

**Universidad Autónoma de Madrid
Facultad de Ciencia Económicas y Empresariales
Programa de doctorado de Economía y Empresa**

Memoria de Tesis Doctoral:

**Estimación e implicaciones de la pérdida y desperdicio de
alimentos en China. Hacia sistemas alimentarios sostenibles
desde la economía circular.**

Presentada por Daniel Jesús Durán Sandoval

Directora de Tesis:
Gemma Durán Romero

Madrid, 2020

Resumen

En 2015, los líderes mundiales acordaron una agenda global hacia el año 2030 en la que adoptaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los ODS 1 y 2 están relacionados con la seguridad alimentaria y los ODS 6, 7, 11, 12, 13, 14 y 15 están relacionados directa o indirectamente con el medio ambiente. En contraste, en el período 2016-2018 todavía había 122 millones de personas que padecían malnutrición en China (FAOSTAT, 2020). Este trabajo tiene como objetivo realizar estimaciones actualizadas de la pérdida y desperdicio de alimentos (PDA) y sus impactos ambientales en China, analizar cómo estas afectan el cumplimiento de los ODS relacionados con la seguridad alimentaria y el medio ambiente y señalar algunas políticas públicas y otras iniciativas desde la economía circular para reducir las PDA. Esta investigación utilizó un enfoque de balance de masas de arriba hacia abajo que combina diferentes fuentes de información, con un desglose en los principales grupos de alimentos, en diferentes etapas de la cadena alimentaria. Los resultados muestran que la PDA fue de 402 millones de toneladas de alimentos en 2017. El mayor descarte se concentró en frutas y hortalizas, 230 millones de toneladas. La PDA per cápita fue de 277 kg. Se concluyó que el control de las PDA con iniciativas de economía circular puede contribuir directa e indirectamente al logro de los ODS relacionados con la seguridad alimentaria y el medio ambiente a través de aumentos en la disponibilidad de alimentos, reducción del costo de los alimentos, aumentos en la disponibilidad de alimentos de mayor calidad, aumentos en la estabilidad del suministro de alimentos y un uso más eficiente de los recursos naturales. Los resultados de esta investigación pueden contribuir a crear una línea base más precisa para el diseño de políticas públicas relacionadas con las PDA y los ODS.

Abstract

In 2015 world leaders agreed to a global agenda towards 2030 in which they adopted the 17 Sustainable Development Goals (SDGs). The SDGs 1 and 2 are related with food security and the SDG 6, 7, 11, 12, 13, 14 and 15 are related directly or indirectly with the environment. In contrast, in the 2016-2018 period there were still 122 million people that experienced undernourishment in China (FAOSTAT, 2020). This work aims to provide updated estimates of food loss and waste (FLW) and its environmental impacts in China, analyses how it affects the accomplishment of the SDGs related to food security and environment and points out some public policies and other initiatives from the circular economy in order to reduce FLW. This research used a top-down mass balance approach combining different sources of information, with a breakdown into the major food groups at different stages of the food supply chain (FSC). The results show that FLW was 402 million tonnes of food in 2017. The greatest discard was concentrated in fruits and vegetables, 230 million tonnes. The per capita FLW was 277 kg. Control of FLW by circular economy initiatives can contribute directly and indirectly to accomplishing the SDGs related to food security and environment through increases in food availability, reduction of the cost of food, increases in the availability of higher quality food, increases in the stability of food supply, and a more efficient use of natural resources. The results of this research may contribute to create a more accurate baseline for the design of public policies related to FLW and SDGs.

Dedicado a todos aquellos que reconocen y aprecian la dignidad humana y divina en cada ser humano y ser de este hermoso planeta. También para todos aquellos que creen y luchan por correr la barrera que divide lo posible de lo imposible, haciendo lo imposible posible.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera en primer lugar agradecer a mis padres y abuelos por la valiosa cooperación en mi formación personal y profesional, a su esmero y dedicación por otorgarme los medios necesarios, tanto humanos como materiales que, tenían a su alcance para continuar con mi proyecto educativo. Sin embargo, quisiera rescatar que más valioso aún que los recursos que me han brindado han sido sus enseñanzas y valores, a partir de los cuales el discurso de mi conocimiento técnico, científico y filosófico ha cobrado sentido.

Agradezco también a mi directora Gemma Durán por su apoyo, paciencia, consejos y detalladas revisiones que hicieron posible la realización de esta tesis. Además, le agradezco enormemente por comprender de tan buena manera mi decisión de no permanecer en Madrid por el período de realización de mi doctorado. El trabajo a distancia nunca significó un problema en nuestra comunicación y en sus valiosos consejos y revisiones a mi trabajo, muchas gracias.

Paralelo a la realización de mi doctorado en estos tres años he estado viajando sin detención ni rumbo fijo por el mundo con el fin de observar y aprender de su diversidad cultural, social, ambiental y económica. Pero, desafortunadamente, también de sus problemas. En este contexto, quiero también agradecer a las personas que he conocido en mi viaje, las cuales me han aportado invaluable ideas, reflexiones, experiencias y soporte en momentos difíciles. Nombrarlas a todas sería una lista sin fin, por eso mencionaré de manera especial a mi querida familia italiana, mia sorella Francesca, il signore Vincenzo y zia Piera y a mi querida compañera Alexandra Svensson y su familia.

Para todos sea mi más sincera gratitud y afecto.

“Los niños pobres son los que más sufren la contradicción entre una cultura que manda a consumir y una realidad que lo prohíbe” (Eduardo Galeano). Yo agregaría, esta contradicción cuando se trata de bienes superficiales no es tan desgarradora como cuando la realidad prohíbe el consumo de bienes básicos como los alimentos, techo o salud. Una situación que, de hecho, ocurre con una parte importante de la población mundial.

“Hay dos panes. Usted se come dos. Yo ninguno. Consumo promedio: un pan por persona.” (Nicanor Parra). Yo agregaría, una persona que come dos panes aún puede reclamar que no es suficiente alimento para sobrevivir. Sin embargo, la situación en el sistema capitalista es diferente, mucho más tragicómica por decirlo de alguna manera. Hay un millón de panes. Usted es dueño de ellos y se come 20, tiene obesidad y morirá por ello, desperdicia los otros 999.980. Yo no como ninguno y moriré por ello. Consumo promedio: medio millón por persona.

“Compra solamente lo necesario, no lo conveniente. Lo innecesario, aunque cueste solo un céntimo, es caro.” (Séneca). Yo agregaría, la necesidad de nuestra sociedad consumista tiende al infinito. Considerar la conveniencia solo por el precio inmediato de un producto significa no considerar el alto precio a pagar por el sacrificio de nuestro tiempo, nuestras relaciones sociales, nuestro medio ambiente y nuestra descendencia.

Índice general

Índice general	6
Abreviaturas	8
Índice de cuadros, figuras, gráficos y tablas	10
1. Introducción, justificación y objetivos	16
2. Marco teórico: Pérdida y Desperdicio de Alimentos y sus dimensiones social, medioambiental y económica.	23
2.1 Pérdida y Desperdicio de Alimentos y sus causas	23
2.2 Seguridad Alimentaria (SA)	30
2.3 Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.....	36
2.4 Relación entre PDA, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	46
2.5 Sistemas alimentarios sostenibles	61
2.6 Relación entre PDA y SA	65
2.7 Relación entre SA, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible	69
2.8 PDA, SA y su relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible.....	75
2.9 Economía Circular en el ámbito de las PDA y la SA	82
2.9.1 Relación entre las PDA, SA y la Economía Circular.....	94
2.9.2 Relación entre las PDA, Economía Circular y los ODS.....	102
3. Revisión de trabajos anteriores	110
3.1 Revisión de trabajos anteriores de cuantificación de las PDA a nivel mundial. 110	
3.2 Revisión de trabajos anteriores de cuantificación de PDA en China	115
3.3 Revisión de trabajos anteriores de cuantificación del impacto ambiental de las PDA en China.....	122
4. Aspectos metodológicos	126
4.1 Descripción de metodologías para cuantificar las PDA. Ventajas y desventajas 126	
4.2 Consideraciones metodológicas respecto a las bases de datos de las PDA ...	134
4.3 Descripción de las metodologías utilizadas	137
4.3.1 Descripción de las metodologías para cuantificar las PDA	138
4.3.2 Descripción de la metodología para cuantificar el impacto medioambiental de las PDA en China.	165
4.4 Bases de datos consultadas	176
5. Resultados empíricos	178
5.1 Resultados de la cuantificación de las PDA a nivel mundial	178

5.2	Resultados de la estimación de las PDA según nivel de SA	183
5.3	Estado de la SA a nivel mundial	193
5.4	Resultados de la cuantificación de las PDA en China	200
5.5	Comparación de las PDA en China con las PDA en otros países.....	207
5.6	Causas de las PDA en China.....	209
5.7	Resultado de la estimación del impacto ambiental de las PDA en China	212
5.8	Estado de la SA en China.....	215
5.9	PDA en China y su relación con los ODS	218
6.	Propuestas de políticas públicas para la reducción de las PDA y la mejora de la SA, el medio ambiente y el cumplimiento de los ODS	225
6.1	Políticas públicas referentes a las PDA	226
6.2	Políticas públicas referentes a las PDA en China.	245
6.3	Políticas públicas referentes a las PDA dentro del marco de la economía circular.	250
7.	Conclusiones	266
	Referencias	275
	Webgrafía	293

Abreviaturas

ADICAE	Asociación de Usuarios de Bancos, Cajas y Seguros
ADN	Ácido desoxirribonucleico
CEPAL	Comisión Económica para América Latina
CMA	Cumbre Mundial sobre la Alimentación
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
EUI	Economist Unit Intelligence
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
GEI	Gases de efecto invernadero
HLPE	High level Panel of Experts on Food Security and Nutrition (Panel de alto nivel de expertos sobre seguridad alimentaria y nutrición)
IFPRI	Instituto de Investigación sobre Política Alimentaria Internacional
IMC	Índice de masa corporal
IPCC	International Panel on Climate Change (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático)
N ₂ O	Óxido de nitrógeno
N _x O _y	Óxido de nitrógeno fórmula generalizada
O ₃	Ozono
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos del desarrollo sostenible
ONU	Organización de Naciones Unidas
OMS	Organización Mundial de la Salud
PDA	Pérdida y desperdicio de alimentos
PDCA	Pérdida y desperdicio de calidad de los alimentos
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PM2.5	Partículas en suspensión de menos de 2.5 micras
SA	Seguridad alimentaria
SAF	Seguridad alimentaria familiar
SAN	Seguridad alimentaria nacional
SAS	Sistema alimentario sostenible
SO ₂	Dióxido de azufre
VIH	Síndrome de inmunodeficiencia adquirida

Índice de cuadros, figuras, gráficos y tablas

Índice de cuadros

<i>Cuadro 2.1: Clasificación de causas de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y nivel e impacto en la fase organizativa.</i>	27
<i>Cuadro 2.2: Impactos ambientales de la actividad humana en diversas áreas.</i>	38
<i>Cuadro 2.3: Cronología de los principales eventos y publicaciones respecto al desarrollo sostenible.</i>	41
<i>Cuadro 2.4: Causas e impactos ambientales de las PDA.</i>	52
<i>Cuadro 2.5: Actividades relacionadas con las PDA que producen GEI.</i>	60
<i>Cuadro 2.6: Caracterización de las dimensiones de un sistema alimentario sostenible.</i>	63
<i>Cuadro 2.7: Posibles repercusiones de las PDA en la sostenibilidad de los SA.</i>	64
<i>Cuadro 2.8: Posibles efectos biofísicos del cambio climático en diferentes cultivos y ganado.</i>	70
<i>Cuadro 2.9: Efectos del cambio climático importantes para la SA.</i>	74
<i>Cuadro 2.10: Objetivos de desarrollo sostenible.</i>	76
<i>Cuadro 2.11: Consecuencias negativas de un modelo de economía lineal.</i>	86
<i>Cuadro 2.12: Escuelas de pensamiento que dieron origen al concepto de economía circular.</i>	86
<i>Cuadro 2.13: Principios de la economía circular.</i>	89
<i>Cuadro 2.14: Posibles beneficios de la economía circular.</i>	91
<i>Cuadro 2.15: Características y consecuencias del sistema alimentario globalizado y lineal actual.</i>	94
<i>Cuadro 3.1: Resumen de los estudios revisados por Corrado y Sala (2018) y sus principales características.</i>	111
<i>Cuadro 3.2: Principales características de la definición de PDA de los estudios revisados por Corrado y Sala (2018)</i>	113
<i>Cuadro 3.3: Resumen de los estudios revisados referentes a la cuantificación de PDA en China y sus principales características.</i>	116
<i>Cuadro 3.4: Resumen de los estudios revisados referentes a la cuantificación del impacto ambiental de las PDA en China y sus principales características.</i>	123

