.710	3.497	4.774	0
Group 6 - Sugar crops	4.362.118	259.836	354.744	0			58.710	3.497	4.774	0
Cane sugar Equivalent (Other sugars+Sugar preparations)	0	27.917	0	20.251	Mauritius	74,30	0	376	0	273
Honey	50	121	50	118						
SYRUPS AND OTHERS TOTAL	50	28.038	50	20.369			0	376	0	273
Chillies	1.343	252	1343	228	Mauritius	5,55	242	45	242	41
Garlic	34	1.792	34	1.782	Mauritius	6,07	6	295	6	294
Ginger	1.357	3	1357	3	Mauritius	21,89	62	0	62	0
SPICES TOTAL	2.734	2.047	2.734	2.013			310	341	310	335
Barley equivalent (Beer)		13.165	0	11.447	Netherland	6,96	0	1.892	0	1.645
Grape equivalent equivalent		8.957	0	9.021	South Africa	11,72	0	764	0	770

(wine)										
Apple equivalent (Beverages fermented)		5.216	0	4.953	South Africa	38,94	0	134	0	127
ALCOHOLIC BEVERAGES										
TOTAL	0	27.338	0	25.422			0	2.790	0	2.542
Group 7 - Others	2.784	57.423	2.784	47.804			310	3.506	310	3.149
TOTAL	4.585.976	949.565	577.368	535.286			74.494	239.410	20.515	208.944

(a) Para determinar los requerimientos de suelo se utilizó los rendimientos agrícolas de las islas Mauricio, para los alimentos que no se producen en las islas se utilizó los rendimientos del país que es el principal importador. Para ello, se utilizó la base de datos de comercio de la FAO, disponible en < http://faostat3.fao.org/download/TD/*/E>

(b) Leibtag (2008), véase la referencia en el capítulo 4.

(c) Pimentel y Pimentel (2008), véase la referencia en el capítulo 4.

(d) Los coeficientes de transformación de productos derivados a productos equivalentes se tomaron de FAO (n.d.), veasé la referencia en el capítulo 4.

Tabla 6 Abastecimiento Neto de Alimentos (NFS) (2010)

Item	Food (t)	Food after waste (t)	Consumption (g/person/day)	Food Energy/person/day				NFS			
				Food Energy (kcal)	Carbohydrate (kcal)	Protein (kcal)	Fat (kcal)	Food Energy (kcal)	Carbohydrate (kcal)	Protein (kcal)	Fat (kcal)
Wheaten flour	106.036	100.798	215,22	783,00	669,00	95,00	19,80	3,88E+11	3,31E+11	4,70E+10	9,81E+09
Rice (Equivalent)	73.157	69.543	148,49	535,00	488,00	38,00	8,70	2,65E+11	2,42E+11	1,89E+10	4,32E+09
Maize	3.000	2.852	6,09	21,70	17,90	1,58	2,19	1,07E+10	8,82E+09	7,78E+08	1,08E+09
Oats	261	248	0,53	2,04	1,47	0,24	0,33	1,00E+09	7,24E+08	1,17E+08	1,64E+08
Cereals preparations	8.047	7.649	16,33	59,50	50,70	7,21	1,50	2,93E+10	2,50E+10	3,55E+09	7,41E+08
CEREALS TOTAL	190.501	181.090	387	1400,00	1230,00	142,00	32,50	6,94E+11	6,08E+11	7,04E+10	1,61E+10
Potatoes	25.127	21.692	46,32	31,00	28,60	2,06	0,39	1,72E+10	1,59E+10	1,14E+09	2,15E+08
Potatoes Prepared/preserved	2.542	2.195	4,69	3,42	3,26	0,16	0,00	1,95E+09	1,86E+09	8,93E+07	0,00E+00
Sweet potatoes	841	726	1,55	1,43	1,37	0,03	0,03	7,74E+08	7,43E+08	1,64E+07	1,41E+07
Cassava (Manioc)	511	441	0,94	1,03	0,99	0,02	0,02	5,57E+08	5,36E+08	1,28E+07	8,55E+06
Taro	319	275	0,59	0,51	0,47	0,02	0,01	2,74E+08	2,56E+08	1,33E+07	5,34E+06
ROOTS, TUBER TOTAL	29.340	25.329	54	37,40	34,70	2,29	0,44	2,08E+10	1,93E+10	1,28E+09	2,43E+08
Beans, dry	1.058	1.026	2,19	7,47	5,48	1,68	0,31	3,61E+09	2,65E+09	8,11E+08	1,51E+08
Broad beans, dry	2.145	2.081	4,44	15,20	10,90	3,61	0,74	7,36E+09	5,26E+09	1,74E+09	3,59E+08
Lentils	3.044	2.953	6,31	21,80	15,60	5,30	0,95	1,05E+10	7,52E+09	2,56E+09	4,59E+08
Peas, dry	4.743	4.602	9,83	34,00	24,80	7,67	1,48	1,64E+10	1,20E+10	3,70E+09	7,15E+08
Other pulses	2.019	1.959	4,18	14,20	10,30	3,19	0,70	6,86E+09	4,99E+09	1,54E+09	3,38E+08
PULSES TOTAL	13.009	12.621	27	92,70	67,10	21,40	4,19	4,48E+10	3,24E+10	1,04E+10	2,02E+09
Group 1 Cereals, Roots and pulses	232.850	219.041	468	1530,00	1330,00	166,00	37,20	7,60E+11	6,60E+11	8,20E+10	1,84E+10
Cattle meat	6.021	5.376	11,48	17,20	-0,03	9,07	8,18	9,12E+09	-1,54E+07	4,80E+09	4,33E+09
Goat & Sheep meat	5.202	4.644	9,92	12,20	0,01	5,93	6,26	6,46E+09	4,20E+06	3,14E+09	3,32E+09
Pig meat	1.624	1.450	3,1	10,10	-0,02	1,45	8,66	5,35E+09	-9,68E+06	7,70E+08	4,59E+09
Chicken meat	45.135	40.297	86,04	105,00	0,02	45,20	59,80	5,65E+10	1,16E+07	2,43E+10	3,22E+10
Rabbit meat	25	22	0,05	0,06	0,00	0,03	0,02	2,95E+07	7,75E+04	1,81E+07	1,13E+07
Game meat	625	558	1,19	1,24	0,00	0,92	0,32	6,50E+08	5,00E+05	4,80E+08	1,69E+08
Bacon, ham and sausages	1.479	1.320	2,82	10,20	-0,04	1,58	8,67	5,41E+09	-2,27E+07	8,36E+08	4,60E+09
Meat preparations	1.906	1.702	3,63	8,79	0,06	3,20	5,54	4,66E+09	3,08E+07	1,69E+09	2,93E+09
MEAT TOTAL	62.017	55.369	118	165,00	0,00	67,40	97,40	8,82E+10	-6,00E+05	3,61E+10	5,21E+10
Hen eggs	8.545	8.545	18,25	25,40	0,72	8,51	16,10	1,26E+10	3,58E+08	4,22E+09	8,00E+09
EGGS TOTAL	8.545	8.545	18	25,40	0,72	8,51	16,10	1,26E+10	3,58E+08	4,22E+09	8,00E+09
Fresh milk and cream	6.645	5.921	12,64	7,71	2,26	1,78	3,67	4,05E+09	1,19E+09	9,36E+08	1,93E+09
Dried milk exceeding 1.5% by weight of fat	3.242	2.889	6,17	30,60	9,19	6,93	14,50	1,64E+10	4,93E+09	3,71E+09	7,76E+09
Dried milk not exceeding 1.5% by	9.912	8.832	18,86	68,30	37,80	29,10	1,33	3,66E+10	2,03E+10	1,56E+10	7,11E+08

weight of fat												
Condensed milk	221	197	0,42	1,35	0,89	0,14	0,32	7,09E+08	4,66E+08	7,45E+07	1,69E+08	
butter and ghee	1.237	1.237	2,64	18,90	0,01	0,10	18,80	8,96E+09	3,60E+06	4,80E+07	8,91E+09	
Cheese	3.118	2.778	5,93	23,00	0,46	6,33	16,20	1,21E+10	2,42E+08	3,33E+09	8,50E+09	
MILK AND CHEESE TOTAL	24.375	21.853	47	150,00	50,60	44,40	54,80	7,88E+10	2,71E+10	2,37E+10	2,80E+10	
Fresh	4.283	3.568	7,62	7,31	-0,32	6,54	1,10	4,28E+09	-1,90E+08	3,83E+09	6,44E+08	
Frozen	10.117	8.427	17,99	17,30	-0,77	15,40	2,60	9,93E+09	-4,40E+08	8,87E+09	1,49E+09	
Other (preserved)	5.242	4.366	9,32	8,95	-0,40	8,00	1,35	5,07E+09	-2,25E+08	4,53E+09	7,62E+08	
FISH TOTAL	19.642	16.361	35	33,50	-1,49	30,00	5,04	1,93E+10	-8,55E+08	1,72E+10	2,90E+09	
Group 2, Meat, eggs , milk and fish	114.579	102.128	218	373,00	49,80	150,00	173,00	1,99E+11	2,66E+10	8,13E+10	9,10E+10	
Beet	747	645	1,38	0,26	0,22	0,04	0,00	1,42E+08	1,19E+08	2,28E+07	0,00E+00	
Cabbage	4.698	3.932	8,4	1,60	1,50	0,02	0,07	9,02E+08	8,50E+08	1,16E+07	3,97E+07	
Carrots	5.315	4.449	9,5	3,61	3,21	0,24	0,16	2,04E+09	1,82E+09	1,34E+08	8,99E+07	
Cauliflower	1.319	1.104	2,36	0,21	0,15	0,05	0,02	1,20E+08	8,28E+07	2,60E+07	1,12E+07	
Cucumber	6.513	5.451	11,64	1,51	1,27	0,14	0,10	8,55E+08	7,20E+08	8,03E+07	5,51E+07	
Lettuce	1.015	850	1,81	0,22	0,14	0,05	0,03	1,24E+08	7,92E+07	2,78E+07	1,73E+07	
Onions, dry	17.371	14.540	31,04	9,62	8,15	0,95	0,52	5,44E+09	4,61E+09	5,37E+08	2,94E+08	
Tomatoes	11.997	10.041	21,44	3,64	2,87	0,42	0,36	2,06E+09	1,62E+09	2,37E+08	2,03E+08	
Tomatoes prepared	6.103	5.108	10,91	2,07	1,65	0,24	0,18	1,17E+09	9,33E+08	1,35E+08	1,03E+08	
Leek	264	221	0,47	0,18	0,16	0,01	0,00	9,77E+07	9,10E+07	4,51E+06	2,21E+06	
Pumpkin	8.074	6.758	14,43	2,74	2,30	0,32	0,12	1,53E+09	1,29E+09	1,77E+08	6,76E+07	
Squash	880	737	1,57	0,30	0,25	0,03	0,01	1,67E+08	1,41E+08	1,93E+07	7,37E+06	
Other vegetables	21.952	18.374	39,23	8,63	6,63	1,34	0,66	4,83E+09	3,71E+09	7,50E+08	3,67E+08	
Mushroom prepared	1.148	961	2,05	0,49	0,35	0,10	0,05	2,78E+08	1,95E+08	5,38E+07	2,91E+07	
Sweet corn prepared	1.072	897	1,92	1,48	1,27	0,11	0,10	8,34E+08	7,19E+08	6,08E+07	5,44E+07	
Other vegetables preparations	3.870	3.239	6,92	3,73	3,10	0,41	0,23	2,11E+09	1,75E+09	2,29E+08	1,31E+08	
Frozen vegetables	988	827	1,77	1,25	1,04	0,14	0,07	7,09E+08	5,86E+08	8,04E+07	4,18E+07	
VEGETABLES AND PRODUCTS TOTAL	93.326	78.133	167	41,60	34,30	4,59	2,69	2,34E+10	1,93E+10	2,59E+09	1,51E+09	
Oranges	4.010	3.356	7,17	2,44	2,21	0,17	0,06	1,38E+09	1,25E+09	9,53E+07	3,39E+07	
Lemons	1.140	954	2,04	0,31	0,23	0,04	0,03	1,71E+08	1,29E+08	2,30E+07	1,91E+07	
Mandarins	2.920	2.444	5,22	1,67	1,54	0,09	0,04	9,34E+08	8,61E+08	4,91E+07	2,44E+07	
Other citrus fruits	1.020	854	1,82	0,47	0,41	0,03	0,03	2,65E+08	2,31E+08	1,71E+07	1,71E+07	
Apples	4.843	4.054	8,66	4,15	3,91	0,03	0,22	2,35E+09	2,21E+09	1,64E+07	1,23E+08	
Banana	11.387	9.531	20,35	12,20	11,20	0,48	0,51	6,98E+09	6,41E+09	2,73E+08	2,92E+08	
Grapes	1.637	1.370	2,93	1,55	1,40	0,05	0,10	8,77E+08	7,93E+08	2,78E+07	5,54E+07	
Pineapple	5.192	4.346	9,28	2,41	2,19	0,06	0,16	1,39E+09	1,27E+09	3,60E+07	8,96E+07	
Raisins	261	218	0,47	1,39	1,33	0,05	0,02	7,80E+08	7,41E+08	2,81E+07	1,09E+07	
Other fresh fruits	4.134	3.460	7,39	3,32	2,89	0,12	0,31	1,88E+09	1,63E+09	7,02E+07	1,75E+08	

Other dried fruits	936	783	1,67	4,47	4,22	0,16	0,08	2,50E+09	2,36E+09	8,81E+07	4,70E+07
Preserved fruits	2.292	1.918	4,1	1,47	1,34	0,07	0,07	8,25E+08	7,48E+08	3,85E+07	3,84E+07
Fruit & vegetable juices	6.267	5.245	11,2	5,38	5,09	0,19	0,09	3,01E+09	2,85E+09	1,05E+08	5,25E+07
TOTAL FRUITS AND PRODUCTS	46.039	38.535	82	41,30	38,00	1,54	1,72	2,33E+10	2,15E+10	8,68E+08	9,78E+08
Group 3, Vegetables and fruits	139.365	116.668	249	82,80	72,30	6,13	4,41	4,67E+10	4,08E+10	3,45E+09	2,49E+09
Coconuts	2.637	2.558	5,46	10,10	1,77	0,32	7,96	5,01E+09	8,83E+08	1,61E+08	3,96E+09
Groundnut	2.110	2.047	4,37	18,10	2,13	2,84	13,10	8,74E+09	1,03E+09	1,37E+09	6,34E+09
Other oilcrops	472	458	0,98	3,28	0,51	1,29	1,47	1,58E+09	2,48E+08	6,22E+08	7,11E+08
OILCROPS TOTAL	5.219	5.063	11	31,40	4,41	4,45	22,60	1,53E+10	2,16E+09	2,15E+09	1,10E+10
Margarine	5.153	5.153	11	79,20	0,15	0,28	78,80	3,75E+10	7,28E+07	1,33E+08	3,73E+10
Refined oil (edible)	25.846	25.846	55,19	488,00	0,00	0,00	488,00	2,33E+11	0,00E+00	0,00E+00	2,33E+11
OIL AND FATS TOTAL	30.999	30.999	66	567,00	0,15	0,28	567,00	2,71E+11	7,28E+07	1,33E+08	2,71E+11
Group 4, Oils crops	36.218	36.062	77	598,00	4,57	4,73	589,00	2,86E+11	2,23E+09	2,29E+09	2,82E+11
Tea (green leaves)	1.455	1.455	3,11	1,24	1,24	0,00	0,00	5,88E+08	5,88E+08	0,00E+00	0,00E+00
Coffee	487	487	1,04	0,58	0,58	0,00	0,00	2,76E+08	2,76E+08	0,00E+00	0,00E+00
Cocoa beans. Cocoa preparations and chocolate	1.805	1.805	3,85	16,00	2,77	0,28	12,90	7,70E+09	1,34E+09	1,36E+08	6,23E+09
Group 5, Stimulants	3.747	3.747	8	17,80	4,60	0,28	12,90	8,57E+09	2,20E+09	1,36E+08	6,23E+09
Sugar	36.051	36.051	76,98	287,00	287,00	0,00	0,00	1,36E+11	1,36E+11	0,00E+00	0,00E+00
Group 6, Sugar Crops	36051	36051	76,98	287,00	287,00	0,00	0,00	1,36E+11	1,36E+11	0,00E+00	0,00E+00
Other sugars	784	784	1,67	6,16	6,16	0,00	0,00	2,89E+09	2,89E+09	0,00E+00	0,00E+00
Sugar preparations	1.316	1.316	2,81	8,71	8,71	0,00	0,00	4,08E+09	4,08E+09	0,00E+00	0,00E+00
Honey	168	168	0,36	1,07	1,07	0,00	0,00	5,01E+08	5,01E+08	0,00E+00	0,00E+00
SYRUPS AND OTHERS TOTAL	2.268	2.268	5	15,90	15,90	0,00	0,00	7,47E+09	7,47E+09	0,00E+00	0,00E+00
Chillies	1.555	1.302	2,78	0,70	0,55	0,07	0,07	3,89E+08	3,08E+08	4,17E+07	3,90E+07
Garlic	1.804	1.510	3,22	4,19	3,65	0,43	0,11	2,35E+09	2,04E+09	2,42E+08	6,04E+07
Ginger	1.218	1.019	2,18	7,55	5,98	0,48	1,09	4,23E+09	3,34E+09	2,70E+08	6,12E+08
SPICES TOTAL	4.577	3.831	8	12,40	10,20	0,99	1,27	6,96E+09	5,70E+09	5,54E+08	7,11E+08
Beer	35.090	35.090	74,92	36,70	35,50	1,26	0,00	1,77E+10	1,71E+10	6,06E+08	0,00E+00
wine	6.565	6.565	14,02	9,53	9,53	0,00	0,00	4,46E+09	4,46E+09	0,00E+00	0,00E+00
Beverages fermented	3.270	3.270	6,98	3,28	3,26	0,02	0,00	1,54E+09	1,53E+09	1,10E+07	0,00E+00
ALCOHOLIC BEVERAGES TOTAL	44.925	44.925	96	49,50	48,20	1,28	0,00	2,37E+10	2,31E+10	6,17E+08	0,00E+00
Group 7, Others	51.770	51.024	109	77,90	74,40	2,27	1,27	3,81E+10	3,62E+10	1,17E+09	7,11E+08
TOTAL	614.579	564.721	1.206	2970,00	1820,00	329,00	818,00	1,47E+12	9,03E+11	1,70E+11	4,00E+11

ANEXO 3: DATOS DEL CASO DE ESTUDIO DEL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS

Tabla 7 Balance alimentario del Archipiélago de Galápagos (2010)

Categoría	Producción (t)	Exportación (t)	Importación (t)	Consumo Interno (t)	Procesados (t)	Semilla (t)	Otros (t)	Animal (t)	Alimento (t)
Caña de azúcar	39	0	2.839	2.877	21	0	12	5	2.839
Caña de azúcar / azúcar	0		2.839	2.839	0	0	0	0	2.839
Caña de azúcar / otros usos	39		0	38	21	0	12	5	
Cereales	59	0	4.668	4.726	0	1	3	1.545	3.177
Maíz duro seco	25		1.517	1.543	0	0	0	1.540	2
Maíz suave - choclo	31		73	105	0	0	2	5	97
Arroz			1.700	1.700					1.700
Trigo	2		1.377	1.379	0	0	0	0	1.379
Estimulantes	54	48	0	7	0	0	1	0	6
Café cereza fresca	54	48	0	7	0	0	1	0	6
Frutas	782	0	956	1.738	0	3	77	53	1.606
Banano	164		475	640	0	3	16	44	577
Naranja	405		134	540	0	0	33	2	504
Piña	62		0	62	0	0	19	1	42
Plátano	87		293	380	0	0	6	6	368
Sandía	63		53	117	0	0	3	0	114
Legumbres	5	0	133	138	0	0	0	0	138
Lenteja			58	58					58
Frejol seco grano	5		75	79	0	0	0	0	79
Raíces tubérculos	237	0	896	1.133	0	0	43	90	1.000
Papa	4		820	824	0	0	0	0	824
Yuca	232		77	309	0	0	43	90	176
Hortalizas	355	0	66	421	0	0	30	8	383
Cebolla	10		65	75	0	0	0	0	75
Col	47		0	47	0	0	24	0	22
Tomate riñón	299		1	300	0	0	6	8	286
Oleaginosas	0	0	701	701	0	0	0	0	701
Palma africana			701	701					701
Carne	964	0	198	1.161	0	0	0	0	1.161
Carne de res	401		0	401					401
Carne de pollo	563		198	761					761
Total	2.495	48	10.457	12.903	21	4	166	1.702	11.010

Fuente: véase el capítulo 5

Tabla 8 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de alimentos (2010)

Producto	Producción (t)	Superficie (Ha)	Consumo de agua (m³)	Actividad Humana (Horas)	Fertilizantes (Kg)	Plaguicidas (Kg)
Caña de azúcar	39	13	6.903	0	0	0
Caña de azúcar / azúcar	0		0	0	0	0
Caña de azúcar / otros usos	39	13	6.903	0	0	0
Cereales	59	48	176.967	9.355	7.220	193
Maíz duro seco	25	12	74.288	4.076	1.864	50
Maíz suave - choclo	31	36	91.620	5.278	5.356	143
Arroz			0	0	0	0
Trigo	2		11.059	0	0	0
Estimulantes	54	588	1.282.532	37.451	44.123	2.942
Café cereza fresca	54	588	1.282.532	37.451	44.123	2.942
Frutas	782	703	855.614	232.517	372.383	11.463
Banano	164	250	60.028	61.837	124.940	3.748
Naranja	405	272	632.092	113.452	177.073	5.448
Piña	62	37	20.127	17.287	3.722	112
Plátano	87	133	127.905	32.872	66.375	1.991
Sandía	63	11	15.463	7.069	273	164
Legumbres	5	2	22.259	0	0	0
Lenteja			0	0	0	0
Frejol seco grano	5	2	22.259	0	0	0
Raíces tubérculos	237	104	177.373	57.645	0	312
Papa	4	0	2.348	0	0	0
Yuca	232	104	175.025	57.645	0	312
Hortalizas	355	17	268.905	294.273	4.334	162
Cebolla	10	0	3.930	411	1	7
Col	47	4	155.808	1.953	12	70
Tomate riñón	299	12	109.167	291.909	4.320	85
Oleaginosas	0	0	0	0	0	0
Palma africana			0	0	0	0
Carne	964	0	0	0	0	0
Carne de res	401			0		
Carne de pollo	563			0		
Total	2.495	1.475	2.790.554	631.240	428.059	15.071