<i>Cuadro 4.1: Métodos de cuantificación de las PDA.</i>	128
<i>Cuadro 4.2: Conceptos a considerar para trabajar con datos sobre PDA.</i>	135
<i>Cuadro 4.3: Recomendaciones metodológicas para la recolección de datos por etapa de la cadena alimentaria.</i>	136
<i>Cuadro 4.4: Listado de países con la categoría “Sin Índice EUI/Dupont”.</i>	142
<i>Cuadro 4.5: Listado de países por área geográfica: África del Norte, Asia Occidental y Central.</i>	143
<i>Cuadro 4.6: Listado de países por área geográfica: África Subsahariana.</i>	143
<i>Cuadro 4.7: Listado de países por área geográfica: América del Norte y Oceanía.</i> ..	143
<i>Cuadro 4.8: Listado de países por área geográfica: América Latina.</i>	144
<i>Cuadro 4.9: Listado de países por área geográfica: Asia Industrializada.</i>	144
<i>Cuadro 4.10: Listado de países por área geográfica: Asia Meridional y Suroriental.</i>	144
<i>Cuadro 4.11: Listado de países por área geográfica: Europa.</i>	144
<i>Cuadro 4.12: Categorías de productos y subproductos de alimentos.</i>	145
<i>Cuadro 4.13: Conceptos y definiciones relacionados al uso de la tierra.</i>	170
<i>Cuadro 5.1: Estado y tendencia en el cumplimiento de los ODS, en China, año 2019.</i>	220
<i>Cuadro 6.1: Tipos de políticas públicas para reducir las PDA y su impacto en las dimensiones de la SA.</i>	226
<i>Cuadro 6.2: Ejemplos de iniciativas de múltiples actores para reducir las PDA.</i>	243
<i>Cuadro 6.3: Regulaciones, políticas públicas y planes oficiales para la reducción y tratamiento de las PDA en China, 2007 en adelante.</i>	246

Índice de figuras

<i>Figura 2.1: Representación esquemática de las definiciones de PDA y PDCA a lo largo de la cadena alimentaria.</i>	26
<i>Figura 2.2: Dimensiones de la Seguridad Alimentaria.</i>	35
<i>Figura 2.3: Dimensiones del concepto de Desarrollo Sostenible y sus intersecciones.</i>	44
<i>Figura 2.4: Relaciones entre las PDA y sus impactos ambientales, sociales y económicos.</i>	49

<i>Figura 2.5: Impactos directos e indirectos de las PDA en las dimensiones económica, social y medio ambiental.</i>	51
<i>Figura 2.6: Relaciones entre el cambio climático, los sistemas alimentarios y la SA...</i>	72
<i>Figura 2.7: Lógica de un modelo de economía lineal.</i>	83
<i>Figura 2.8: Lógica de un modelo de economía circular.</i>	90
<i>Figura 2.9: Evolución del paradigma de economía lineal hasta el de economía circular.</i>	93
<i>Figura 2.10: Lógica de un sistema alimentario lineal globalizado.</i>	97
<i>Figura 3.1: Criterios para la escala geográfica y nivel de detalle de los estudios referentes a PDA.</i>	110
<i>Figura 4.1: Mapa mundial con la clasificación de países por nivel de SA.</i>	140
<i>Figura 4.2: Flujo del volumen de frutas y hortalizas (1.000 toneladas) para China, según datos de las hojas del balance alimentario FAO, año 2017.</i>	164
<i>Figura 4.3: Modelo de cuantificación de la huella hídrica de las PDA.</i>	169
<i>Figura 4.4: Modelo de cuantificación de la huella de la tierra de las PDA.</i>	172
<i>Figura 4.5: Modelo de cuantificación de la huella de carbono de las PDA.</i>	174
<i>Figura 6.1: Jerarquía que favorece la utilización frente al desperdicio de alimentos para minimizar las PDA.</i>	242
<i>Figura 6.2: Principales conceptos y principios de ecoinnovación y ecodiseño aplicados al sistema alimentario y la cadena de alimentos</i>	252

Índice de gráficos

<i>Gráfico 3.1: % de la pérdida y desperdicio de granos en cada etapa de la cadena alimentaria en China.</i>	117
<i>Gráfico 3.2: % de PDA de granos, frutas, vegetales y carnes en la etapa de pre-cosecha en China</i>	120
<i>Gráfico 3.3: % de PDA de carnes en los cuatro subprocesos de la etapa de postcosecha en China</i>	121
<i>Gráfico 3.4: % de PDA de frutas y vegetales en los cuatro subprocesos de la etapa de postcosecha en China</i>	121
<i>Gráfico 5.1: Oferta doméstica medida en millones de Tn/año y oferta doméstica per cápita de alimentos medida en kg/año, año 2017.</i>	179

<i>Gráfico 5.2: PDA agrupadas por grupo alimenticio en millones de Tn/año y PDA per cápita por grupo alimenticio en kg, con factor de conversión, año 2017.</i>	181
<i>Gráfico 5.3: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año y % de participación de cada etapa en el total de PDA, año 2017.</i>	182
<i>Gráfico 5.4: PDA per cápita por grupo alimenticio como % de participación del total de la oferta de alimentos, año 2017.</i>	183
<i>Gráfico 5.5: Oferta doméstica per cápita de alimentos, medida en kg/año, año 2017.</i>	186
<i>Gráfico 5.6: PDA agrupadas por grupo alimenticio, en mills. de Tn/año, año 2017.</i>	188
<i>Gráfico 5.7: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria, en millones de Tn/año, año 2017.</i>	189
<i>Gráfico 5.8: Peso en % de las PDA en cada etapa de la cadena alimentaria, año 2017.</i>	190
<i>Gráfico 5.9: PDA per cápita de alimentos agrupada por grupo alimenticio, medida en kg/año, año 2017.</i>	192
<i>Gráfico 5.10: % de PDA respecto de la oferta doméstica de alimentos, año 2017.</i>	193
<i>Gráfico 5.11: Trayectoria del número de personas (mills.) subalimentadas en el mundo, desagregado por países según el tipo de economía, años 2000-02 a 2016-18.</i>	195
<i>Gráfico 5.12: Trayectoria del número de personas (millones) subalimentadas en países en desarrollo, desagregado por regiones, años 1990-92 a 2014-16.</i>	197
<i>Gráfico 5.13: Trayectoria de la prevalencia de la subalimentación (%) en países desagregado por regiones, años 2000-02 a 2016-18.</i>	198
<i>Gráfico 5.14: Oferta doméstica medida en millones de toneladas/año y oferta doméstica per cápita de alimentos medida en kg/año, China, año 2017.</i>	201
<i>Gráfico 5.15: PDA agrupadas por grupo alimenticio en millones de Tn/año con y sin factor de conversión, China, año 2017.</i>	203
<i>Gráfico 5.16: PDA per cápita agrupadas por grupo alimenticio en kg/año con y sin factor de conversión, China, año 2017.</i>	204
<i>Gráfico 5.17: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año y % de participación de cada etapa en el total de PDA, China, año 2017.</i>	205
<i>Gráfico 5.18: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria y grupo alimenticio en millones de Tn/año, China, año 2017.</i>	206
<i>Gráfico 5.19: PDA per cápita por grupo alimenticio como % de participación del total de la oferta de alimentos, China, año 2017.</i>	207
<i>Gráfico 5.20: Huella hídrica del agua azul, verde y total de las PDA en la etapa de producción agrícola, millones de m³, en China, año 2017.</i>	213

<i>Gráfico 5.21: Huella de la tierra arable de las PDA en la etapa de producción agrícola en millones de Ha, en China, año 2017.</i>	214
<i>Gráfico 5.22: Huella de carbono de las PDA en la etapa de producción agrícola en millones de kg CO₂ Equivalente, en China, año 2017.</i>	215
<i>Gráfico 5.23: Trayectoria del número de personas (mills.) subalimentadas en China y el mundo, y % de participación de personas subalimentadas en China respecto al mundo, años 2000-02 a 2016-18.</i>	216
<i>Gráfico 5.24: Prevalencia de la subalimentación en % China y el mundo, años 2000-02 a 2016-18.</i>	217
<i>Gráfico 5.25: Porcentaje de avance en el cumplimiento de los ODS, en China, año 2019.</i>	219

Índice de tablas

<i>Tabla 2.1: Factores de impacto ambiental del agua, carbono y tierra en distintos grupos de alimentos y en distintas regiones.</i>	56
<i>Tabla 3.1: Huella hídrica y de la tierra debido a las PDA de los granos, vegetales y frutas, año 2010.</i>	123
<i>Tabla 3.2: Huella de carbono y huella hídrica del consumo de comida y de las PDA en China, año 2015.</i>	125
<i>Tabla 4.1: Listado de países según índice de SA elaborado por The Economist Intelligence Unit y DuPont, diciembre del año 2019.</i>	141
<i>Tabla 4.2: Factores de conversión y asignación para la estimación de las PDA.</i>	147
<i>Tabla 4.3: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: Europa.</i>	149
<i>Tabla 4.4: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: América del Norte y Oceanía.</i>	149
<i>Tabla 4.5: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: Asia Industrializada.</i>	150
<i>Tabla 4.6: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: Asia meridional y sudoriental.</i>	150
<i>Tabla 4.7: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: África Subsahariana.</i>	150
<i>Tabla 4.8: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: África del Norte, Asia Occidental y Central.</i>	151

<i>Tabla 4.9: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: América Latina.</i>	151
<i>Tabla 4.10: Ecuaciones de cálculo de las PDA de carnes y lácteos.</i>	157
<i>Tabla 4.11: Ecuaciones de cálculo de las PDA de cereales.</i>	158
<i>Tabla 4.12: Ecuaciones de cálculo de las PDA de frutas y hortalizas, pescados y mariscos y raíces y tubérculos.</i>	160
<i>Tabla 4.13: Ecuaciones de cálculo de las PDA de oleaginosas y legumbres.</i>	162
<i>Tabla 4.14: Ejemplo de cálculo de las PDA de frutas y hortalizas en China continental, volumen de frutas y hortalizas en 1000 Tn, año 2017.</i>	165
<i>Tabla 4.15: Factores de impacto ambiental de las PDA en China continental.</i>	167
<i>Tabla 5.1: Estimación de PDA agrupadas por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año, con factor de conversión, a nivel mundial, año 2017.</i>	180
<i>Tabla 5.2: Estimación de PDA agrupadas por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año, sin factor de conversión, a nivel mundial, año 2017.</i>	180
<i>Tabla 5.3: Oferta doméstica en millones de toneladas, por nivel de seguridad alimentaria del país y por cada grupo alimentario, año 2017.</i>	184
<i>Tabla 5.4: Estimación de las PDA en millones de toneladas, por nivel de seguridad alimentaria del país y por cada grupo alimentario, año 2017.</i>	187
<i>Tabla 5.5: Estimación de las PDA en millones de toneladas, por nivel de seguridad alimentaria y etapa de la cadena alimentaria, año 2017.</i>	189
<i>Tabla 5.6: Subalimentación en el mundo, años 2000-02 a 2016-18. Número de personas subalimentadas en millones y prevalencia de la subalimentación en %.</i>	194
<i>Tabla 5.7: Número de personas subalimentadas (millones) y prevalencia (%), periodo 2016-18 e índice de seguridad alimentaria (año 2019) de 13 países con mayor número de personas subalimentadas.</i>	199
<i>Tabla 5.8: Estimación de las PDA agrupadas por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria, en millones de Tn/año con factor de conversión, China, año 2017.</i>	202
<i>Tabla 5.9: Indicadores que miden el cumplimiento de los ODS, en China, año 2019.</i>	221

1. Introducción, justificación y objetivos

Un problema empírico al que se han enfrentado muchas personas en el mundo en distintas épocas históricas es el de la escasez de alimentos. En este aspecto una pregunta relevante a realizar es: ¿por qué hay hambre en el mundo? Durante mucho tiempo se ha tratado de responder esta pregunta buscando dilucidar cuáles son las causas del hambre. Sin embargo, desde los años 70 el problema se ha vuelto de gran interés académico y político.

En 1974, en el contexto de la crisis alimentaria de principios de los años setenta se celebra la primera Conferencia Mundial sobre Alimentación en la que surge el concepto de **seguridad alimentaria** (SA), más que como un concepto teórico como un objetivo político. Este objetivo, en un principio, se entendió como la SA nacional donde se debía asegurar la disponibilidad de alimentos suficientes para satisfacer las necesidades de las personas de un país en todo momento, incluyendo aquellos años en los que hubiera poca producción nacional o en los que el mercado internacional se encontrara en condiciones adversas.

A finales de los años 70 este concepto de SA nacional para explicar las hambrunas y el hambre comienza a sufrir variadas críticas, principalmente de organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Banco Mundial. Estas se pueden resumir en, primero, una incapacidad de explicar el hecho de que las hambrunas y el hambre endémica se produzcan en determinados lugares y momentos, donde incluso no hay escasez de alimentos, y solo afecten a familias pobres. En segundo lugar, se critica que al basarse en datos per cápita no se observan las desigualdades existentes en la distribución del alimento en el interior de las familias y personas de una nación.

Es a raíz de estas críticas lo que lleva al economista Amartya Sen a presentar una nueva teoría para explicar las hambrunas y el hambre endémica, la teoría de las titularidades (Sen, 1981). En ella sostiene que la inseguridad alimentaria se produce por la incapacidad de un individuo de adquirir alimentos de forma legal. De esta manera, la SA está determinada no solo por la disponibilidad de alimentos, sino también por la

cantidad de propiedades y recursos de que disponga la familia o individuo, el nivel de precios de los alimentos, el nivel de salarios, el nivel de protección social, etc. En definitiva, Sen sostiene que es un problema de acceso y no de producción de alimentos.

Sobre la base de todas estas ideas, en la Cumbre sobre la Alimentación de 1996 se define la SA como la situación en la que a nivel personal, familiar, regional, nacional y mundial todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos que les permitan satisfacer sus necesidades y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable (FAO, 1996).

Otros dos conceptos fuertemente ligados con el concepto de SA son el **derecho a la alimentación y la soberanía alimentaria**. El primero hace referencia al derecho de todo ser humano a tener acceso físico y económico, en todo momento, a la alimentación adecuada o a los medios para obtenerla (CDESC, 1999). En concreto, el derecho a la alimentación aborda la problemática de si el acceso físico y económico a los alimentos debería ser un derecho básico de cada ser humano o no, por lo tanto, esta es una discusión no solo económica, sino que también, ética, moral y legal. Por este motivo, pese a la importancia de este asunto, en la presente tesis no se abordará en detalle esta problemática ya que, el aspecto ético, moral y legal están fuera del alcance de la misma. Además, esta problemática no ha sido explícitamente recogida en el texto de la Agenda 2030 (Medina y Ortega, 2017).

El segundo concepto, es decir, la soberanía alimentaria, hace referencia a la capacidad de cada pueblo de definir sus propias políticas agrarias y alimentarias de acuerdo a la seguridad alimentaria y los objetivos de desarrollo sostenible (Giunta y Dávalos, 2020). El concepto de soberanía alimentaria, por lo tanto, está fuertemente relacionado con las interrelaciones entre los mercados de alimentos locales y globales, además de la gobernanza de los mercados de cada país. Al igual que con el caso del derecho a la alimentación, pese a su importancia, en esta tesis no se abordará el concepto de soberanía alimentaria. La razón es que un análisis profundo de las relaciones entre los mercados locales y globales de alimentos queda fuera de los objetivos de la misma.

En contraste con el objetivo político de garantizar las SA, el derecho a la alimentación y la soberanía alimentaria, en el informe “Pérdida y desperdicio de

alimentos en el mundo” de FAO, publicado en 2012, se estimó que las **pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA)** mundiales son un tercio de la cantidad de los alimentos producidos para el consumo humano, lo que equivale a 1.300 millones de toneladas anuales. Ahora bien, todos aquellos alimentos que se producen pero que no se consumen, ya sea porque se pierden o se desperdician, implican un desaprovechamiento de recursos económicos y naturales, a la vez que generan impactos sociales y medioambientales. De esta manera, las PDA están relacionadas con sistemas alimentarios insostenibles. Por tanto, las PDA obstaculizan el objetivo global de garantizar una seguridad alimentaria sostenible.

En este aspecto, según la FAO (2013a) los impactos medioambientales que generan las PDA son múltiples, pero se pueden clasificar en cuatro grupos: impactos sobre la tierra, sobre el agua, sobre el cambio climático y sobre la biodiversidad. En el primer caso, la agricultura intensiva impide que la tierra tenga los periodos de barbecho necesarios para mantener su fertilidad lo que implica que, en los periodos siguientes de cultivo, sea necesario utilizar fertilizantes que, la mayoría de las veces, son sintéticos, causando contaminación y la pérdida de suelo cultivable. Al respecto, en FAO (2013a) se estimó que, en el año 2007, se usaron 1.400 millones de hectáreas para producir alimentos que no se consumieron.

En segundo lugar, el 70% del agua dulce que se consume sobre la tierra corresponde a la agricultura, por lo que toda el agua utilizada para producir productos agrícolas, que no se consumen, es agua que se malgasta. En este aspecto, en el 2007, se estimó que se utilizaron 250 km³ de agua en la producción de alimentos que se despilfarraron (FAO, 2013a).

Por otro lado, dos de los canales por los cuales las PDA pueden influir en el cambio climático son: primero, a través de la contaminación derivada de los combustibles fósiles que se utilizan en la industria alimentaria para la producción de alimentos que no se consumen; segundo, las PDA cuando son depositadas en vertederos, al descomponerse, generan una importante cantidad de gas metano, lo que desde el punto de vista de la retención térmica es mucho más contaminante que el dióxido de carbono (CO₂). En FAO (2013a) se estimó que, en el 2007, los alimentos despilfarrados emitieron un total de 3.3 giga toneladas de CO₂ equivalente.

Por último, los efectos mencionados que tienen las PDA sobre la tierra, el agua y el cambio climático generan alteraciones en el hábitat de los seres vivos, lo que provoca efectos negativos en la biodiversidad. Un caso particular y alarmante de esta situación son los daños provocados por la pesca de arrastre al devolver al océano desechos de vida marina sin vida.

En este aspecto, los impactos negativos que tienen las PDA sobre la SA y el medio ambiente, desde fines del 2015, han cobrado una relevancia política, social y medioambiental importante, ya que afectan de manera directa a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): objetivo 2 de hambre cero, objetivo 6 de agua limpia y saneamiento, objetivo 12 de producción y consumo responsable, objetivo 13 de acción por el clima, objetivo 14 de vida submarina y objetivo 15 de vida de ecosistemas terrestres. Aunque de manera indirecta las PDA también afectan a los siguientes ODS: objetivo 1 de fin de la pobreza, objetivo 3 de salud y bienestar, objetivo 7 de energía asequible y no contaminante, objetivo 8 de trabajo decente y crecimiento económico, objetivo 10 de reducción de las desigualdades y objetivo 11 de ciudades y comunidades sostenibles.

Sin embargo, pese a la importancia de este tema, desde un punto de vista económico, político, humanitario y medioambiental, según FAO (2014), hasta la fecha, se han realizado pocos análisis de las repercusiones económicas de las PDA considerando sus aspectos globales. Asimismo, existen dos relaciones entre las PDA y la seguridad alimentaria que se han tratado escasamente en la literatura. La primera tiene que ver con las pérdidas de calidad y nutrientes, lo que repercute negativamente en la nutrición. Y, la segunda, referente a la dimensión de “estabilidad” de la SA y las características que un sistema alimentario debería tener para garantizarla, especialmente dado el carácter variable de la producción y el consumo de alimentos.

En el marco de esta segunda relación se localiza el objetivo principal de esta investigación que es analizar de manera global las consecuencias que tienen las PDA en la SA, el medio ambiente, específicamente en el agua, la tierra y el cambio climático, los ODS y los sistemas alimentarios sostenibles, concretamente en China. Las razones por la que se eligió este caso en particular son, primero, debido al volumen de la población de este país con problemas de SA que, ascienden a 122 millones de personas lo que sitúa a

China como el segundo país con más cantidad de personas subalimentadas después de India. En segundo lugar, porque China concentra el 27% de las PDA que se producen a nivel mundial, lo cual genera impactos medioambientales importantes.

El anterior análisis se realizará con el fin de proponer recomendaciones de políticas públicas desde el ámbito de la economía circular para fomentar sistemas alimentarios sostenibles en China y, a su vez, que esto sirva de extrapolación para otros países con problemas de SA.

Con estos antecedentes, la hipótesis principal de trabajo es que un control de las PDA a través de un modelo de economía circular puede contribuir a la mejora de la SA, la mejora del medio ambiente y el cumplimiento de los ODS relacionados a estos temas.

Para cumplir este objetivo las preguntas que guiarán la presente investigación son:

- ¿Cuáles son las relaciones entre PDA, SA, medio ambiente y ODS?
- ¿Cómo y en qué cantidad la reducción de las PDA puede contribuir a la mejora de la SA y el medio ambiente?
- ¿Cómo y en qué medida puede ayudar la reducción de las PDA a cumplir los ODS referentes a SA y medio ambiente?
- ¿Qué tipo de políticas públicas se pueden ejecutar para conseguir que la reducción de las PDA contribuya a la mejora de la SA, el medio ambiente, el cumplimiento de los ODS y el establecimiento de un modelo de economía circular que fomente sistemas alimentarios sostenibles en países con problemas de SA?

Con el fin de contestar a estas preguntas primero, se analizará la relación entre las PDA, SA, el medio ambiente y la economía circular. Segundo, se realizará una estimación de las PDA a nivel mundial y para China, según el nivel de seguridad alimentaria e impactos medioambientales y las etapas de la cadena alimentaria. Tercero, se analizará cómo puede ayudar la reducción de las PDA a cumplir los ODS referentes a SA y medio ambiente. Finalmente, a partir de esta información se expondrán y discutirán algunas recomendaciones de políticas públicas y de economía circular que tengan como objetivo,

a través de la reducción de las PDA y la creación de sistemas alimentarios sostenibles, mejorar los niveles de SA, medio ambiente y, el cumplimiento de los ODS.

La tesis está dividida en siete capítulos. El primero es introductorio donde se exponen las preguntas guías, objetivos de la tesis y la estructura de la misma. En el segundo capítulo se tratará el marco teórico donde se exponen en detalle los conceptos de pérdida y desperdicio de alimentos, pérdida de la calidad de los alimentos, la seguridad alimentaria, el medio ambiente, los objetivos del desarrollo sostenible y la economía circular. En este marco teórico también se abordan las relaciones que existen entre estos conceptos con el fin de establecer las conexiones necesarias para los siguientes capítulos.

En el tercer capítulo se realiza una revisión de los trabajos anteriores donde se estimaron las PDA a nivel mundial. También se muestran aquellos trabajos que han estimado las PDA para el caso concreto de China, así como aquellos otros que estiman el impacto ambiental de las PDA en China.