Fuente: véase el capítulo 5

Tabla 9 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción de alimentos importados (2010)

Producto	Importación (t)	Superficie (Ha)	Consumo de agua (m³)	Actividad Humana (Horas)	Energía (MJ)	Fertilizantes (Kg)	Plaguicidas (Kg)
Caña de azúcar	2.839	37	505.352	15.602	471.734	14.672	519
Caña de azúcar / azúcar	2.839	37	505.352	15.602	471.734	14.672	519
Caña de azúcar / otros usos	0	0	0	0	0	0	0
Cereales	4.668	2.573	16.368.608	620.052	16.852.500	658.914	17.501
Maíz duro seco	1.517	379	4.424.845	102.427	1.837.616	187.024	2.276
Maíz suave - choclo	73	70	214.274	29.323	732.705	19.105	126
Arroz	1.700	403	2.967.743	95.862	3.459.088	106.818	1.329
Trigo	1.377	1.721	8.761.746	392.440	10.823.091	345.967	13.770
Estimulantes	0	0	0	0	0	0	0
Café cereza fresca	0						
Frutas	956	80	824.745	56.557	271.764	14.841	665
Banano	475	14	173.539	25.012	156.207	5.244	101
Naranja	134	54	209.812	15.063	0	4.896	430
Piña	0	0	0	0	0	0	0
Plátano	293	9	428.309	15.285	95.462	3.205	62
Sandía	53	3	13.085	1.197	20.095	1.496	72
Legumbres	133	325	807.239	220.887	199.859	103.245	2.248
Lenteja	58	58	452.969	30.777	0	11.891	350
Frejol seco grano	75	267	354.270	190.110	199.859	91.354	1.899
Raíces tubérculos	896	101	486.395	116.961	464.367	62.182	1.410
Papa	820	99	428.660	115.734	464.367	61.698	1.402
Yuca	77	3	57.735	1.227	0	484	8
Verduras	66	5	26.674	2.401	32.100	2.387	111
Cebolla	65	5	26.176	2.355	31.918	2.355	110
Col	0	0	205	0	0	0	0
Tomate riñón	1	0	293	46	182	31	1
Oleaginosas	701	53	501.756	16.402	0	25.054	696
Palma africana	701	53	501.756	16.402	0	25.054	696
Carne	198	0	0	0	0	0	0
Carne de res	0						
Carne de pollo	198						
Total	10.457	3.174	19.520.770	1.048.863	18.292.324	881.295	23.150

Fuente: véase el capítulo 5

Tabla 10 Consumo de alimentos por residente y tipo de turista (2010)

Producto	Consumo Residentes (g/persona/día)	Consumo Turistas Nacionales y por tierra (g/persona/día)	Consumo de Turistas Extranjeros (g/persona/día)	Alimentos (residentes + turistas) (t)	Alimentos en productos primarios y pérdidas (t)
Caña de azúcar	26	48	80	305	2.839
Azúcar/ Caña de azúcar	26	48	80	305	2.839
Caña de azúcar / otros usos				0	
Cereales	259	248	273	2.639	3.177
Maíz duro seco		4		2	2
Maíz suave - choclo	6	15	34	80	97
Arroz	146	122	19	1412	1.700
Trigo	107	107	220	1145	1.379
Estimulantes	0	0	11	5	6
Café cereza fresca		0	11	5	6
Frutas	71	376	126	905	1.606
Banano	19	270	30	326	577
Naranja	26	15	77	284	504
Piña	2	3	17	24	42
Plátano	17	88	2	208	368
Sandía	7			64	114
Legumbres	12	6	8	114	138
Lenteja	5	5		48	58
Frejol seco grano	7	1	8	66	79
Raíces tubérculos	61	68	146	667	1.000
Papa	49	60	146	550	824
Yuca	12	8	0	117	176
Verduras	15	18	139	216	383
Cebolla	3	6	28	42	75
Col	1	1		13	22
Tomate riñón	11	11	111	161	286
Oleaginosas	8	25	61	119	701
Palma africana	8	25	61	119	701
Carne	88	111	246	989	1.161
Carne de res	28	48	106	341	401
Carne de pollo	60	63	140	648	761
Total	540	900	1.091	5.960	11.010

Fuente: véase el capítulo 5

Tabla 11 Energía endosomática consumida por residente y tipo de turista (2010)

PRODUCTO	Residentes (kcal/persona día)			Turista nacional/Turista extranjero por tierra (kcal/persona/día)			Turista extranjero por curcero y mixto (kcal/persona/día)		
	Carbohidratos (kcal)	Proteína (kcal)	Grasas (kcal)	Carbohidratos (kcal)	Proteína (kcal)	Grasas (kcal)	Carbohidratos (kcal)	Proteína (kcal)	Grasas (kcal)
Caña de azúcar	102	0	0	187	0	0	312	0	0
Azúcar	102	0	0	187	0	0	312	0	0
Caña de azúcar / otros usos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cereales	765	90	45	727	87	46	756	111	57
Maíz duro seco	0	0	0	11	1	1	0	0	0
Maíz suave - choclo	18	2	2	44	4	5	100	9	12
Arroz	457	42	22	382	35	18	60	5	3
Trigo	290	47	21	290	47	21	596	96	42
Estimulantes	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Café cereza fresca	0	0	0	0	0	0	5	0	0
Frutas	32	2	1	216	9	9	46	3	2
Banano	10	0	0	149	6	7	17	1	1
Naranja	8	1	0	5	0	0	24	2	1
Piña	0	0	0	1	0	0	4	0	0
Plátano	12	0	0	61	2	2	2	0	0
Sandía	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Legumbres	29	9	2	15	5	1	20	6	1
Lenteja	12	4	1	12	4	1	0	0	0
Frejol seco grano	17	5	1	3	1	0	20	6	1
Raíces tubérculos	43	2	1	45	3	1	90	7	1
Papa	30	2	0	37	3	1	90	6	1
Yuca	13	0	0	8	0	0	0	0	0
Verduras	2	0	0	3	1	0	20	3	2
Cebolla	1	0	0	1	0	0	5	1	0
Col	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tomate riñón	1	0	0	1	0	0	15	2	2
Oleaginosas	0	0	73	0	0	221	0	0	539
Palma africana	0	0	73	0	0	221	0	0	539
Carne	0	54	62	0	71	78	0	157	173
Carne de res	0	23	21	0	38	34	0	84	76
Carne de pollo	0	31	41	0	33	44	0	74	97
Total	973	158	184	1.193	175	356	1.249	287	776

Fuente: véase el capítulo 5

ANEXO 4: DATOS DEL CASO DE ESTUDIO - ECUADOR

Tabla 12 Balance alimentario del Ecuador (2012)

PRODUCTO	Input (t)	Output (t)	Variación de stock (t)	Exportación (t)	Importación (t)	Consumo interno (t)	Semillas (t)	Desperdicios (t)	Pienso (t)	Procesamiento (t)	Otros consumos (t)	Alimento bruto (t)	Alimento neto (t)
Cereales	2.888.938	2.862.708	0	26.818	942.318	3.778.207	49.279	41.303	1.465.701			2.221.925	1.309.066
Arroz	1.565.535	1.565.535		22.886	71.666	1.614.315	43.209	15.655	0			1.555.451	846.663
Maíz amarillo duro en grano seco	1.215.193	1.215.193		2.749	302.830	1.515.273	1.768	24.304	1.465.419			23.782	20.548
Maíz suave en choclo	72.624	46.915		1.166	2.296	48.046	2.050	469	0			45.527	39.335
Maíz suave en grano seco	28.136	28.136		17	258	28.377	1.173	563	281			26.359	22.774
Trigo	7.450	6.929		0	565.268	572.197	1.079	312				570.805	379.745
Raíces, tubérculos	356.046	352.485	0	15.893	13.628	350.220	42.337	3.525	0			304.358	283.418
Papa	285.100	282.249		12.400	13.628	283.478	42.337	2.822	0			238.318	221.921
Yuca	70.945	70.236		3.493	0	66.743	0	702	0			66.040	61.497
Azúcar	7.378.922	7.378.922	0	305.524	698.341	7.771.739		368.946	109.208		5.105.158	2.188.427	234.818
Caña de azúcar	7.378.922	7.378.922	0			7.378.922		368.946	109.208	4.364.632	2.536.135		0
Azúcar cruda	4.364.632	468.325		32.783	74.932	510.474					275.656	234.818	234.818
Legumbres	26.415	20.845	4.221	14.633	4.701	15.134	1.064	625	0			13.445	12.913
Frejol seco en vaina	9.990	9.990	4.221	13.664	928	1.475	500	300	0			676	649
Fréjol tierno en vaina	15.916	10.345		969	8	9.385	517	310	0			8.557	8.218
Arveja en grano seco	509	509		0	3.766	4.274	47	15	0			4.212	4.045
Oleaginosas	2.720.127	2.712.643	0	1.631.348	600.168	1.681.463	0	459.890	0			1.221.573	214.221
Soya en grano	71.076	63.592		7.280	599.775	656.086	0	682	0			655.404	117.973
Palma Africana en fruta fresca	2.649.051	2.649.051		1.624.068	393	1.025.376	0	459.208	0			566.169	96.249
Hortalizas	62.956	62.956	0	19.659	44.303	87.599	0	1.889	0			85.711	67.883
Cebolla colorada y perla	0	0		17.917	37.654	19.737	0	0	0			19.737	15.632
Tomate riñón en fruta fresca	62.956	62.956		1.742	6.649	67.862	0	1.889	0			65.974	52.251
Frutas	7.586.259	7.478.192	0	5.155.512	8.507	2.331.187	0	103.443	47.728			2.180.016	1.726.573

Banano en fruta fresca	7.012.244	6.977.183		4.970.432	7.923	2.014.674	0	34.886	37.996			1.941.793	1.537.900
Plátano en fruta fresca en racimo	559.319	486.608		185.037	568	302.138	0	68.125	9.732			224.281	177.630
Tomate de árbol	14.695	14.402		43	17	14.375	0	432	0			13.943	11.043
Estimulantes	140.663	140.663	144.127	285.353	8.725	8.162	0	3.000	0			5.162	5.162
Café	7.340	7.340	88.450	99.515	5.725	2.000	0	1.000	0	0	0	1.000	1.000
Cacao	133.323	133.323	55.677	185.838	3.000	6.162		2.000				4.162	4.162
Carne	770.094	770.094		0	6.498	776.592	0	7.463	0			769.130	686.833
Carne de vacuno	166.431	166.431		0	72	166.503	0	3.830	0			162.674	145.268
Porcinos	151.534	151.534		0	6.402	157.936	0	3.633	0			154.303	137.793
Pollo	452.129	452.129		0	24	452.153	0	1	0			452.152	403.772
Leche y huevos	2.645.859	2.645.859		52.054	6.553	2.600.359		73.700	50.024			2.476.635	2.212.923
Leche	2.401.361	2.401.361		52.054	6.553	2.355.860	0	48.027	50.024			2.257.809	1.994.097
Huevos en cáscara	244.498	244.498		0	0	244.498	0	25.672	0			218.826	218.826
Pescado	702.000	702.000		723.000	213.000	192.000	0	0	81.000	0	0	111.000	95.904
Pescados	515.000	515.000		586.000	213.000	142.000	0	0	81.000			61.000	52.704
Crustáceos	187.000	187.000		137.000	0	50.000						50.000	43.200
Bebidas alcohólicas	327.000	327.000		1.000	9.000	335.000						335.000	335.000
Cerveza	327.000	327.000		1.000	9.000	335.000						335.000	335.000