El cuarto capítulo se centra en los aspectos metodológicos relativos a las estimaciones del volumen de PDA a nivel mundial y para China, considerando los niveles de SA y las etapas de la cadena alimentaria. Además, también se señalan los aspectos metodológicos de las estimaciones del impacto ambiental que producen las PDA en China. Por ello, el capítulo está dividido en cuatro partes, una donde se abordan los distintos métodos de estimación de las PDA, así como sus ventajas y desventajas. La segunda parte trata algunas consideraciones metodológicas de las distintas bases de datos que existen sobre las PDA. En el tercer epígrafe se aborda el método utilizado en esta tesis para realizar las estimaciones de las PDA y sus impactos ambientales y, en la sección final se expone qué bases de datos se consideraron para realizar dichas estimaciones.

En el quinto capítulo se muestra los resultados empíricos. Se inicia con la exposición de los resultados de la estimación de las PDA a nivel mundial que se han realizado y se aborda el panorama de la SA en el mundo. Posteriormente, se plantean los resultados referentes a la cuantificación de las PDA en China y su impacto ambiental. Se realiza una comparación de la magnitud de las PDA en China con otros países y se

discuten las causas que las provocan. Finalmente, se culmina abordando el estado de la seguridad alimentaria y el cumplimiento de los ODS en China.

En el sexto capítulo se abordan las diversas soluciones y políticas públicas que tienen por objetivo reducir las PDA para construir sistemas alimentarios sostenibles y, a través de ellas cómo contribuir a la mejora de la calidad medioambiental, social y económica y, por ende, al cumplimiento de los ODS. Con este fin, el capítulo se divide en tres secciones: una, donde se exponen distintas soluciones y políticas públicas genéricas referentes a las PDA; una segunda sección donde estas cuestiones se incluyen, para el caso específico de China y, finalmente, una sección donde se describen distintas acciones para reducir las PDA dentro de un marco de economía circular. El último capítulo está dedicado a las conclusiones y reflexiones finales.

2. Marco teórico: Pérdida y Desperdicio de Alimentos y sus dimensiones social, medioambiental y económica.

En este capítulo se tratarán en detalle los conceptos y las relaciones entre las PDA, PDCA, SA, medio ambiente, desarrollo sostenible, ODS y economía circular. Principalmente se analizará cómo las PDA y PDCA producen impactos ambientales en el agua, la tierra, el clima y la biodiversidad para luego comprender cómo, a través de ellos, las PDA actúan como barreras para el cumplimiento de los ODS en materia social, económica y medioambiental. Por otro lado, se abordará cómo las PDA y PDCA afectan a las cuatro dimensiones de la SA, es decir, **la disponibilidad, el acceso, el uso y la estabilidad de los sistemas alimentarios**. Esto lo hacen a través de varios canales, sin embargo, aquí se revisarán los principales que son los siguientes: 1) reducen la disponibilidad mundial y local de alimentos debido al desperdicio; 2) dependiendo de ciertas condiciones pueden provocar un alza en el precio de los alimentos impidiendo el acceso a ellos, especialmente de familias y personas de escasos recursos; 3) por definición las PDA están asociadas a la pérdida en la calidad nutricional de los alimentos con lo que afectan la dimensión de uso de la SA; 4) involucran el uso insostenible de recursos naturales, por lo que, afectan la producción de alimentos futuros. 5) causan insostenibilidad en los sistemas alimentarios. En concreto, se abordará cómo este impacto ambiental de las PDA y PDCA y el impacto socioeconómico que tienen a través de la SA contribuyen a impedir el cumplimiento de los ODS. Finalmente, se analizará qué tipo de relación tienen las PDA con los sistemas alimentarios sostenibles y la economía circular.

2.1 Pérdida y Desperdicio de Alimentos y sus causas

Para abordar el concepto y los alcances de la pérdida y desperdicio de alimentos (PDA) es necesario comenzar distinguiendo entre dos enfoques distintos, uno basado en los desperdicios y, el otro, basado en los alimentos¹.

De modo más concreto, el primer enfoque considera la PDA como la parte de los desperdicios de alimentos o aquellos objetos relacionados con ellos, incluyendo las partes

¹ “Se entiende por alimentos toda sustancia, elaborada, semielaborada o bruta que se destina al consumo humano, incluida las bebidas, el chicle y cualesquiera otras sustancias que se utilicen en la fabricación, preparación o tratamiento de los alimentos, sin incluir los cosméticos, el tabaco ni las sustancias utilizadas solamente como medicamentos” (FAO y OMS, 2013, p. 23).

no comestibles. Este enfoque tiene como principal preocupación centrarse en la disminución, efectos negativos y costes de tratamiento, de cualquier tipo de desperdicio relacionado con la alimentación. Normalmente este enfoque aborda también el impacto medioambiental que genera la parte no comestible de los alimentos que se desperdicia (HLPE, 2014).

Por su parte, el segundo enfoque -que es el más utilizado y que se considerará en esta investigación- se centra en los alimentos, por lo que entiende como PDA solo la parte de los alimentos comestibles que se pierde o desperdicia dedicados al consumo humano en alguna de las fases de la cadena alimentaria². Por lo tanto, desde este enfoque es necesario introducir dos conceptos adicionales, el primero es el concepto de **cadena alimentaria**, que es el proceso completo por el cual pasa un producto desde su cosecha hasta su consumo. El segundo es la “**comestibilidad**” que es la dimensión cultural que hace que las personas y agentes involucrados en la producción consideren comestible o no comestible un producto (HLPE, 2014).

Existe otra clasificación para abordar el concepto de PDA como es la distinción entre pérdida y desperdicio. La diferencia radica en la fase de la cadena alimentaria en la que se produce el problema. De esta manera si el problema se genera antes de la fase de consumo se clasifica como pérdida de alimentos, mientras que si se produce en la fase de consumo se clasifica como desperdicio (Parfitt, Barthel y Macnaughton, 2010). Esta clasificación al asociar las PDA a la cadena alimentaria tiene la ventaja de contar con datos cuantitativos más exactos que el otro enfoque que se presenta a continuación.

Otra clasificación es a partir de la naturaleza y origen de las causas de las pérdidas y desperdicios, de esta manera los descartes de alimentos debidos a comportamientos voluntarios o resultados de elecciones de agentes son clasificados como desperdicios, mientras que aquellos generados por situaciones involuntarias o técnicas son pérdidas (HLPE, 2014). A este último enfoque se le atribuyen numerosos inconvenientes, el principal de ellos es que la clasificación de que es un comportamiento voluntario o no, es

² Cabe señalar que existe una diferencia entre cadena alimentaria y cadena alimenticia o trófica. Esta última es la que describe el proceso de transferencia de sustancias nutritivas a través de las diferentes especies de una comunidad biológica, donde cada una se alimenta de una especie precedente y, ésta a su vez, es el alimento de la siguiente.

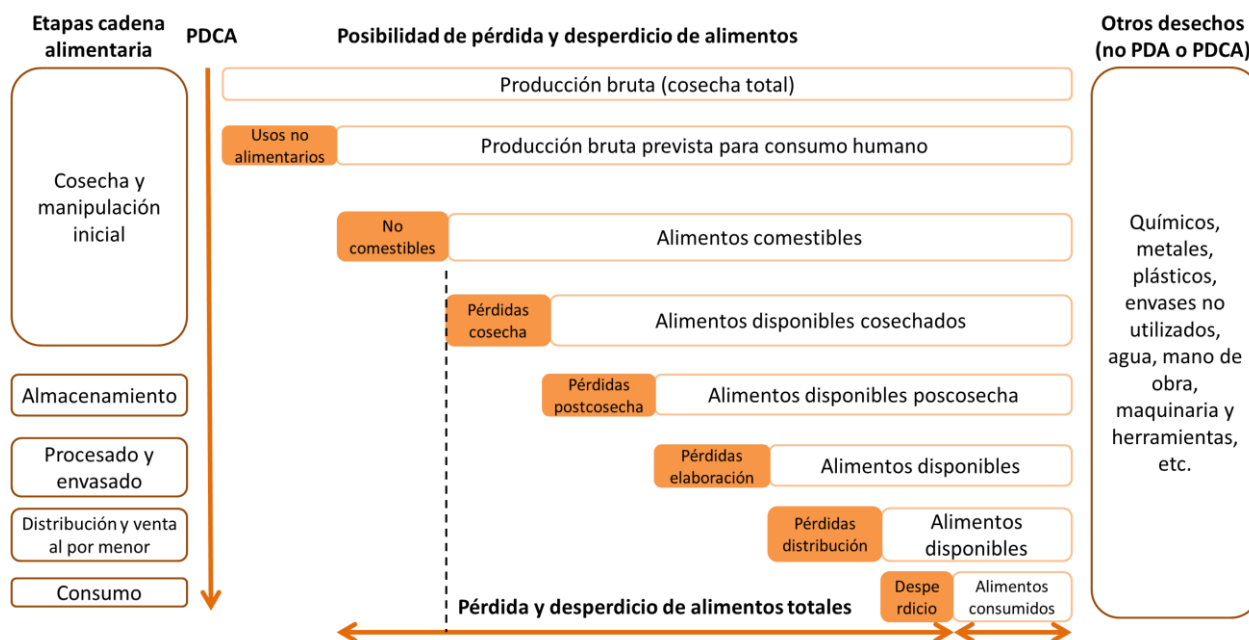
contextual y subjetivo, en la medida que es difícil discernir hasta qué punto un agente económico, familia o persona puede descartar el consumo de ciertos alimentos voluntaria y libremente sujeto a restricciones económicas, sociales, políticas, culturales, técnicas, etc.

Un tercer concepto a destacar en esta área es la **pérdida y desperdicio de calidad de los alimentos (PDCA)**. En toda la cadena alimentaria no solo se producen descartes físicos de alimentos, sino que también estos pueden ir disminuyendo su calidad desde un punto de vista nutricional, apariencia, u otros atributos de calidad valorados tanto por productores como consumidores. Este aspecto es particularmente relevante en los estudios de PDA debido a que cuando un alimento comienza a perder su calidad, desde cualquier punto de vista, comienza a aumentar su probabilidad de ser descartado en alguna fase de la cadena alimentaria y, por consiguiente, transformarse en PDA. No obstante, lo anterior, existen variadas dificultades a la hora de definir y evaluar cuando un alimento comienza a perder calidad (HLPE, 2014).

Por lo tanto, como se expuso, la PDA y la PDCA son situaciones que se pueden producir a lo largo de toda la cadena alimentaria. Las pérdidas se pueden generar en la etapa de cosecha, postcosecha, elaboración y distribución. Por su parte, los desperdicios se dan en la etapa de consumo. Finalmente, las PDCA a lo largo de toda la cadena alimentaria. Es importante destacar que el descarte de alimentos que se produce en la etapa de cosecha y manipulación de alimentos pero que no es para consumo humano³ o no comestible no es considerado dentro de la definición de PDA (ver figura 2.1).

³ Existen muchos usos alternativos para los alimentos, como, por ejemplo, piensos, semillas, energía, biocombustibles, etc.

Figura 2.1: Representación esquemática de las definiciones de PDA y PDCA a lo largo de la cadena alimentaria.



Fuente: Elaboración propia a partir de HLPE (2014).

Una vez expuesta la definición de PDA y PDCA hay que abordar sus causas. En adelante, por comodidad en la nomenclatura se hablará de PDA haciendo referencia a las PDA y las PDCA en conjunto, la razón es que las causas que las provocan, varias veces son las mismas o están fuertemente relacionadas. Las causas que generan las PDA, son múltiples y dependen del producto y el contexto, así como también de la fase de la cadena alimentaria en la que se produzcan. En este aspecto, para favorecer el análisis, es necesario hacer dos distinciones, la primera es observar en qué fase de la cadena alimentaria se generan y, a su vez, según el nivel y alcance de su impacto en la fase organizativa (HLPE, 2014). De esta manera, según la fase de la cadena alimentaria se tiene que las causas de las PDA se pueden generar en la etapa de producción (anterior a la cosecha), recolección (cosecha) y manipulación inicial, almacenamiento, transporte, procesado, venta al por menor y, consumo. Según el nivel y alcance de impacto, en la fase organizativa, se pueden dividir en microcausas, mesocausas y macrocausas. Estas clasificaciones están relacionadas puesto que, en una misma fase de la cadena, pueden existir causas en los tres niveles, y cada una de ellas, además, relativas a un nivel y fase pueden afectar otro nivel y etapa de la cadena.

En concreto HLPE (2014) define las microcausas como aquellas que generan PDA en cada etapa particular de la cadena alimentaria debido a acciones u omisiones de actores de la misma etapa como respuesta o no a factores externos. Las mesocausas involucran las causas secundarias o estructurales, por lo tanto, pueden producirse en la misma fase o en una fase de la cadena distinta de donde se producen las PDA, o derivarse del modo en que se organizan diversos actores de la cadena, del estado de la infraestructura, etc. Por lo tanto, las mesocausas pueden contribuir a que se produzcan las microcausas y determinar su impacto. Por último, las macrocausas son las causas sistémicas de las PDA, como por ejemplo un sistema alimentario que no funciona correctamente, las condiciones políticas o institucionales que impiden la coordinación y acción de los distintos agentes de un sistema alimentario, las inversiones en el sector y la adopción de buenas prácticas internacionales en esta materia, el nivel de tecnología del país, etc. Por su magnitud e impacto, las macrocausas fomentan la aparición de las meso y microcausas.

Para observar distintas causas de las PDA clasificadas por estos dos criterios ver cuadro 2.1 a continuación.

Cuadro 2.1: Clasificación de causas de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y nivel e impacto en la fase organizativa.

Etapa de la cadena	Microcausa	Mesocausa	Macrocausa
Producción (anterior a la cosecha)	<p>Elección de las variedades de cultivo según el lugar de procedencia y el mercado de destino.</p> <p>Prácticas agronómicas.</p> <p>Factores biológicos.</p> <p>Factores ambientales.</p>	<p>Requisitos de calidad restrictivos o inadecuados.</p> <p>Requisitos del mercado de destino exigentes desde dimensiones distintas a las estrictamente nutricionales.</p> <p>Precios de mercado del producto bajos.</p> <p>Elevado coste de la mano de obra.</p> <p>Baja demanda.</p> <p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola, reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales, técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)</p>
Recolección (cosecha) y manipulación inicial	<p>Programación y cumplimiento del calendario inadecuados.</p> <p>Manipulación brusca y descuidada.</p>	<p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA. (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola,</p>

		<p>Ausencia de infraestructura adecuada.</p> <p>Falta de coordinación entre actores e integración de la cadena alimentaria.</p>	<p>reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales, técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)</p>
Almacenamiento	<p>Deficiente infraestructura de almacenamiento.</p> <p>Poca estabilidad en los sistemas de almacenamiento refrigerado.</p> <p>Control inadecuado de las condiciones de almacenamiento.</p> <p>Mezcla de productos en un mismo almacén.</p> <p>Contaminación microbiana en alimentos almacenados.</p> <p>Falta de sistemas adecuados que entreguen la preparación adecuada al alimento para ser almacenado (ej. reducción de humedad)</p>	<p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p> <p>Ausencia de infraestructura adecuada.</p> <p>Falta de coordinación entre actores e integración de la cadena alimentaria.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA. (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola, reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales, técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)</p>
Transporte	<p>Daños derivados del calor que sufren en el traslado.</p> <p>Fallos técnicos de medio de transporte o sus sistemas de refrigeración.</p> <p>Falta de transporte adecuado.</p> <p>Carreteras en mal estado.</p> <p>Gestión logística inapropiada o ineficiente.</p> <p>Falta de cuidados en la carga y descarga.</p> <p>Falta de embalajes adecuados para el transporte.</p> <p>Rechazo de envíos.</p>	<p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p> <p>Ausencia de infraestructura adecuada.</p> <p>Falta de coordinación entre actores e integración de la cadena alimentaria.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA. (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola, reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales, técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)</p>
Procesado y envasado	<p>Carencia o inadecuación de servicios de tratamiento.</p> <p>Capacidad insuficiente de procesamiento.</p> <p>Fallos técnicos e ineficiencias en sistemas de procesado y envasado.</p>	<p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p> <p>Ausencia de infraestructura adecuada.</p> <p>Falta de coordinación entre actores e integración de la cadena alimentaria.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA. (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola, reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales,</p>

	<p>Contaminación durante el procesado.</p> <p>Exceso de procesado para conseguir forma y tamaño adecuados para el mercado.</p> <p>Sistemas de gestión de procesado y envasado ineficientes.</p>		técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)
Venta al por menor	<p>Inadecuada manipulación.</p> <p>Inadecuadas condiciones de los puntos de venta.</p> <p>Prácticas nocivas por parte de los vendedores minoristas.</p> <p>Exposición inadecuada de los productos.</p> <p>Sobre elaboración de platos preparados en restaurantes.</p> <p>Mezcla de productos de distinta fecha de caducidad para la elección del consumidor.</p> <p>Estrictas normas de apariencia que hacen que los minoristas rechacen en la recepción partidas de productos.</p> <p>Eliminación selectiva debido a estándares de apariencia.</p> <p>Variabilidad de la demanda. "Norma de 1/3"⁴</p>	<p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p> <p>Ausencia de infraestructura adecuada.</p> <p>Falta de coordinación entre actores e integración de la cadena alimentaria.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA. (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola, reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales, técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)</p>
Consumo	<p>Preparación de una cantidad excesiva de comida que no se consume a tiempo tanto en hogares como locales de venta de comida.</p> <p>Mala planificación de las adquisiciones.</p> <p>Confusión entre la fecha de consumo preferente y la fecha de caducidad.</p> <p>Almacenamiento o administración inadecuada de las existencias en el hogar.</p> <p>Técnicas de preparación inadecuadas.</p>	<p>Falta de apoyo a los actores para inversiones e implementación y mejora de buenas prácticas.</p> <p>Ausencia de infraestructura adecuada.</p> <p>Falta de coordinación entre actores e integración de la cadena alimentaria.</p>	<p>Efectos de políticas, normas y reglamentos sobre PDA. (Sistemas relativos a la inocuidad alimentaria, políticas de inversión agrícola, reglamentación alimenticia, política de eliminación de residuos)</p> <p>Causas sistémicas (limitaciones financieras, organizacionales, técnicas y tecnológicas, culturales, etc.)</p>

⁴ La norma de 1/3 es una práctica habitual adoptada por los negocios de alimentación en donde los productos elaborados que se suministran a los proveedores no deben haber superado más de 1/3 de su vida útil.

	<p>Desconocimiento del modo de consumir o utilizar los alimentos eficazmente.</p> <p>Desconocimiento de los gustos familiares por parte del gestor de la compra.</p> <p>Limitaciones de tiempo de las personas que impiden la preparación adecuada de los alimentos.</p> <p>Formatos de venta con proporciones excesivas en que se vende los alimentos que adquieren los consumidores.</p> <p>Campañas de promoción que incentivan la compra de proporciones excesivas de alimentos para mejorar la relación calidad-precio.</p>		
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2014).

2.2 Seguridad Alimentaria (SA)

Un problema al que se han enfrentado muchas personas en el mundo en distintas épocas históricas es el de la escasez de alimentos. En este aspecto una pregunta relevante a realizar es: ¿por qué hay hambre en el mundo? Durante mucho tiempo se ha tratado de responder esta pregunta buscando dilucidar cuáles son las causas del hambre. Sin embargo, desde los años 70, este problema ha sido objeto de estudio por parte de investigadores, académicos, agentes dedicados al desarrollo y cooperación internacional y gobiernos. Es decir, se ha vuelto de interés académico y político.

En 1974, en el contexto de la crisis alimentaria de principios de esta época ocasionada por la disminución de la producción y reservas mundiales de alimentos, se celebra la Conferencia Mundial sobre Alimentación en la que surge el concepto de **seguridad alimentaria**, más que como un concepto teórico como un objetivo político. En un principio se entendió como **seguridad alimentaria nacional** donde se debía asegurar la disponibilidad de alimentos suficientes para satisfacer las necesidades de las personas de un país en todo momento, incluyendo aquellos años en los que hubiera poca producción nacional o en los que el mercado internacional se encontrara en condiciones adversas (Sutcliffe, 1996).

La anterior definición de seguridad alimentaria se basó en el marco teórico explicativo de las crisis alimentarias que formuló Malthus y que dominó hasta los años ochenta. Este marco teórico define las hambrunas como períodos de escasez debido a una disminución brusca y repentina de los suministros de alimentos per cápita que se produce por factores naturales, por ejemplo, sequías o inundaciones, o por factores demográficos, es decir, un crecimiento explosivo de la población (Malthus, 1798). De esta misma manera este enfoque define el **hambre endémica** como una insuficiencia sostenida de alimentos en relación a la población (Sutcliffe, 1996).

Por lo tanto, a partir de esta definición se propone como principal objetivo de las políticas públicas para la seguridad alimentaria el garantizar el abastecimiento suficiente y estable de alimentos para los habitantes de un país, básicamente a través de: el aumento de la producción agrícola nacional, la importación de alimentos y la creación de reservas alimenticias (Alamgir y Arora, 1991).

A finales de los años setenta, tanto el concepto de seguridad alimentaria nacional como el enfoque teórico maltusiano para explicar las hambrunas, comienzan a sufrir variadas críticas. Éstas básicamente se pueden resumir, en primer lugar, en una incapacidad de explicar el hecho de que las hambrunas y el hambre endémica se produzcan en determinados lugares y momentos, donde incluso no hay escasez de alimentos, y solo afecten a familias pobres. En segundo lugar, se critica que, al basarse en datos per cápita, no se observan las desigualdades existentes en la distribución del alimento en el interior de una nación, de lo que se desprende que incluso cuando en promedio un país tiene seguridad alimentaria nacional no tienen por qué tenerlo todos los sectores o familias (Sutcliffe, 1996).

Es a raíz de todas estas críticas que el economista Amartya Sen presenta una nueva teoría para explicar las hambrunas y el hambre endémica, **la teoría de las titularidades**. En ella sostiene básicamente que la seguridad o inseguridad alimentaria se produce por la capacidad o incapacidad de un individuo de adquirir alimentos de forma legal, ya sea a través de su propia producción, comprándolo o recibéndolo como una donación del Estado o algún agente externo. De esta manera, las titularidades son los derechos de propiedad que posee la familia o individuo que le permiten acceder a los alimentos (Sen, 1981). Por lo que la seguridad alimentaria está determinada no solo por la disponibilidad de alimentos, sino también por la cantidad de propiedades y recursos de que disponga la

familia o individuo, el nivel de precios de los alimentos, el nivel de salarios, el nivel de protección social, etc. En definitiva, Sen sostiene que es un problema de acceso y no de producción de alimentos.

Con este nuevo enfoque teórico nace el concepto de **seguridad alimentaria familiar** que se puede definir como el acceso para todas las familias o personas, en todo tiempo, a cantidades de alimentos suficientes que les permitan llevar una vida activa y saludable (Banco Mundial, 1986). Este nuevo concepto de seguridad alimentaria redefine en tres aspectos el concepto de seguridad alimentaria nacional: reduce la escala de análisis de un nivel nacional a un nivel familiar e individual, no se centra en la producción de alimentos como único factor determinante de la seguridad alimentaria sino en el acceso a ellos determinado por el nivel socioeconómico y, se pasa de un enfoque natural (causas climáticas y demográficas) a uno socioeconómico como causa explicativa del hambre y las hambrunas.

En resumen, este nuevo concepto se sostiene sobre las siguientes cuatro dimensiones: la suficiencia de comida, que se entiende como la disponibilidad suficiente de alimentos para que las familias y personas puedan satisfacer sus necesidades nutricionales de una vida activa y sana; el acceso a los alimentos que, como se mencionó depende de las titularidades; la seguridad, que es la eliminación o minimización del riesgo de sufrir una pérdida de las titularidades familiares o personales, tanto presente como futura; y, el tiempo, ya que la seguridad alimentaria puede ser crónica –hambre endémica- o transitoria, esta última se subdivide en estacional –meses de escasez previos a la cosecha- y temporal –hambrunas- (Banco Mundial, 1986).