Fuente: véase el capítulo 6

Tabla 13 Consumo de alimentos de un residente ecuatoriano (2012)

Producto	kg/persona/día	gramos/persona/día	kcal/persona/día
Cereales	84	231	814
Arroz	55	149	538
Maíz amarillo duro	1	4	13
Maíz suave en choclo	3	7	25
Maíz suave en grano seco	1	4	14
Trigo en grano	24	67	224
Raíces, tubérculos	18	50	38
Papa en tubérculo	14	39	26
Yuca en raíz fresca	4	11	12
Azucareros			155
Azúcar cruda	15	41	155
Legumbres	1	2	8
Frejol seco en vaina	0	0	0
Fréjol tierno en vaina	1	1	5
Arveja en grano seco	0	1	2
Oleaginosas y productos derivados	48	133	323
Soya en grano	42	116	
Palma Africana en fruta fresca	6	17	150
Hortalizas y productos derivados	4	12	2
Cebolla colorada	1	3	1
Tomate Riñón en fruta fresca	3	9	2
Frutas y productos derivados	111	305	187
Banano en fruta fresca	99	271	163
Plátano en fruta fresca en racimo	11	31	24
Tomate de árbol	1	2	1
Estimulantes y productos derivados	0	1	4
Café	0	0	0
Cacao	0	1	4
Producto de animales sacrificados	49	135	214
Carne de vacuno	9	26	38
Carne de porcino	9	24	79
Carne de pollo	26	71	87
Pescado	2	6	5
Crustáceos	3	8	4
Producto de animales vivos	143	391	268
Leche cruda	128	352	215
Huevos en cáscara	14	39	54
Bebidas alcohólicas	22	59	29
Total valores	481	1.319	2.042

Fuente: véase el capítulo 6

Tabla 14 Estimación de las semillas utilizadas en la producción de alimentos importados

Producto	Importaciones (t)	semillas de la importación (t)	Importaciones + semillas (t)	Requerimiento interno + semillas de la importación (t)
Cereales	942.318	20.865	963.183	3.799.073
Arroz	71.666	1.978	73.644	1.616.293
Maíz amarillo duro en grano seco	302.830	440	303.270	1.515.714
Maíz suave en choclo	2.296	65	2.361	48.111
Maíz suave en grano seco	258	11	268	28.387
Trigo en grano húmedo y sucio	565.268	18.371	583.639	590.568
Raíces, tubérculos	13.628	2.024	15.652	352.244
Papa en tubérculo fresco con impurezas	13.628	2.024	15.652	285.501
Yuca en raíz fresca con impurezas	-	-	-	66.743
Azucareros	698.341	-	698.341	7.771.739
Caña de azúcar en tallo fresco	698.341	-	698.341	7.771.739
Legumbres	4.701	396	5.098	15.531
Frejol seco en vaina	928	46	974	1.522
Fréjol tierno en vaina	8	0	9	9.385
Arveja en grano seco	3.766	350	4.115	4.624
Oleaginosas y productos derivados	600.168	-	600.168	1.681.463
Soya en grano	599.775	-	599.775	656.086
Palma Africana en fruta fresca	393	-	393	1.025.376
Hortalizas y productos derivados	44.303	-	44.303	87.599
Cebolla colorada	37.654	-	37.654	19.737
Tomate Riñón en fruta fresca	6.649	-	6.649	67.862
Frutas y productos derivados	8.507	-	8.507	2.331.187
Banano en fruta fresca	7.923	-	7.923	2.014.674
Plátano en fruta fresca en racimo	568	-	568	302.138
Tomate de árbol	17	-	17	14.375
Estimulantes	8.725	-	8.725	9.000
Café	5.725	-	5.725	2.000
Cacao	3.000	-	3.000	7.000
Bebidas alcohólicas	65.914	15.032	80.946	104.000
Cebada equivalente	65.914	15.032	80.946	91.908

Tabla 15 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de tomate riñon (2012)

TOMATE RIÑON							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	2.412	18	44.466	2.050.224	73.880	2.682.176	11.342.595
Azuay	9	106	981	7.899	285	10.334	43.702
Bolívar	18	40	744	15.664	564	20.492	86.659
Cañar	-	-	-	-	-	-	-
Carchi	779	22	17.497	662.314	23.867	866.463	3.664.166
Cotopaxi	242	35	8.586	206.076	7.426	269.596	1.140.089
Chimborazo	350	27	9.349	297.785	10.731	389.573	1.647.456
Imbabura	489	9	4.352	416.035	14.992	544.272	2.301.661
Loja	108	9	952	91.611	3.301	119.849	506.825
Pichincha	346	2	852	294.174	10.601	384.849	1.627.478
Tungurahua	33	35	1.138	27.747	1.000	36.299	153.504
Santo Domingo De Los Tsáchilas	36	0	15	30.919	1.114	40.449	171.054
Región costa	640	29	18.327	320.216	13.891	811.897	2.462.398
El Oro	-	-	-	-	-	-	-
Esmeraldas	-	-	-	-	-	-	-
Guayas	59	27	1.596	29.378	1.274	74.488	225.914
Los Ríos	-	-	-	-	-	-	-
Manabí	12	3	38	5.911	256	14.987	45.454
Santa Elena	569	29	16.694	284.927	12.360	722.422	2.191.031
Región oriental	24	6	153	20.400	735	26.688	112.860
Morona Santiago	-	-	-	-	-	-	-
Napo	-	-	-	-	-	-	-
Orellana	-	-	-	-	-	-	-
Pastaza	-	-	-	-	-	-	-
Sucumbíos	23	7	152	19.550	704	25.576	108.158
Zamora Chinchipe	1	1	1	850	31	1.112	4.703
Total nacional tomate riñón	3.076	20	62.947	2.390.841	88.506	3.520.761	13.917.854
Valores promedio por hectárea tomate riñón				777	29	1.145	4.525

Tabla 16 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de frejol tierno (2012)

FREJOL TIERNO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	25.342	0	9.834	13.836.842	125.000	15.458.743	199.192.436
Azuay	11.986	0,11	1.376	6.544.442	59.122	7.311.556	94.212.488
Bolívar	3.255	0,16	516	1.777.116	16.054	1.985.422	25.583.003
Cañar	603	0,12	73	329.161	2.974	367.744	4.738.542
Carchi	447	1,4	625	244.283	2.207	272.916	3.516.643
Cotopaxi	1.076	0,26	277	587.723	5.309	656.613	8.460.740
Chimborazo	2.479	0,9	2.221	1.353.796	12.230	1.512.483	19.488.982
Imbabura	1.543	1,44	2.228	842.616	7.612	941.384	12.130.130
Loja	2.594	0,31	813	1.416.105	12.793	1.582.096	20.385.972
Pichincha	793	0,94	742	432.745	3.909	483.469	6.229.707
Tungurahua	562	1,71	962	307.084	2.774	343.079	4.420.724
Santo Domingo De Los Tsáchilas	3	0,37	1	1.772	16	1.979	25.506
Región costa	4.544	1	6.012	2.480.909	22.412	2.771.712	35.714.680
El Oro	36	0,14	5	19.709	178	22.019	283.726
Esmeraldas		-		-	-		-
Guayas	898	3,22	2.890	490.101	4.428	547.548	7.055.393
Los Ríos	1.363	1,12	1.532	743.948	6.721	831.151	10.709.726
Manabí	2.248	0,71	1.585	1.227.152	11.086	1.370.994	17.665.834
Santa Elena		-		-	-		-
Región oriental	205	0	70	111.854	1.010	124.965	1.610.233
Morona Santiago	25	0,28	7	13.574	123	15.165	195.413
Napo		-		-	-		-
Orellana		-		-	-		-
Pastaza		-		-	-		-
Sucumbíos	89	0,45	40	48.594	439	54.290	699.550
Zamora Chinchipe	91	0,25	23	49.686	449	55.510	715.270
Total nacional Frejol tierno	30.091	0,53	15.916	16.429.606	148.423	18.355.421	236.517.348
Valores promedio por hectárea Frejol tierno				546	4,93	610	7.860,11

Tabla 17 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de frejol seco (2012)

FREJOL SECO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	30.952	0	7.873	10.502.891	219.822	22.033.836	26.189.941
Azuay	11.203	0,14	1.527	4.122.656	81.053	8.082.871	-
Bolívar	7.548	0,2	1.517	2.777.828	54.613	5.446.204	-
Cañar	645	0,17	108	237.376	4.667	465.399	-
Carchi	610	0,87	530	110.961	3.885	401.778	3.346.233
Cotopaxi	1.983	0,17	339	360.931	12.637	1.306.887	10.884.488
Chimborazo	3.907	0,49	1.912	1.437.901	28.270	2.819.146	-
Imbabura	1.546	0,51	791	281.293	9.848	1.018.530	8.482.888
Loja	2.877	0,3	874	1.058.669	20.814	2.075.623	-
Pichincha	595	0,44	263	108.304	3.792	392.156	3.266.094
Tungurahua	38	0,3	12	6.972	244	25.243	210.238
Santo Domingo De Los Tsáchilas	-	-	-	-	-	-	-
Región costa	4.042	1	2.079	1.487.623	29.247	2.916.630	-
El Oro	36	0,21	8	13.382	263	26.238	-
Esmeraldas	-	-	-	-	-	-	-
Guayas	846	0,63	529	311.360	6.121	610.451	-
Los Ríos	2.793	0,47	1.323	1.027.695	20.205	2.014.897	-
Manabí	357	0,6	215	131.406	2.583	257.634	-
Santa Elena	10	0,32	3	3.780	74	7.410	-
Región oriental	114	0	39	37.718	805	80.828	124.913
Morona Santiago	23	0,48	11	4.142	145	14.998	124.913
Napo	-	-	-	-	-	-	-
Orellana	-	-	-	-	-	-	-
Pastaza	-	-	-	-	-	-	-
Sucumbíos	-	-	-	-	-	-	-
Zamora Chinchipe	91	0,31	28	33.576	660	65.829	-
Total nacional Frejol seco	35.109	0,28	9.990	12.028.233	249.874	25.031.294	26.314.854
Valores promedio por hectárea Frejol seco				342,6	7,12	712,96	749,52

Tabla 18 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de arroz (2012)