Como corolario se tiene que este nuevo enfoque permite, por un lado, analizar el problema desde un punto de vista más amplio –ético, político, legal, de derechos humanos, social, etc.- y, por otro, pasar de una resignación e inacción política a la posibilidad de hacer políticas públicas en muchas áreas para combatir el problema.

Desde los años noventa el enfoque teórico de las titularidades y el concepto de seguridad alimentaria familiar han sufrido variadas críticas constructivas que han ampliado el concepto volviéndolo más ecléctico y complejo. A continuación, se muestra

un resumen de estas críticas (Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo, 2017).

- **Sistemas de sustento:** Se argumenta que la seguridad alimentaria no funciona bien si se considera como un concepto dependiente solo de las titularidades, más bien debe considerarse dentro de un sistema de sustento seguro. Éste involucra, además de los ingresos y recursos de los que dispone una familia o persona, el conjunto de conocimientos, información, redes sociales, derechos legales que le permiten llevar a cabo su actividad económica. Por lo tanto, se argumenta que la única manera de conseguir que la seguridad alimentaria sea duradera y estable en el tiempo es a través de la formación de estos sistemas, por lo que las políticas públicas deberían estar orientadas a fomentarlos.
- **Estrategias de afrontamiento:** Las familias frente a periodos de crisis alimentarias utilizan diferentes estrategias con el fin de sobrevivir y preservar sus sistemas de sustento, entre ellas están las migraciones, ventas de alguno de sus bienes, consumo de alimentos silvestres o autocultivo.
- **Desigualdades intrafamiliares:** En la actualidad el concepto de seguridad alimentaria familiar cada vez está migrando más a un concepto de **seguridad alimentaria personal**. En especial desde la perspectiva de género que, sostiene que en el interior de cada familia existen considerables diferencias en la vulnerabilidad de sus integrantes, control de los recursos productivos y del alimento. De esta manera, las mujeres y niños poseen una mayor inseguridad alimentaria que los hombres, por ejemplo, debido a que culturalmente en algunos hogares el hombre es el que debe conseguir el sustento económico, por lo que se considera que debe estar mejor alimentado.
- **Salud y su relación con la nutrición y la seguridad alimentaria:** Actualmente se argumenta que el estado nutricional no solo depende de la cantidad de alimentos a los que se tiene acceso, sino también del estado de salud que tenga la persona, ya que existen otro conjunto de enfermedades y patologías que afectan el estado nutricional. Por lo tanto, el concepto de seguridad alimentaria familiar no solo debe enfocarse en

el acceso a los alimentos, sino también en otros recursos, como el agua potable, las condiciones de salubridad e higiene, etc. Por otro lado, hoy se comprende que la nutrición no depende solo de la cantidad de alimentos, sino también de su variedad y calidad, es decir, una buena nutrición depende tanto de la cantidad de kilocalorías consumidas como también de la cantidad de proteínas y micronutrientes contenidas en los alimentos que se ingieren. Finalmente, se debe considerar la fuerte relación que existe entre las epidemias y la mortalidad en contextos de crisis alimentaria ya que, en estas situaciones, el grueso de la población más que morir por inanición muere por enfermedades.

- **Valor cultural de los alimentos:** Recientemente se reconoce que las sociedades atribuyen a los alimentos valores culturales para el mantenimiento de la identidad, sentimiento de dignidad y relaciones sociales dentro de la comunidad. Por lo tanto, la seguridad alimentaria no solo debe fomentar el acceso a la cantidad y calidad de alimentos, sino también a aquellos alimentos socialmente aceptados.
- **Percepciones subjetivas de personas vulnerables:** Cada familia o persona tiene distintas percepciones sobre su vulnerabilidad presente y futura, lo que afecta sus decisiones de consumo alimenticio. Por lo tanto, un nuevo concepto de seguridad alimentaria debería considerar los efectos que tiene la percepción del miedo a no poder acceder a los alimentos.
- **La violencia como causante de seguridad alimentaria:** Un concepto amplio de seguridad alimentaria también debería incluir aquellas situaciones en las que la inseguridad se produce por conflictos políticos y militares y no por situaciones naturales como argumentaba Malthus o por problemas socioeconómicos como sostenía Sen.

A partir de todas estas críticas en la Cumbre sobre la Alimentación de 1996 una vez más se redefine el concepto de **seguridad alimentaria** –que es el que se mantiene hasta hoy- como la situación en la que a nivel personal, familiar, regional, nacional y mundial todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos que les permitan satisfacer sus necesidades y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y saludable (FAO, 1996). Este

concepto de SA se base en las dimensiones de **disponibilidad, uso, acceso y estabilidad** (ver figura 2.2).

Figura 2.2: Dimensiones de la Seguridad Alimentaria.



Fuente: Elaboración propia.

De este modo, la evolución del concepto de seguridad alimentaria se puede dividir en tres fases. La primera etapa de **seguridad alimentaria nacional**, donde el foco era disponer de la cantidad de alimentos suficientes para abastecer a la población de una nación, por tanto, el objetivo estaba en la producción. La segunda etapa de **seguridad alimentaria familiar**, cuyo fin es el acceso que tienen las familias pobres a los alimentos. Y la tercera etapa donde se amplía el concepto de **seguridad alimentaria** familiar cada vez más a **individual** y, se incorporan aspectos de carácter cualitativo, como la calidad de alimentos, percepciones culturales y subjetivas, etc.

Como se observa de esta breve revisión de los distintos enfoques teóricos de seguridad alimentaria, se tiene que este concepto no solo es un debate académico sino también un objetivo político. Además, es una **magnitud relativa** y no absoluta, ya que se puede estar en una situación de mayor o menor seguridad alimentaria. Es **variable** en el tiempo, ya que puede disminuir o aumentar. Finalmente, es un **concepto multidimensional** puesto que involucra aspectos, nutricionales, económicos, sociales, políticos, culturales, éticos, etc.

2.3 Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

El concepto de **medio ambiente** es un concepto complejo ya que abarca muchas dimensiones y áreas del conocimiento. No obstante, su complejidad, es posible definirlo como: *“La suma de todas las condiciones externas que afectan la vida, desarrollo y sobrevivencia de un organismo”*⁵ (Banco Mundial, 1999, p. 447). Por lo tanto, este concepto no solo abarca el espacio físico donde se desarrolla la vida, sino que también aspectos intangibles como la cultura.

El área que estudia el componente natural del medio ambiente se llama **ecología**⁶. Esta puede ser definida como la ciencia que estudia las relaciones que ocurren entre los diferentes seres vivos y el sitio en donde se desarrolla la vida, es decir, la ciencia que estudia los ecosistemas (Banco Mundial, 1999).

Un **ecosistema** es definido como el espacio constituido por un medio físico concreto y todos los seres que viven en él, así como las relaciones que se dan entre ellos (Banco Mundial, 1999). En este aspecto, todos los seres vivos se desarrollan dentro de un ecosistema. Ejemplos de ecosistemas son: un estanque, una ciudad, un bosque, un árbol, etc. Un ecosistema puede contener factores bióticos y factores abióticos. Los primeros hacen referencia a todos los organismos vivos que se encuentran en el ecosistema, como, por ejemplo, la flora y la fauna. Los segundos hacen referencia a todos los elementos que no tienen vida, como ejemplo, el agua, la temperatura, la luz, el suelo, la humedad, el oxígeno y los nutrientes.

Al territorio concreto donde viven las especies⁷, tanto animales como vegetales o de otro tipo que, mantienen ciertas relaciones de dependencia entre ellas y con el lugar al que se han adaptado se denomina **hábitat** (Banco Mundial, 1999). Por ejemplo, un lago es un ecosistema en el que es posible identificar al menos dos hábitats distintos, el fondo del lago y las orillas. En cada uno de estos hábitats se desarrollan seres vivos con

⁵ Traducción del autor. Cita original en inglés: *“The sum of all external conditions affecting the life, development, and survival of an organism”* (Banco Mundial, 1999, p. 447).

⁶ El biólogo alemán Ernest Haeckel es considerado el primero en introducir la palabra ecología en el vocabulario científico en 1869.

⁷ En taxonomía se define el concepto de especie como el conjunto de organismos o poblaciones naturales capaces de cruzarse y producir descendencia fértil. En concreto, una especie es un grupo de organismos reproductivamente homogéneo, aunque muy cambiante a lo largo del tiempo y del espacio.

características diferentes debido a las diferencias entre las condiciones ambientales de ambos. Existen hábitats con mayor y menor cantidad de especies, por ejemplo, una selva o un bosque son considerados hábitats muy ricos en especies mientras que un desierto contiene muy pocas. En este aspecto, el concepto que se utiliza para aludir a la cantidad de especies distintas que viven en un hábitat determinado se denomina biodiversidad. Este concepto puede utilizarse a nivel de genes⁸, especies y ecosistemas.

Una especie más dentro de todos los seres vivos son los seres humanos. Sin embargo, estos se diferencian en un aspecto importante respecto de las demás especies debido a su capacidad de explotar los recursos naturales y a su dominio de la energía. En este sentido, la relación que tiene el ser humano con los diferentes ecosistemas ha ido cambiando a lo largo de la historia, principalmente de acuerdo al incremento de la población total de personas, el desarrollo de la tecnología y los estilos de vida.

Del medio ambiente proceden todos los recursos que las personas utilizan para su subsistencia, es decir, el aire, el agua, los alimentos, la energía, etc. Sin embargo, también el medio ambiente es el receptor de todos los residuos que ellas generan. En este sentido, el efecto que tiene la actividad humana sobre el medio ambiente se llama **impacto ambiental**. Por ejemplo, la construcción de un embalse afecta la flora y fauna, así como distintos elementos ambientales, que se encontraban previamente en el sector de su construcción. La transformación de terreno forestal a terreno agrícola es otro ejemplo que produce impacto ambiental. Uno de los casos más graves de impacto ambiental es el caso de la **contaminación**. Esta puede ser definida como cualquier tipo de impureza, materia o influencias físicas, como, por ejemplo, productos químicos, basura, radiación, etc., en un determinado medio y en niveles más altos de lo normal que pueden ocasionar un peligro o un daño en el sistema ecológico desviándolo de su estado de equilibrio (Banco Mundial, 1999). En relación con el concepto de contaminación tenemos los conceptos de **vertido y de residuo**. El primero, hace referencia al conjunto de desperdicios, sean estos líquidos, sólidos o gaseosos que se introducen en el medio ambiente como consecuencia

⁸ Un gen es una unidad de información en un locus de ácido desoxirribonucleico (ADN) que codifica un producto funcional, como, por ejemplo, una proteína. En este aspecto, es la unidad molecular de la herencia genética pues almacena la información genética y permite transmitirla a su descendencia. Los genes se encuentran los cromosomas y cada uno ocupa en ellos una posición determinada que se denomina *locus*. El conjunto de genes de una especie se denomina *genoma*.

de la actividad de las personas. El segundo, hace referencia a cualquier sustancia u objeto inservible del cual su dueño se deshace (Banco Mundial, 1999).

El cuadro 2.2 a continuación resume algunos de los diferentes impactos ambientales de la actividad humana.

Cuadro 2.2: Impactos ambientales de la actividad humana en diversas áreas.