ARROZ							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	7.439	4	28.210	2.045.650	55.790	1.249.706	55.344.111
Azuay	0	-	-	-	-	-	-
Bolívar	32	1,02	32	8.681	237	5.303	234.856
Cañar	711	4,18	2.972	195.556	5.333	119.467	5.290.666
Carchi	0	-	-	-	-	-	-
Cotopaxi	369	0,85	314	101.539	2.769	62.031	2.747.078
Chimborazo	0	-	-	-	-	-	-
Imbabura	0	-	-	-	-	-	-
Loja	6.327	3,93	24.892	1.739.875	47.451	1.062.905	47.071.511
Pichincha	0	-	-	-	-	-	-
Tungurahua	0	-	-	-	-	-	-
Santo Domingo De Los Tsáchilas	0	-	-	-	-	-	-
Región costa	363.159	4,23	1.536.425	96.249.176	1.174.658	86.872.457	3.132.379.002
El Oro	3.604	2,12	19.776	940.562	22.271	915.336	39.313.653
Esmeraldas	193	4,34	409	50.425	1.194	49.073	2.107.683
Guayas	237.316	4,04	1.029.783	61.939.499	177.987	60.278.287	2.588.949.396
Los Ríos	109.957	3,48	444.330	30.018.126	865.907	23.090.866	452.279.116
Manabí	12.090	-	42.128	3.300.564	107.299	2.538.895	49.729.155
Santa Elena	0	-	-	-	-	-	-
Región oriental	572	1,57	900	156.156	8.214	231.088	-
Morona Santiago	6	0,83	5	1.638	87	2.424	-
Napo		-			-		-
Orellana	562	1,59	891	153.426	8.070	227.048	-
Pastaza		-			-		-
Sucumbíos	4	1	4	1.092	57	1.616	-
Zamora Chinchipe		-			-		-
Total nacional arroz	371.170	4,22	1.565.535	98.450.982	1.238.662	88.353.251	3.187.723.113
Valores promedio por hectárea arroz				265,2	3,3	238	8.588,30

Tabla 19 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de papa (2012)

PAPA							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	34.183	8	284.742	21.337.744	484.605	40.071.414	160.747.648
Azuay	1.913	3,48	6.662	1.530.028	13.621	2.337.118	8.993.719
Bolívar	953	5,92	5.645	762.671	6.790	1.164.980	4.483.089
Cañar	2.773	8,35	23.158	2.218.788	19.753	3.389.198	13.042.346
Carchi	4.459	17,94	79.979	2.621.703	69.689	5.180.985	20.966.995
Cotopaxi	6.655	9,71	64.637	3.913.400	104.025	7.733.624	31.297.300
Chimborazo	10.015	5,06	50.657	5.889.081	156.541	11.637.946	47.097.752
Imbabura	1.058	8,5	8.988	621.912	16.531	1.229.017	4.973.725
Loja	200	1,61	323	159.958	1.424	244.337	940.258
Pichincha	2.954	7,18	21.205	1.736.905	46.170	3.432.456	13.890.849
Tungurahua	3.203	7,33	23.487	1.883.297	50.061	3.721.754	15.061.614
Santo Domingo De Los Tsáchilas		-			-		-
Región costa	117	1,26	147	93.212	830	142.382	547.915
El Oro	117	1,26	147	93.212	830	142.382	547.915
Esmeraldas		-			-		-
Guayas		-			-		-
Los Ríos		-			-		-
Manabí		-			-		-
Santa Elena		-			-		-
Región oriental	17	12,34	212	10.187	265	19.987	80.787
Morona Santiago	0	7,43	3	323	3	494	1.900
Napo	2	2,64	5	1.112	30	2.198	8.895
Orellana		-			-		-
Pastaza		-			-		-
Sucumbíos	15	13,71	204	8.752	233	17.295	69.992
Zamora Chinchipe		-			-		-
Total nacional papa	34.317	8,31	285.101	21.441.144	485.700	40.233.783	161.376.350
Valores promedio por hectárea papa				624,8	14,2	1.172,40	4.702

Tabla 20 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de palma africana (2012)

PALMA AFRICANA							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	32.235	12	395.866	13.848.730	123.630	9.891.504	-
Azuay		-			-		-
Bolívar	103	16,42	1.691	39.346	438	27.192	-
Cañar		-			-		-
Carchi		-			-		-
Cotopaxi	1.890	7,87	14.876	721.980	8.040	498.960	-
Chimborazo		-			-		-
Imbabura	-	-			-		-
Loja		-			-		-
Pichincha	19.187	11,74	225.286	8.864.394	68.123	6.446.832	-
Tungurahua		-			-		-
Santo Domingo De Los Tsáchilas	11.055	13,93	154.013	4.223.010	47.028	2.918.520	-
Región costa	140.961	11,6	1.635.548	62.072.142	527.319	44.616.240	-
El Oro		-			-		-
Esmeraldas	102.813	10,89	1.119.496	47.499.606	365.038	34.545.168	-
Guayas	9.115	14,23	129.661	3.481.930	38.775	2.406.360	-
Los Ríos	27.854	13,52	376.674	10.640.228	118.491	7.353.456	-
Manabí	1.179	8,24	9.717	450.378	5.015	311.256	-
Santa Elena		-			-		-
Región oriental	25.381	24,33	617.636	18.502.749	1.971.088	7.309.728	-
Morona Santiago		-			-		-
Napo		-			-		-
Orellana	4.794	22,71	108.894	3.494.826	372.302	1.380.672	-
Pastaza		-			-		-
Sucumbíos	20.587	24,71	508.742	15.007.923	1.598.786	5.929.056	-
Zamora Chinchipe		-			-		-
Total nacional palma africana	198.577	13,34	2.649.050	94.423.621	2.622.037	61.817.472	-
Valores promedio por hectárea palma africana				476	13	311	-

Tabla 21 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de banano (2012)

BANANO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	32.913	10	319.429	11.980.334	237.764	57.134.782	356.827.257
Azuay	361	2,28	823	131.452	2.609	626.900	3.915.214
Bolívar	6.108	4,74	28.929	2.223.310	44.124	10.603.073	66.220.004
Cañar	6.763	13,83	93.511	2.461.604	48.853	11.739.508	73.317.450
Carchi		-		-	-	-	-
Cotopaxi	4.458	25,76	114.843	1.622.726	32.205	7.738.856	48.331.941
Chimborazo	307	2,41	740	111.808	2.219	533.216	3.330.123
Imbabura	904	4,57	4.127	328.898	6.527	1.568.531	9.796.038
Loja	12.631	2,23	28.146	4.597.596	91.245	21.926.156	136.936.729
Pichincha	186	6,27	1.167	67.764	1.345	323.168	2.018.298
Tungurahua	7	0,55	4	2.518	50	12.007	74.988
Santo Domingo De Los Tsáchilas	1.189	39,66	47.138	432.658	8.587	2.063.367	12.886.472
Región costa	173.937	38,36	6.672.107	63.313.024	1.256.520	301.942.827	1.885.741.509
El Oro	62.828	36,13	2.269.901	22.869.490	453.871	109.065.689	681.154.439
Esmeraldas	3.055	39,37	38.815	1.111.895	22.067	5.302.679	33.117.137
Guayas	40.264	44,03	1.585.131	14.656.041	290.866	69.895.357	436.521.632
Los Ríos	62.536	4,67	2.753.724	22.762.955	451.757	108.557.614	677.981.329
Manabí	5.190	4,41	24.251	1.889.151	37.492	9.009.452	56.267.264
Santa Elena	65	-	285	23.492	466	112.037	699.709
Región oriental	4.044	5,12	20.708	1.472.064	29.215	7.020.344	43.844.570
Morona Santiago	2.717	5,07	13.768	988.913	19.626	4.716.175	29.454.209
Napo	136	0,11	15	49.653	985	236.795	1.478.873
Orellana		-		-	-	-	-
Pastaza	148	2,78	412	54.042	1.073	257.727	1.609.596
Sucumbíos	409	3,09	1.261	148.736	2.952	709.327	4.430.002
Zamora Chinchipe	634	8,28	5.251	230.721	4.579	1.100.319	6.871.891
Total nacional banano	210.894	33,25	7.012.244	76.765.422	1.523.498	366.097.953	2.286.413.337
Valores promedio por hectárea banano				364	7	1.736	10.842

Tabla 22 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de banano (2012)

CACAO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	61.369	0,34	20.730	16.569.733	567.974	38.294.495	-
Azuay	2.837	0,26	742	766.080	26.260	1.770.496	-
Bolívar	14.353	0,2	2.831	3.875.201	132.833	8.956.019	-
Cañar	8.152	0,39	3.148	2.201.101	75.449	5.086.989	-
Carchi	-	-	-	-	-	-	-
Cotopaxi	12.096	0,39	4.722	3.265.876	111.947	7.547.802	-
Chimborazo	221	0,17	39	59.628	2.044	137.806	-
Imbabura	85	0,25	21	22.887	785	52.893	-
Loja	94	0,48	46	25.451	872	58.820	-
Pichincha	9.945	0,53	5.274	2.685.188	92.042	6.205.769	-
Tungurahua	-	-	-	-	-	-	-
Santo Domingo De Los Tsáchilas	13.586	0,29	3.908	3.668.322	125.742	8.477.900	-
Región costa	298.757	0,34	100.584	80.664.451	2.764.998	186.424.508	-
El Oro	15.165	0,39	5.987	4.094.428	140.348	9.462.679	-
Esmeraldas	48.432	0,26	12.821	13.076.517	448.234	30.221.283	-
Guayas	88.047	0,46	40.917	23.772.738	814.877	54.941.438	-
Los Ríos	82.679	0,36	30.109	22.323.264	765.192	51.591.543	-
Manabí	64.374	0,17	10.650	17.381.005	595.782	40.169.435	-
Santa Elena	61	1,63	100	16.499	566	38.131	-
Región oriental	30.050	0,4	12.009	8.113.412	278.110	18.750.997	-
Morona Santiago	775	0,54	422	209.236	7.172	483.568	-
Napo	5.498	0,14	747	1.484.563	50.888	3.430.990	-
Orellana	8.901	0,41	3.691	2.403.204	82.376	5.554.071	-
Pastaza	1.041	0,65	674	281.076	9.635	649.598	-
Sucumbíos	12.417	0,49	6.068	3.352.485	114.916	7.747.966	-
Zamora Chinchipe	1.418	0,29	407	382.848	13.123	884.804	-
Total nacional cacao	390.176	0,34	133.323	105.347.596	3.611.081	243.470.001	-
Valores promedio por hectárea cacao				270	9,26	624	-

Tabla 23 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de soya (2012)

SOYA							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	-	-	-	-	-	-	-
Azuay		-			-		-
Bolívar		-			-		-
Cañar		-			-		-
Carchi		-			-		-
Cotopaxi		-			-		-
Chimborazo		-			-		-
Imbabura		-			-		-
Loja		-			-		-
Pichincha		-			-		-
Tungurahua		-			-		-
Santo Domingo De Los Tsáchilas		-			-		-
Región costa	40.307	1,58	63.592	5.501.906	181.485	9.351.224	74.051.967
El Oro		-			-		-
Esmeraldas		-			-		-
Guayas	1.598	1,37	2.188	218.127	19.797	370.736	2.935.843
Los Ríos	38.709	1,59	61.404	5.283.779	161.687	8.980.488	71.116.124
Manabí		-			-		-
Santa Elena		-			-		-
Región oriental	-	-	-	-	-	-	-
Morona Santiago		-			-		-
Napo		-			-		-
Orellana		-			-		-
Pastaza		-			-		-
Sucumbíos		-			-		-
Zamora Chinchipe		-			-		-
Total nacional soya	40.307	1,58	63.592	5.501.906	181.485	9.351.224	74.051.967
Valores promedio por hectárea soya				136,5	4,5	232	1.837,20

Tabla 24 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de maíz suave en choclo (2012)

MAÍZ SUAVE CHOCLO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	68.341	1,04	71.102	18.657.229	123.048	28.635.087	715.519.420
Azuay	15.750	0,21	3.347	4.299.629	28.352	6.599.065	164.894.171
Bolívar	16.294	1,16	18.881	4.448.138	29.331	6.826.996	170.589.617
Cañar	1.203	0,19	233	328.468	2.169	504.132	12.596.998
Carchi	249	2,5	624	68.053	452	104.448	2.609.895
Cotopaxi	12.614	0,26	3.254	3.443.630	22.708	5.285.278	132.065.923
Chimborazo	7.668	1,21	9.296	2.093.267	13.805	3.212.742	80.278.421
Imbabura	1.604	2,37	3.799	437.966	2.891	672.190	16.796.358
Loja	4.615	1,02	4.693	1.259.886	8.310	1.933.671	48.317.628
Pichincha	2.864	2,24	6.410	781.743	5.157	1.199.818	29.980.457
Tungurahua	5.480	3,75	20.563	1.496.175	9.868	2.296.327	57.379.482
Santo Domingo De Los Tsáchilas	1	1	1	273	5	419	10.470
Región costa	636	2,11	1.338	173.561	1.162	266.381	6.656.192
El Oro	61	2,53	153	16.555	112	25.409	634.905
Esmeraldas	22	0,64	14	6.078	43	9.329	233.102
Guayas	198	4,6	910	54.066	359	82.980	2.073.455
Los Ríos	240	0,12	30	65.483	435	100.504	2.511.340
Manabí	115	2	230	31.378	210	48.160	1.203.390
Santa Elena		-		-	3	-	-
Región oriental	184	1,01	185	50.169	349	76.999	1.924.003
Morona Santiago	25	0,24	6	6.807	48	10.448	261.058
Napo		-		-	3	-	-
Orellana		-		-	3	-	-
Pastaza		-		-	3	-	-
Sucumbíos	108	1,38	150	29.585	198	45.407	1.134.615
Zamora Chinchipe	50	0,57	29	13.776	94	21.144	528.329
Total nacional maíz suave choclo	69.161	1,05	72.625	18.880.958	124.559	28.978.466	724.099.614
Valores promedio por hectárea maíz suave choclo				273	1,8	419	10.469,77

Tabla 25 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de maíz duro seco (2012)

MAÍZ DURO SECO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	49.293	2,48	122.027	13.006.266	181.040	19.723.788	224.037.108
Azuay	491	0,9	441	134.043	1.866	203.274	2.308.934
Bolívar	4.126	0,88	3.646	1.126.398	15.679	1.708.164	19.402.567
Cañar	745	0,34	252	203.385	2.831	308.430	3.503.372
Carchi	155	2,88	446	42.315	589	64.170	728.889
Cotopaxi	5.729	1,62	9.287	1.564.017	21.770	2.371.806	26.940.695
Chimborazo	237	0,75	177	64.701	901	98.118	1.114.496
Imbabura	1.744	0,71	1.245	476.112	6.627	722.016	8.201.182
Loja	33.068	3,06	101.339	9.027.564	125.658	13.690.152	155.502.689
Pichincha	1.347	0,62	841	367.731	5.119	557.658	6.334.285
Tungurahua		-	1.060		-		-
Santo Domingo De Los Tsáchilas	1.651	1,99	3.293		-		-
Región costa	264.107	4,05	1.069.987	145.003.442	1.793.647	64.256.906	1.373.005.063
El Oro	2.850	1,68	4.793	2.074.800	11.350	853.575	20.374.118
Esmeraldas	1.559	1,47	2.286	784.957	11.702	357.011	7.331.217
Guayas	46.288	5,15	238.391	33.697.664	184.342	13.863.256	330.904.279
Los Ríos	150.185	4,56	684.142	75.618.148	1.127.289	34.392.365	706.246.865
Manabí	58.797	2,2	129.266	29.604.290	441.330	13.464.513	276.493.637
Santa Elena	4.428	2,51	11.109	3.223.584	17.635	1.326.186	31.654.946
Región oriental	16.269	1,42	23.178	4.473.975	157.907	5.141.004	-
Morona Santiago	1.463	0,75	1.102	402.325	14.200	462.308	-
Napo	1.204	0,62	742	331.100	11.686	380.464	-
Orellana	9.241	1,77	16.370	2.541.275	89.693	2.920.156	-
Pastaza	1.010	1,24	1.257	277.750	9.803	319.160	-
Sucumbíos	1.669	1,23	2.047	458.975	16.199	527.404	-
Zamora Chinchipe	1.682	0,99	1.660	462.550	16.325	531.512	-
Total nacional maíz duro seco	329.669	3,69	1.215.192	162.483.683	2.132.594	89.121.698	1.597.042.171
Valores promedio por hectárea maíz duro seco				493	6	270	4.844

Tabla 26 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de maíz suave seco (2012)

MAÍZ SUAVE SECO							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	66.608	0,42	27.817	15.935.640	318.837	21.430.251	146.331.698
Azuay	15.913	0	6.409	4.193.192	145.242	6.619.992	-
Bolívar	18.525	0	6.322	4.214.438	12.180	3.779.101	58.243.408
Cañar	1.189	1	725	313.310	10.852	494.637	5.236.939
Carchi	299	1	192	68.103	1.477	106.571	941.188
Cotopaxi	15.927	0	5.408	3.623.435	78.561	5.670.079	50.075.762
Chimborazo	4.864	0	1.691	1.106.673	3.198	992.357	15.294.182
Imbabura	2.936	1	1.558	667.886	14.481	1.045.131	9.230.162
Loja	4.629	1	4.286	1.219.654	42.246	1.925.526	-
Pichincha	2.121	1	1.156	482.532	10.462	755.083	6.668.578
Tungurahua	203	0	69	46.189	133	41.418	638.335
Santo Domingo De Los Tsáchilas	1	-	-	228	5	356	3.144
Región costa	214	0,52	112	155.731	852	64.068	1.529.249
El Oro	210	1	109	153.173	838	63.015	1.504.123
Esmeraldas		-			-		-
Guayas		-			-		-
Los Ríos		-			-		-
Manabí	4	1	3	2.559	14	1.053	25.126
Santa Elena		-			-		-
Región oriental	323	0,64	206	73.425	400	72.529	1.014.738
Morona Santiago	135	1	68	30.772	89	27.594	425.271
Napo		-			-		-
Orellana		-			-		-
Pastaza		-			-		-
Sucumbíos	44	0	20	10.010	217	15.664	138.338
Zamora Chinchipe	143	1	118	32.643	94	29.271	451.129
Total nacional maíz suave seco	67.145	0,42	28.135	16.164.797	320.089	21.566.848	148.875.685
Valores promedio por hectárea maíz suave seco				241	5	321	2.217

Tabla 27 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de caña de azúcar (2012)

CAÑA DE AZÚCAR							
Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Región sierra	22.557	76,66	1.729.275	9.031.826	319.732	9.604.774	290.406.000
Azuay		-			-		-
Bolívar		-			-		-
Cañar	12.347	68	834.812	4.943.742	175.011	5.257.356	158.959.252
Carchi		-			-		-
Cotopaxi		-			-		-
Chimborazo		-			-		-
Imbabura	4.149	83	344.506	1.661.260	58.810	1.766.644	53.415.530
Loja	6.061	91	549.957	2.426.824	85.911	2.580.774	78.031.218
Pichincha		-			-		-
Tungurahua		-			-		-
Santo Domingo De Los Tsáchilas		-			-		-
Región costa	72.682	77,73	5.649.647	29.101.739	1.030.219	30.947.853	935.726.594
El Oro		-			-		-
Esmeraldas		-			-		-
Guayas	71.175	78	5.548.445	28.498.470	1.008.863	30.306.315	916.329.314
Los Ríos	1.507	67	101.202	603.269	21.356	641.538	19.397.280
Manabí		-			-		-
Santa Elena		-			-		-
Región oriental	-	-	-	-	-	-	-
Morona Santiago		-			-		-
Napo		-			-		-
Orellana		-			-		-
Pastaza		-			-		-
Sucumbíos		-			-		-
Zamora Chinchipe		-			-		-
Total nacional caña de azúcar	95.239	77,48	7.378.922	38.133.564	1.349.951	40.552.627	1.226.132.594
Valores promedio por hectárea caña de azúcar				568	20	604	18.261

Tabla 28 Elementos de fondo y flujo utilizados en la producción local de trigo, yuca, arverja en grano, cebolla y café (2012)

Cultivo		TRIGO						
Región	Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Total nacional trigo		9.318	0,8	7.450	1.872.918	74.171	2.124.504	161.603.054
Valores promedio por hectárea de trigo					201	8	228	17.343
Cultivo		YUCA						
Región	Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Total nacional yuca		15.620	4,54	70.945		50.103	7.497.600	
Valores promedio por hectárea de yuca						3	480	
Cultivo		ARVERJA GRANO SECO						
Región	Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Total nacional arverja grano seco		1.767	0,29	509	706.800	14.136	664.392	8.743.535
Valores promedio por hectárea de arverja grano seco					400	8	376	4.948
Cultivo		CEBOLLA COLORADA						
Región	Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Total nacional cebolla		1			450		984	6.098
Valores promedio por hectárea de cebolla					450		984	6.098
Cultivo		CAFÉ						
Región	Región	Cosechadas (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (t)	Fertilizantes (kg)	Plaguicidas (kg)	Actividad Humana (horas)	Energía (MJoule)
Total nacional café		78.710	0,16	7.340	53.719.575	461.634	63.597.680	63.853.048
Valores promedio por hectárea de café					683	6	808	811

Tabla 29 Escenarios de futuro para el consumo de carne y sus requerimientos biofísicos

	Cambio de dieta	Población 2035	Estado actual
Población (personas)	20.658.000 ^a	20.658.000	15.520.973 ^b
Carne de pollo (kg/persona/año)	36	26	26
Carne de res (kg/persona/año)	20	9	9
Carne de cerdo (kg/persona/año)	23	9	9
Total de carne (kg/persona/año)	79	44	44
Superficie de cultivos requeridos (ha)	1.465.950	800.000	608.038
Pastos (ha)	13.990.721	6.547.264	4.976.122
Agua requerida (1000 m ³)	18.223.796	9.260.263	7.038.090
Alimento requerido (t)	21.637.036	10.537.226	8.008.619

(a) Dato obtenido del Worldbank. Disponible en <<http://datatopics.worldbank.org/hnp/poestimates>>. Revisado el 09-07-2014.

(b) Dato obtenido del INE Ecuador para el 2012. Disponible en <http://www.inec.gob.ec/proyecciones_poblacionales/presentacion.pdf>. Revisado el 28-08-2015.