Dimensión de la Actividad Humana	Actividad Humana	Impacto ambiental
Agricultura	Mecanización de la agricultura	<ul style="list-style-type: none"> Se utilizan principalmente combustibles fósiles para la mecanización, con todos los problemas ambientales que estos generan, por ejemplo, gases de efecto invernadero (GEI).
	Uso de fertilizantes artificiales	<ul style="list-style-type: none"> Producen contaminación de la tierra y agua. En el largo plazo reducen la fertilidad de la tierra. Provocan la pérdida de organismos vivos de la tierra.
	Uso de pesticidas	<ul style="list-style-type: none"> No solamente se mata las especies que se desea eliminar sino también otras especies. Algunas especies con el tiempo se vuelven resistentes a los pesticidas y evolucionan generando nuevas especies dañinas. Reduce la fertilidad de la tierra. Se distorsiona la cadena alimentaria natural. Surgen nuevas enfermedades.
	Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> Destruye ecosistemas y hábitats de diversas especies causando importantes daños a la biodiversidad. Elimina superficie vegetal de la tierra impulsando el efecto invernadero.
	Canalización del agua	<ul style="list-style-type: none"> Diversos tipos de canalización de agua, por ejemplo, embalses o tranques, generan importantes cambios en el ecosistema. Causan daños en la biodiversidad pues destruyen los hábitats de diversas especies.
Industria	Diversas actividades industriales	<ul style="list-style-type: none"> Generan una importante cantidad de residuos que luego son depositados en el medio ambiente. El humo producido por la industria genera contaminación del aire. Se genera contaminación acústica. Se producen residuos químicos que permanecen por un largo tiempo en el medio ambiente. Desequilibrios en los ecosistemas Pérdida de biodiversidad. Residuos metálicos y no metálicos contaminando principalmente los cauces de agua. Generan residuos orgánicos y no orgánicos que entran en la cadena alimentaria generando desequilibrios en ella. Se afecta el mecanismo de autopurificación del agua al introducir residuos en ella. Se producen GEI.
Minería	Diversas actividades mineras	<ul style="list-style-type: none"> Produce enormes cantidades de residuos de diverso tipo.

		<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza y contamina grandes cantidades de agua para los procesos mineros. • El agua contaminada es devuelta al medio ambiente afectando los cauces de agua limpia. • La canalización del agua, por ejemplo, con la creación de estanques, afecta los procesos de drenaje natural del suelo. • Genera importantes cantidades de GEI y otros gases tóxicos. • Genera importantes áreas de deforestación. • La deforestación produce pérdidas de flora, fauna y otros organismos, afectando negativamente la biodiversidad. • Genera contaminación acústica. • Genera procesos de desplazamiento humano a las áreas donde se encuentran los recursos lo que afecta los ecosistemas debido a la nueva concentración de actividades humanas.
Transporte	Transporte terrestre	<ul style="list-style-type: none"> • Los medios de transporte terrestre generan GEI y otros gases tóxicos. • La construcción de infraestructura vial afecta el ecosistema donde es construida.
	Transporte marítimo	<ul style="list-style-type: none"> • Genera residuos que son depositados en el medio ambiente. Un caso alarmante de esto son los derrames de petróleo que en ocasiones se producen causando importantes daños en el océano.
	Transporte aéreo	<ul style="list-style-type: none"> • Gases tóxicos como CO, CO₂, óxido de nitrógeno, y óxido sulfúrico son depositados directamente en la atmósfera. • El transporte aéreo viaja en la estratosfera los que afecta directamente la capa de ozono al liberar contaminantes como SO₄ y Cl₂.
Ciudades	Construcción de asentamientos urbanos	<ul style="list-style-type: none"> • La construcción de grandes asentamientos urbanos que involucran casas, centros comerciales, establecimientos educacionales, industrias, etc. genera importantes cantidades de residuos. • Modifica el ecosistema del lugar donde se produce el asentamiento urbano. • Aumenta la temperatura del lugar modificando las condiciones de vida de las especies que habitan ahí y propicia nuevas especies. • Produce contaminación acústica. • Distorsiona los cauces de agua.

Fuente: Elaboración propia a partir de Goudie (2013).

En el último siglo los impactos ambientales de la actividad humana se han vuelto más evidentes y pronunciados, lo cual ha aumentado la preocupación de distintos países y organizaciones internacionales. Debido a esta preocupación desde principios de los años setenta del siglo pasado se comenzó a utilizar el concepto de **Desarrollo Sostenible** que fue definido en el informe *“Nuestro Futuro Común”* como: *“Está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, duradero, o sea, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras*

generaciones para satisfacer las propias.” (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1987, p. 16)

Este concepto surge de la necesidad de confrontar, por un lado, los efectos evidentes del impacto ambiental de la actividad humana y, por otro, la idea teórica proveniente de la ciencia económica de que es posible un crecimiento ilimitado basado en la maximización de la producción y el consumo, la utilización irrestricta de los recursos naturales y la maximización del beneficio como único objetivo económico. El origen del término desarrollo sostenible se sitúa a principios de los años 70, cuando el economista Ignacy Sachs propone el concepto de ecodesarrollo para tratar los temas de crecimiento económico de los países del tercer mundo desde una perspectiva responsable con el medio ambiente. Sin embargo, Henry Kissinger, el entonces jefe de la diplomacia estadounidense, manifiesta su desaprobación del concepto de ecodesarrollo al presidente del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) quién lo sustituye por el concepto de Desarrollo Sostenible.

Alrededor de esta misma fecha, tienen lugar dos eventos importantes que contribuirán a la divulgación del concepto de desarrollo sostenible. El primero es la publicación en 1971 del informe “Los Límites del Crecimiento” por parte del Club de Roma. Este informe fue elaborado por un grupo de científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts liderados por D. H. Meadows. En él se realizan simulaciones basadas en las proyecciones de crecimiento económico y de la población hasta el año 2100, concluyendo que en el futuro la humanidad sufriría de graves problemas de contaminación, pérdida de tierras cultivables, escasez de recursos energéticos, entre otros problemas. Además de estos pronósticos devastadores, en él se critica el crecimiento económico como objetivo de la humanidad (Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, Behrens, 1972).

El segundo evento importante fue la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, celebrada en 1972 en Estocolmo, la cual es considerada como el punto inicial del movimiento ambientalista a nivel mundial. En la declaración de esta conferencia se proclamó que la humanidad es producto y modificador del medio en el que habita, pues extrae de él todo su sustento material, además de brindarle los elementos necesarios para su desarrollo intelectual, moral, social y espiritual. En consecuencia, tanto

el medio ambiente natural como el medio creado por el hombre son esenciales para su bienestar y para el goce de los derechos humanos fundamentales, incluso el derecho a la vida misma (Naciones Unidas, 1973). Finalmente, en esta conferencia se recomendó la creación del PNUMA y se estableció el 5 de junio como el Día Mundial del Medio Ambiente.

En los años siguientes a la Conferencia sobre el Medio Humano tuvieron lugar una serie de eventos y publicaciones importantes respecto al desarrollo sostenible. Estas se resumen en el cuadro 2.3 a continuación.

Cuadro 2.3: Cronología de los principales eventos y publicaciones respecto al desarrollo sostenible.

Año	Evento o Publicación
1948	Creación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
1955	Simposio sobre el rol del ser humano en el cambio de la cara de la tierra.
1960-1970	Publicación de los libros: <ul style="list-style-type: none"> • “<i>Silent Spring</i>” de R. Carson en 1963. • “<i>The Economics of the Coming Spaceship Earth</i>” de K. Boulding en 1966. • “<i>The Population Bomb</i>” de P. Ehrlich en 1968.
1961	Nace la organización ecologista <i>World Wild Found (WWF)</i>
1968	Nace la organización ecologista <i>Asociación para la Defensa de la Tierra (ADENA)</i>
1970	El Consejo de Europa declara este año como el Año de la Protección de la Naturaleza.
1971	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación del informe “<i>Los Límites del Crecimiento</i>” del Club de Roma. • Creación del Programa Hombre y Biósfera de la UNESCO. • Nace la organización ecologista <i>Greenpeace</i>
1972	<ul style="list-style-type: none"> • Conferencia de las Naciones Unidas sobre El Medio Humano. • Creación del Programa de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA).
1973	Primera “ <i>Crisis Energética</i> ”.
1973-1976	Primer Programa de Acción sobre Medio Ambiente de la Comunidad Económica Europea.
1976	Primera conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos.
1979	<ul style="list-style-type: none"> • Segunda “<i>Crisis Energética</i>”. • Nace la organización ecologista <i>Amigos de la Tierra</i>
1970-1980	Publicación de los libros: <ul style="list-style-type: none"> • “<i>Environment, Power and Society</i>” de H. T. Odum en 1971. • “<i>The Closing Circle</i>” de B. Commoner en 1972. • “<i>Small is Beautiful</i>” de E. F. Schumacher en 1973. • “<i>Energy Basis for Man and Nature</i>” de H. T. y E. C. Odum en 1976. • “<i>Soft Energy Path</i>” de A. Lovins en 1977. • “<i>The poverty of Power</i>” de B. Commoner en 1979.
1980-2003	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de los precios del petróleo y de las materias primas en general. • Disminución de las publicaciones sobre el manejo de la energía y los materiales de la sociedad industrial. • Aumento de las publicaciones sobre instrumentos económicos para la gestión de residuos y valorización de externalidades dentro del <i>mainstream</i> de la ciencia económica.
1987	Publicación del Informe “ <i>Nuestro Futuro Común</i> ” de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo. Liderado por Gro Harlem Brundtland.
1989	<ul style="list-style-type: none"> • Fin de la Guerra Fría • Publicación del segundo informe del Club de Roma titulado “<i>Beyond the Limits</i>”.

1992	<ul style="list-style-type: none"> • Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente en Rio de Janeiro. • Tratado de Maastricht. • V Programa de Acción sobre el Medio Ambiente de la Unión Europea.
1993	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación del “<i>Libro Blanco sobre Crecimiento, Productividad y Empleo</i>” de la Unión Europea. • Creación del proyecto Ciudades Europeas Sostenibles.
1994	Se crean en varios países las Agendas de Desarrollo Local.
1996	Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos.
1998	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Kyoto.
2002	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo.
2009	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Copenhague.
2012	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible. También conocida como RIO+20, Rio de Janeiro.
2015	<ul style="list-style-type: none"> • Cumbre de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, New York. • Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Paris.
2016	<ul style="list-style-type: none"> • Reuniones de los distintos comités de la ONU encargados de los ODS. Por ejemplo, Comité sobre políticas de desarrollo, Comité sobre estatus de la mujer, Comité sobre población y desarrollo, entre otros. • Foro político de alto nivel de la ONU sobre desarrollo sostenible
2017	<ul style="list-style-type: none"> • Reunión especial de la ONU sobre innovación en infraestructura para el desarrollo y promoción de una industrialización sostenible. • Foro político de alto nivel de la ONU sobre desarrollo sostenible.
2018	<ul style="list-style-type: none"> • Foro multiactores de la ONU sobre ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo sostenible • Reunión de la ONU sobre economía circular para los ODS: desde el concepto a la práctica.
2019	<ul style="list-style-type: none"> • Reunión de la ONU sobre acción global por el clima.
2020	<ul style="list-style-type: none"> • Foro del Asia-Pacífico sobre desarrollo sostenible. • Decimonovena sesión de expertos de la administración pública de la ONU para la promoción de una gobernanza efectiva y una reforma institucional para acelerar el cumplimiento de los ODS.

Fuente: Elaboración propia.

En el presente no existe un consenso explícito sobre el concepto de desarrollo sostenible, como se puede observar en las diferentes definiciones que se han dado de él. Por ejemplo, desde una visión economicista, Solow (1993) define el desarrollo sostenible como el deber de preservar la capacidad productiva para el futuro indefinido. Tietenberg (2005) lo define como la capacidad para que las generaciones futuras estén tan bien como las generaciones presentes. Goodland y Ledec (1987) lo definen como una guía de transformaciones estructurales económicas y sociales que optimizan los beneficios que se tienen en el presente sin perjudicar el potencial de beneficios similares en el futuro. Desde una perspectiva ecológica Holdren, Daily y Ehrlich (1995) definen un **proceso sostenible** como un proceso que se puede mantener de manera indefinida sin disminuciones progresivas de la calidad interna o externa del sistema en el cual el proceso opera. Esta dimensión ecológica es aplicada a la economía por Alberti y Susskind (1996) quienes definen la sostenibilidad como el mantenimiento de la capacidad de los ecosistemas naturales para mantener la población humana en el largo plazo. Constanza (1991) define la sostenibilidad como una relación entre los sistemas económicos humanos

y los sistemas ecológicos que, son más dinámicos, pero con cambios normalmente más lentos, en donde la vida humana puede continuar indefinidamente, las personas pueden prosperar y, las culturas humanas pueden desarrollarse. Lo anterior con la condición de que los efectos de las actividades humanas permanezcan dentro de unos límites, de manera que no destruyan la diversidad, complejidad y función de los sistemas ecológicos que soportan la vida. Por último, Pearce y Turner (1990) centran su definición de desarrollo sostenible diciendo que éste implica el mantenimiento a lo largo del tiempo de las existencias agregadas de capital.