Tabla 30 Ganado vacuno requerido para satisfacer la demanda de carne según escenarios a futuro

	N° animales	Extracción ^(a)	Población animal	Carga animal ^(a) (animal/ha)	Área de pastos (ha)
Estado actual	637.943	12%	5.235.550	1,1	4.976.122
Población 2035	839.364	12%	6.888.602	1,1	6.547.264
Cambio de dieta	1.793.621	12%	14.720.120	1,1	13.990.721

(a) Valor sugerido por el Ing. Gabriel Rosero. Técnico de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador

Tabla 31 Coeficientes de transformación de carne en canal a peso vivo según tipo de animal

	CERDO	RES	POLLO
Porcentaje canal /peso vivo/animal	75%	58%	75%
Peso de sacrificio (kg)	109	450	3

Tabla 32 Alimentos requeridos por tipo de animal durante su ciclo de vida^(a)

Cerdo		Ganado		Pollo	
Alimento	(kg)	Alimento	(t)	Alimento	(kg)
Maíz	155,8	Consumo Materia seca	9,855	Maíz	3,5
Harina de soya	48,5			Torta de soya	1,4
Fosfato 18	2,3			Semolina de arroz	0,3
Salvado de Trigo/cebada	34,1			Harina de pescado	0,0
Harina de carne	2,8			Harina de camarón	0,1
Carbonato de Calcio	2,3			Melaza	0,1
Harina de pescado	2,6			Sal común	0,0
Lisina	0,0			Aceite	0,2
Melaza	3,3			Vit. Aves	0,0
Sal común	0,8			Metionina	0,0
Aceite	7,4			Carbonato de Calcio	0,1
Vit. Cerdos	8,2				

CAMARON	
Ratio de conversión de carne en alimento 1/1,6	
ALIMENTO	%
Harina de pescado	5,0
Salvado de trigo/cebada	36,0
Torta de soya	46,0
Otros	13,0
Total	100,0

(a) Las dietas presentadas fueron elaboradas por el Ing. Gabriel Rosero. Técnico de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador

Tabla 33 Requerimientos biofísicos del 2012 según el patrón de consumo de carne

Alimento	Cantidad (t)	Factor de conversión	Alimento equivalente	Cantidad (t)	Rendimiento (t/ha)	Área (ha)	Área con distribución de masas (ha)	Consumo de agua por alimento equivalente (m³/t)	Consumo total de agua (Hm³)	Consumo total de agua con distribución de masas (Hm³)
Maíz	1.023.954	100%	Maíz	1.023.954	3,68	278.116	278.116	2.167	2.219	2.219
Torta de soya	380.637	80%	Soya	475.796	1,54	308.959	247.167	2.108	1.003	802
Salvado de trigo/cebada	66.167	20%	Trigo	330.835	0,80	413.776	82.755	1.828	605	121
Harina de pescado	15.165									
Otros	235.772									
Pastos en materia seca	6.286.924									
TOTAL	8.008.619						608.038			3.142
CONSUMO DE AGUA										
Animal	Animales (cantidad)	Periodo de vida (días)	Agua de bebida (l/animal/día)	Total agua de bebida (Hm³)	Agua de servicio (l/animal/día)	Total agua de servicio (Hm³)	Agua de los alimentos (Hm³)	Agua consumida para la producción de carne de res (m³/t)	Total agua consumida para la producción de carne de res (Hm³)	TOTAL (Hm³)
Cerdo	1.940.842	161	13	4	48	15	3.142			3.171
Pollo	204.086.211	45	0,18	2	0,9	8				
Res								23.224	3.867	3.867
TOTAL										7.038

Tabla 34 Requerimientos biofísicos para el 2035 manteniendo el mismo patrón de consumo de carne

Alimento	Cantidad (t)	Factor de conversión	Alimento equivalente	Cantidad (t)	Rendimiento (t/ha)	Área (ha)	Área con distribución de masas (ha)	Consumo de agua por alimento equivalente (m³/t)	Consumo total de agua (Hm³)	Consumo total de agua con distribución de masas (Hm³)
Maíz	1.347.251	100%	Maíz	1.347.251	3,68	365.926	365.926	2.167	2.919	2.919
Torta de soya	500.817	80%	Soya	626.022	1,54	406.508	325.206	2.108	1.320	1.056
Salvado de trigo/cebada	87.058	20%	Trigo	435.291	0,80	544.420	108.884	1.828	795	159
Harina de pescado	19.954									
Otros	310.213									
Pastos en materia seca	8.271.932									
TOTAL	10.537.226						800.000			4.134
CONSUMO DE AGUA										
Animal	Cantidad	Periodo de vida (días)	Agua de bebida (l/animal/día)	Total agua de bebida (Hm³)	Agua de servicio (l/animal/día)	Total agua de servicio (Hm³)	Agua de los alimentos (Hm³)	Agua consumida para la producción de carne de res (m³/t)	Total agua consumida para la producción de carne de res (Hm³)	TOTAL (Hm³)
Cerdo	2.553.634	161	13	5	48	20	4.134			4.172
Pollo	268.523.132	45	0,18	2	0,9	11				
Res								23.224	5.088	5.088
TOTAL										9.260

Tabla 35 Requerimientos biofísicos para el 2035 con un aumento de consumo de carne (patrón de consumo igual al de Chile)

Alimento	Cantidad (t)	Factor de conversión	Alimento equivalente	Cantidad (t)	Rendimiento (t/ha)	Área (ha)	Área con distribución de masas (ha)	Consumo de agua por alimento equivalente (m³/t)	Consumo total de agua (Hm³)	Consumo total de agua con distribución de masas (Hm³)
Maíz	2.344.496	100%	Maíz	2.344.496	3,68	636.788	636.788	2.167	5.080	5.080
Torta de soya	842.495	80%	Soya	1.053.118	1,54	683.843	547.074	2.108	2.220	1.776
Salvado de trigo/cebada	225.543	20%	Trigo	1.127.716	0,80	1.410.436	282.087	1.828	2.060	412
Harina de pescado	35.536									
Otros	512.834									
Pastos en materia seca	17.676.132									
TOTAL	21.637.036						1.465.949			7.269
CONSUMO DE AGUA										
Animal	Cantidad	Periodo de vida (días)	Agua de bebida (l/animal/día)	Total agua de bebida (Hm³)	Agua de servicio (l/animal/día)	Total agua de servicio (Hm³)	Agua de los alimentos (Hm³)	Agua consumida para la producción de carne de res (m³/t)	Total agua consumida para la producción de carne de res (Hm³)	TOTAL (Hm³)
Cerdo	6.615.742	161	13	14	48	51	7.269			7.352
Pollo	371.592.868	45	0,18	3	0,9	15				
Res								23.224	10.872	10.872
TOTAL										18.224

Tabla 36 Escenario de flujo de alimentos para el 2035 manteniendo la misma dieta

Producto	Consumo (kg/persona/año)	Consumo anual (t)	Pérdidas en la distribución y en el consumo (%)	Alimentos primarios y derivados (t)	Alimento bruto (t)	Pienso animal (t)	Semillas (t)	perdidas (t)	otros consumos (t)	requerimiento interno + semillas (t)
Cereales	84	1.742.332	14%	1.979.289	2.902.624	1.914.726	91.634	53.956		4.962.940
Arroz	55	1.126.886	14%	1.280.142	2.031.972	-	59.030	20.451		2.111.453
Maíz amarillo duro	1	27.349	14%	31.068	31.068	1.914.359	2.884	31.749		1.980.061
Maíz suave en choclo	3	52.354	14%	59.474	59.474	-	2.763	613		62.850
Maíz suave en grano seco	1	30.312	14%	34.435	34.435	368	1.547	735		37.084
Trigo en grano	24	505.431	14%	574.169	745.675	-	25.410	407		771.491
Raíces, tubérculos	18	377.222	7%	403.175	403.175	-	58.764	4.669		466.608
Papa	14	295.371	7%	315.693	315.693	-	58764	3.739		378.196
Yuca	4	81.851	7%	87.482	87.482	-	-	930		88.412
Azucareros	-	-	100%	-	2.912.737	145.353	-	491.057	6.794.828	10.343.976
Caña de azúcar	-	-	0%	-	2.912.737	145.353	-	491.057	6.794.828	10.343.976
Azúcar cruda	15	312.537	0%	312.537	-	-	-			
Legumbres	1	17.173	4%	17.854	17.854	-	1.939	831		20.624
Frejol seco	0	864	4%	898	898	-	725	398		2.022
Fréjol tierno en vaina	1	10.938	4%	11.371	11.371	-	688	412		12.472
Arveja en grano seco	0	5.371	4%	5.584	5.584	-	526	20		6.130
Oleaginosas	48	1.000.430	0%	1.000.430	1.625.880	-	-	612.102		2.237.982
Soya	42	872.325	0%	872.325	872.325		-	908		873.233
Palma africana	6	128.104	0%	128.104	753.555	-	-	611.193		1.364.749

Hortalizas	4	90.350	21%	109.143	109.143	-	-	2.405		111.548
Cebolla colorada y perla	1	20.805	21%	25.133	25.133	-	-	-		25.133
Tomate riñón	3	69.545	21%	84.010	84.010	-	-	2.405		86.415
Frutas	111	2.298.022	21%	2.776.011	2.776.011	60.776	-	131.723		2.968.510
Banano	99	2.046.904	21%	2.472.659	2.472.659	48.383	-	44.423		2.565.466
Plátano	11	236.421	21%	285.597	285.597	12.393	-	86.750		384.739
Tomate de árbol	1	14.698	21%	17.755	17.755	-	-	550		18.305
Estimulantes	0	7.986	0%	7.986	7.986	-	-	3.993		11.978
Café	0	1.331	0%	1.331	1.331	-	-	1.331		2.662
Cacao	0	6.655	0%	6.655	6.655	-	-	2.662		9.317
Carnes	49	1.018.803	11%	1.130.940	1.129.543	104.508	-	9.819		1.242.596
Carne de res	9	193.348	11%	214.036	214.036	-	-	5.039		219.074
Porcinos	9	183.399	11%	203.022	203.022	-	-	4.779		207.802
Carne de pollo	26	537.410	11%	594.913	594.913	-	-	1		594.913
Pescado	2	47.148	14%	53.561	52.254	104.508	-	-		155.488
Crustáceos	3	57.498	14%	65.318	65.318	-	-	-		65.318
Leche y huevos	143	2.945.341	11%	3.258.961	3.255.339	30.950	12.385	21.784		3.320.478
Leche cruda	128	2.654.089	12%	2.964.087	2.964.087	30.950	-	-		2.995.057
Huevos	14	291.252	0%	291.252	291.252	-	12.385	21.784		325.421
Bebidas alcohólicas	4	90.506	-	90.506	90.506	11.665	24.874	3.761		130.806
Cebada (cerveza)	4	90.506	0%	90.506	90.506	11.665	24.874	3.761		130.806
Total valores	464	9.588.165	2	10.774.294	15.230.797	2.267.979	137.392	1.336.101	6.794.828	25.818.047

CURRICULUM VITAE

INFORMACIÓN PERSONAL

Nombre: Juan José Cadillo Benalcazar
Fecha de nacimiento: 28. 07. 1978
Nacionalidad: Peruano
E-mail: juan.cadillo@iaen.edu.ec

EDUCACIÓN

2010 – Presente Candidato a doctor del Programa de Ciencia y Tecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).

2008 - 2010 Máster de Investigación obtenido dentro del Programa Interuniversitario de Suelos, Agua y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).

2005 - 2008 Diploma de Estudios Superiores Especializados en Suelos, Agua y Medio Ambiente de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).

1996 - 2002 Bachiller en Ciencias Biológicas por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú). Homologado al grado de Licenciado por el Reino de España.

EXPERIENCIA LABORAL

Jul. 14 – Presente **Profesor Agregado 1**
 Instituto de Altos Estudios Nacionales (Ecuador)
 Funciones: Docente-investigador orientado al estudio de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. Asimismo, soy Coordinador del Proyecto de Investigación Interinstitucional entre el IAEN-MAGAP titulado “Consolidación de una Red Científica Agroeconómica para la generación de investigación e innovación en la Política Pública Agropecuaria”

Feb. 15 – May. 15 **Decano Encargado del Centro de Prospectiva Estratégica del Ecuador (CEPROEC)**
 Instituto de Altos Estudios Nacionales (Ecuador)
 Funciones: Dirigir y gestionar el CEPROEC

Nov. 12 – Jul. 14 **Consultor**
 Asociación Científica Liphe4 (España).
 Funciones: elaborar, diseñar y desarrollar análisis para la implementación del nexo entre alimentos-agua-energía-suelo a través del enfoque del *Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism*.

- Ene. 10 – May. 14 **Investigador**
 Integrated Assessment: Sociology, Technology and Environment (IASTE). Grupo de investigación científica del Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).
 Funciones: Diseñar y desarrollar investigaciones dentro del ámbito del Metabolismo de la Sociedad usando el enfoque del MuSIASEM.
- Set. 13 – Dic. 13 **Técnico de investigación**
 Instituto de Ciencias y Tecnología Ambiental adscrito a la Universidad Autónoma de Barcelona (España).
 Funciones: apoyar en el desarrollo, diseño e implementación del análisis multiescala del metabolismo de la sociedad y del ecosistema.
- Jul. 10 – Feb. 13 **Asistente de soporte técnico**
 Servicio de Informática de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).
 Funciones: desarrollo de estructuras de metadatos para la divulgación de grandes volúmenes de información digital.
- Set. 06 – Jul. 10 **Becario**
 Biblioteca de Comunicación y Hemeroteca General de la Universidad Autónoma de Barcelona (España).
 Funciones: colaborar en múltiples tareas referentes a la gestión de material bibliográfico.
- Nov. 03 – Feb. 06 **Asesor comercial**
 Legis Peru S.A. Lima (Perú)
 Funciones: capacitar y asesorar a profesionales de la salud en temas de actualización de fuentes de información.
- Jul. 04 – Oct. 04 **Investigador**
 Trabajo de investigación en cáncer bajo la tutela del Dr. Henry Gómez, jefe de la División de Investigación del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas. Lima (Perú).
 Funciones: elaborar, diseñar y desarrollar proyectos de investigación dirigidos a la detección de virus oncogénicos a través de técnicas de inmunohistoquímica.
- Feb. 98 – Ago. 98 **Analista**
 Programa para el Desarrollo de la Provincia de Cañete (Perú), cuyo objetivo fue determinar los factores sociales, económicos y ambientales que limitan el desarrollo de dicha provincia.
 Proyecto realizado conjuntamente entre el Ministerio de la Presidencia del Perú y la Universidad Nacional Agraria La Molina.
 Funciones: realizar entrevistas, analizar y desarrollar informes de los problemas y sugerencias de los sectores pobres y marginados de los distintos distritos de la Provincia.

IDIOMAS

Español	Lengua materna		
	<i>Leído</i>	<i>Escrito</i>	<i>Hablado</i>
Inglés	Intermedio	Intermedio	Intermedio
Catalán	Avanzado	Básico	Básico
Portugués	Avanzado	Básico	Básico

HABILIDADES INFORMÁTICAS

- Buen dominio del paquete office: Word, Excel, Access y Power Point
- Buen dominio de los siguientes programas: SimaPro, ArcGIS, Minitab, SAS, SPSS, CDS Invenio, Acrobat Professional y Photoshop.
- Buen dominio del lenguaje de programación en PHP, C++.

ESTANCIAS Y CAPACITACIONES

- Set. 13 – Dic. 13 Estancia en la Escuela de Sostenibilidad de la Universidad Estatal de Arizona (EE.UU.), bajo la tutela del Dr. David Manuel Navarrete. Durante la estancia se trabajó en el estudio del consumo de agua para la sostenibilidad de las zonas urbanas.
- Feb. 03 – Abr. 03 Capacitación en la aplicación de técnicas de biología molecular, como PCR e inmunohistoquímica, para la detección de virus oncogénicos. Unidad de Biología Molecular del Centro de Investigación en Cáncer “Maess Haller”, Lima (Perú).
- Set. 02 – Ago. 02 Prácticas profesionales en el Departamento de Patología del Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas, Lima (Perú).

PONENCIAS, CURSOS Y SEMINARIOS

- 2015 Organizador del Curso Superior “Análisis del nexo entre el uso del suelo, el agua, la energía, los alimentos y la población para el diseño de políticas públicas”. IAEN – Quito (Ecuador) (80 horas).
- 2015 Organizador del Taller Agricultura Familiar Campesina en el Ecuador del siglo XXI”. IAEN – Quito (Ecuador) (8 horas).
- 2015 Ponente en el seminario “Características Multi-Escala del Sistema Agroalimentario del Ecuador”. IAEN – Quito (Ecuador).
- 2015 Ponente en el seminario “Estado de las políticas del sector petrolero ecuatoriano: basado en el análisis de cambio de políticas, en el periodo 1992-2012”.
- 2014 Aprobación del Curso de Metodología y Estrategia de aprendizaje. IAEN - Quito (Ecuador) (80 horas).

- 2014 Aprobación del Curso de Diseño Curricular para Programas de Postgrado. IAEN – Quito (Ecuador) (20 horas).
- 2014 Participación en el Seminario Taller de la Importancia del Riego en los Cultivos. EPN-Quito (Ecuador) (8 horas).
- 2012 Participación en la 7ª ed. Escuela de verano – Liphe4 “Multi-Scale Integrated Analysis of Societal and Ecosystem Metabolism (MuSIASEM): un enfoque innovador para el análisis energético”. Barcelona (España).
- 2005 Participación en el seminario sobre la gestión y manejo de residuos en Perú. Organizado por el Comité Técnico para la Estandarización del Manejo Ambiental del Instituto Nacional de la Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Lima (Perú).
- 2001 Participación en el taller de trabajo y seminario: Desarrollo, evaluación y presentación de proyectos de Biotecnología en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima (Perú).

PUBLICACIONES

Capítulos de libros:

Cadillo-Benalcazar, J., Giampietro, M., Serrano-Tovar, Tarik y Bukkens, S. (2014). Food grammar. En *Resource Accounting for Sustainability Assessment. The nexus between energy, food, water and land Use*. Routledge. Taylor & Francis Group.

Serrano-Tovar, T., Cadillo-Benalcazar, J., Díaz-Maurin, F., Kovacic, Z., Madrid-López, C., Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J. y Bukkens, S. (2014). The Republic of Mauritius. En *Resource Accounting for Sustainability Assessment. The nexus between energy, food, water and land Use*. Routledge. Taylor & Francis Group.

Madrid-López, C., Cadillo-Benalcazar, J., Díaz-Maurin, F., Kovacic, Z., Serrano-Tovar, T., Gomiero, T., Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J. y Bukkens, S. (2014). Punjab State, India. En *Resource Accounting for Sustainability Assessment. The nexus between energy, food, water and land Use*. Routledge. Taylor & Francis Group.

Díaz-Maurin, F., Cadillo-Benalcazar, J., Kovacic, Z., Madrid-López, C., Serrano-Tovar, Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J. y Bukkens, S. (2014). The Republic of South Africa. En *Resource Accounting for Sustainability Assessment The nexus between energy, food, water and land Use*. Routledge. Taylor & Francis Group.

Artículos y documentos de trabajo:

Fander, Falconí; Ramos-Martín, Jesús; Cadillo Benalcazar, Juan; Llive Condor, Freddy y Liger Cisneros, Belén, (2015). Loss of food self-sufficiency and opportunities for agricultural complementarity among UNASUR countries. Enviado a *Food Policy*

Llive Condor, Freddy; Cadillo Benalcazar, Juan; Liger, Belén; Rosero Asquí, Gabriel; Fraga Ramos, Evelyn y Ramos-Martín, Jesús. (2015). Vulnerabilidad y dependencia internacional de fertilizantes en el Ecuador. Working paper IAEN <[http://ceproec.iaen.edu.ec/download/wps\(2\)/2015_04.pdf](http://ceproec.iaen.edu.ec/download/wps(2)/2015_04.pdf)>

Cadillo Benalcazar, Juan et al., (2015). Informe Técnico del Análisis Biofísico de Galápagos. <Disponible en <http://ceproec.iaen.edu.ec/serie-informes-tecnicos/>>

Cadillo Benalcazar, Juan et al., (2015). Potencial de la gramática del MuSIASEM en la representación del análisis de la sostenibilidad. Working Paper IAEN. Disponible en:< <http://ceproec.iaen.edu.ec/wps/>>

Giampietro. M., Aspinall, R., Bukkens, S., Cadillo, J., Díaz-Marín, F., Flammini, A., Gomiero, T., Kovacic, Z., Madrid, C., Ramos-Martín, J. y Serrano-Tovar, T. (2013). An Innovative Accounting Framework for the Food-Energy-Water Nexus. En *Environment and Natural Resources Working Paper N°56- FAO*. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/019/i3468e/i3468e.pdf>>

Cadillo, J., (2012). Estimating Gross Value Added (GVA) across multiple scales: theoretical approach and empirical validation. Working Paper ICTA. Disponible en:<<http://hdl.handle.net/2072/202091>>.

Cadillo, J., (2008). Cambio climático y desglaciación de los Andes Peruanos. En *XIII Seminario APEC “La producción del conocimiento y los desafíos (in) sostenibles del mundo contemporáneo”*. Barcelona, pp.367-374.

PÓSTERES

Serrano-Tovar, T., Cadillo-Benalcazar, J., Díaz-Maurin, F., Kovacic, Z., Madrid-López, C., Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J. y Bukkens, S. Presentado en el Global Land Project Open Science Meeting. *Land transformation: between global challenges and local realities*. Evento realizado del 19 al 21 de marzo del 2014. Berlín, Alemania.

DIRECCIÓN DE TESIS

- 1) Director de la tesis de ingeniería titulada “Caracterización del Sistema Agroalimentario de la Provincia de Galápagos mediante el Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM)”, Evelyn Leonela Fraga Ramos, Ingeniería en Ciencias Económicas y Financieras, EPN.
- 2) Director de la tesis de maestría titulada “Caracterización biofísica y económica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos en la provincia de Pichincha” Cristina Dayana Gómez Cruz y Graciela Gordillo Gordillo, Maestría en Sistemas Integrados, EPN.
- 3) Co-director de la tesis de maestría titulada “Análisis de competitividad de la cadena de valor y los factores que intervienen en la producción, procesamiento y distribución de la leche cruda en la industria láctea de la provincia de Pichincha”, Janeth Gómez Gómez y Karla Pérez, Maestría en Gestión Empresarial, EPN.
- 4) Co-director de la tesis de maestría titulada “Evaluación del etiquetado de los alimentos desde la perspectiva de los empresarios y los consumidores en el cantón Quito”. Sofía Montenegro Villavicencio, Maestría en Sistemas Integrados, EPN.