Sin embargo, pese a las varias definiciones en torno al concepto de desarrollo sostenible hay un acuerdo en que éste, al menos, debería considerar aspectos ecológicos, sociales y económicos. En el aspecto ecológico, la sostenibilidad implica concebir el desarrollo de la vida humana inserta en el medio ambiente. Reconocer que los sistemas productivos están inevitablemente vinculados y dependen de los recursos naturales y de los diversos ecosistemas naturales. Por lo tanto, todo modelo de desarrollo se debe concebir como un modelo donde la utilización de los recursos naturales y energéticos se limita a la capacidad de regeneración de estos y, que la generación de residuos se limita a la capacidad de asimilación del ecosistema donde estos serán depositados. En resumen, la dimensión de sostenibilidad comprendería la capacidad para generar un rendimiento entrópico desde y hacia la naturaleza, entendiendo que éste es el flujo metabólico por el cual vivimos y producimos (Daly, 2007).

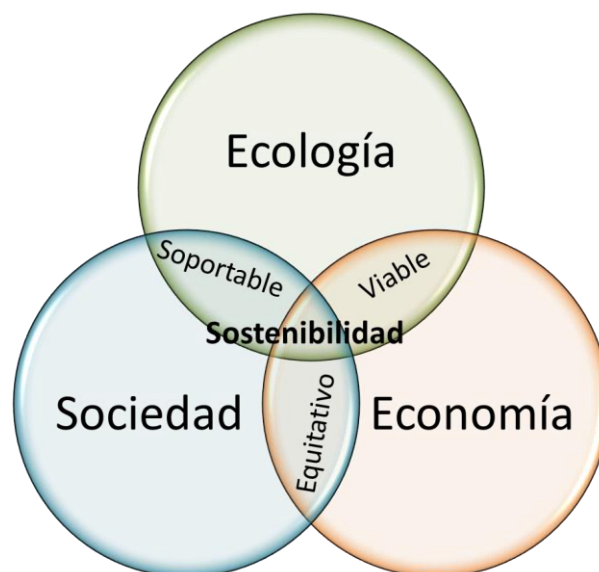
En el aspecto social, la sostenibilidad considera tres tipos de conceptos de equidad. El primero es la **equidad intergeneracional** que supone considerar dentro de los costes del desarrollo presente todos los costes de la demanda de generaciones futuras. Así, de esta manera, se busca entregar a las generaciones futuras un planeta en las mismas o mejores condiciones en que fue recibido por la generación presente. En este sentido Pearce, Markandya y Barbier (1989) entienden la equidad intergeneracional como la herencia que deja la generación actual a la generación futura en términos de existencia de conocimientos y habilidades, de existencia de tecnología, de existencia de capital hecho por el ser humano y de existencia de bienes ambientales que, no debe ser menor a la que recibió la generación actual. El segundo es la **equidad intrageneracional** que supone incluir a los grupos más desfavorecidos en la toma de decisiones que afecten los aspectos económicos, sociales y ambientales. Con lo anterior, se busca obtener niveles más

equitativos en la distribución de los recursos y la satisfacción de las necesidades de todos los seres humanos que habitan este planeta. Finalmente, está el concepto de equidad entre países que implica erradicar los abusos de poder de los países desarrollados hacia los países menos desarrollados, de tal forma de establecer sistemas de intercambio y relaciones internacionales más equitativas y justas.

En el aspecto económico, la sostenibilidad implica que el crecimiento económico debe considerar el impacto social y medioambiental, es decir, la sostenibilidad económica busca un nuevo tipo de crecimiento económico que promueva la equidad social y que establezca una relación no destructiva con la naturaleza (Tyler, 2007). En este sentido, un camino posible es ligar la sostenibilidad económica a la economía circular, es decir, que el crecimiento económico este basado en modelos de economía circular donde se produzcan cierres en los ciclos productivos. De esta manera, se sugiere que se diseñen los sistemas productivos utilizando en su mayoría o únicamente recursos y energías renovables. Además, se sugiere que los sistemas productivos no produzcan residuos o que estos se conviertan en materias primas de otros productos manufacturados (Bauwens, Hekkert y Kirchherr, 2020).

La siguiente figura 2.3 representa las tres dimensiones del desarrollo sostenible y sus intersecciones.

Figura 2.3: Dimensiones del concepto de Desarrollo Sostenible y sus intersecciones.



Fuente: Elaboración propia.

A pesar del consenso que existe en los aspectos sociales, ecológicos y económicos que debería tener el concepto de desarrollo sostenible, aún existen varios debates en torno a él. Por ejemplo, el problema relacionado a cómo elaborar una definición operativa que integre estas tres dimensiones. Para ello resulta práctico abordar la diferencia entre lo que se entiende por **sostenibilidad fuerte y sostenibilidad débil**.

La **sostenibilidad débil** parte de una perspectiva donde el capital natural y el capital artificial (capital creado por los seres humanos) son sustitutivos perfectos en un cierto periodo de tiempo (Pearce y Atkinson, 1993; Solow, 1993). De esta manera, la sostenibilidad débil consiste en conservar o incrementar el capital total agregado de una generación a otra, de manera que las generaciones futuras vivan tan bien como las generaciones presentes (Solow, 1993). Básicamente, el argumento de Solow (1993) para sostener que el capital natural y artificial son sustitutivos perfectos es que, si no se hiciera este supuesto la humanidad se enfrentaría a la disyuntiva entre vivir una corta vida feliz o una vida larga infeliz. La razón es que, si no se pueden sustituir estos tipos de capital, la humanidad se vería privada en el presente de utilizar el capital natural para conservarlo para las generaciones futuras. Sin embargo, un elemento clave para todo tipo de producción es algún tipo de capital natural, con lo cual no se podría producir nada en el presente. De todas formas, Solow expone que asumir que el capital natural y artificial son sustitutivos perfectos o asumir que no se pueden sustituir en absoluto son dos supuestos extremos que, sirven metodológicamente para extraer conclusiones, puesto que la realidad se encuentra en un punto entre esos dos extremos.

La **sostenibilidad fuerte** parte de la perspectiva donde las existencias de capital natural se mantienen o aumentan a lo largo del tiempo. Por lo tanto, en este enfoque para evitar la disminución del capital total es necesario conservar el capital natural y sus propiedades ambientales. Lo anterior supone que el capital natural y el capital artificial no son sustituibles. El argumento que sostiene esta idea es que, en la actualidad, a pesar del variado tipo de capital artificial creado por los seres humanos, aún es necesario para producir el uso del capital natural en combinación con el capital artificial (Daly, 2007). Por lo tanto, no es cierto que existe una sustitución entre ambos tipos de capital. Un segundo argumento que sostiene esta idea es que no se conocen los umbrales ecológicos a partir de donde el daño al medio ambiente es irreversible (Daly, 2007). En cuyo caso se

debería dejar de utilizar el capital natural. En este sentido autores como (Constanza y Daly, 1992) sostienen que es necesario considerar un **capital ecológico crítico** que, es definido como aquellos recursos naturales que son esenciales para el bienestar o la supervivencia de la humanidad. Además, si las distintas formas de capital no son fácilmente sustituibles, entonces la regla de sustentabilidad fuerte establecería que, al menos se proteja este capital ecológico crítico.

De todas maneras, se opte por la sostenibilidad débil o fuerte, se supone que en ningún caso se debe eludir el conocimiento que la misma naturaleza entrega sobre sus ciclos. De algún modo, la misma naturaleza, como un organismo vivo, está constantemente sustituyendo unos elementos por otros, donde unos perecen otros nacen. Sin embargo, la pregunta es a qué escala el ciclo se puede mantener sin sufrir daños irreversibles. Utilizar cantidades de capital natural en el presente, que los mismos ciclos naturales no pueden regenerar, conduciría a una situación de continuo desgaste de la naturaleza y el medio ambiente. Pero, por otro lado, no utilizar el capital natural para la producción y el desarrollo de las sociedades significa al mismo tiempo dejar de hacer frente a problemas sociales, como las hambrunas, la salud, etc., que deben ser resueltos. No obstante, esta encrucijada, el margen que la misma naturaleza entrega dentro de sus ciclos de regeneración, sumada a la capacidad creativa de la humanidad, bajo las condiciones de una ética medioambiental responsable, deberían ser suficientes para salir de esta dicotomía entre medio ambiente o sociedad.

Hasta aquí se han expuesto los elementos referentes al medio ambiente y el desarrollo sostenible necesarios para establecer la relación entre ellos y las PDA.

2.4 Relación entre PDA, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

La FAO (2014) considera tres niveles de aproximación para relacionar las PDA con los impactos que estas generan en las dimensiones medioambiental, social y económica. Estos niveles se sustentan en el principio de que todos los alimentos que fueron producidos pero que se desperdiciaron, implicaron una utilización de recursos naturales, humanos y de capital que también se desperdició (Huang, Liu y Hsu, 2020).

De esta forma, el **primer nivel** es determinar todos los impactos directos, tanto internos como externos, involucrados en la producción de los alimentos que se transforman en PDA. En este sentido, es posible establecer relaciones directas entre la cantidad de PDA y sus impactos. Por ejemplo, para la producción de un bistec son necesarios siete mil litros de agua (FAO, 2013b), por lo tanto, el agua utilizada en la producción de este tipo de alimentos cuando no se consumen es agua desperdiciada. De esta manera, es posible determinar los impactos ambientales que tienen la utilización de recursos naturales en la producción de alimentos que, posteriormente, no serán consumidos.

El **segundo nivel** tiene relación con las existencias de los recursos utilizados en la producción de alimentos que no son consumidos. Cuando un sistema alimentario es ineficiente, es decir, genera una gran cantidad de PDA, necesita producir una mayor cantidad de alimentos frente a un nivel de demanda dado. Esto implica que es necesario utilizar una mayor cantidad de recursos naturales en la producción de estas unidades de alimento adicionales. Lo anterior, aumenta la presión sobre las existencias disponibles de estos recursos generando no sólo el problema de la cantidad de recursos naturales utilizados en la producción de alimentos, sino que también el de la disponibilidad de ellos. En el medio y largo plazo esto conlleva la escasez de recursos naturales generando graves impactos medioambientales.

Cabe mencionar que el problema de la escasez de recursos también está fuertemente ligado a la localización geográfica de la producción de alimentos. En este sentido, siguiendo con el mismo ejemplo anterior, los impactos ambientales, sociales y económicos del desperdicio de siete mil litros de agua de bistec no consumidos dependerán de si este tipo de alimentos es producido en lugares con escasez o abundancia de agua. De esta manera, por ejemplo, el impacto ambiental será mayor si se producen en lugares con escasez de agua, donde el consumo de agua para producir este alimento rivaliza con el consumo de agua de otras especies del ecosistema natural. El impacto social también sería elevado si debe rivalizar con el consumo de agua potable para consumo humano o para higiene.

Aunque esta relación entre las PDA y la escasez de recursos naturales a primera vista pueda parecer simple, no lo es en absoluto, al menos a nivel teórico, debido a las

complejas interrelaciones que se producen entre los distintos elementos del mercado. Por ejemplo, la reducción de las PDA puede generar una reducción en el uso del agua y, por consiguiente, una reducción en la escasez de agua. Sin embargo, dentro de un contexto de mercado, la reducción en la escasez de agua puede provocar una disminución del precio de ésta. En consecuencia, el precio de los alimentos que son intensivos en la utilización de agua podría disminuir y generar un aumento de su demanda. Este aumento en la demanda puede incentivar el aumento en la oferta generando una mayor utilización nuevamente de cantidades de agua y, por consiguiente, de escasez de este recurso.

El **tercer nivel** tiene relación con el impacto que tienen las PDA de manera indirecta en distintas partes interesadas. En este aspecto, el impacto medioambiental, social y económico de las PDA dependerá del grupo de personas involucradas donde se mida. Por ejemplo, una reducción de las PDA en una empresa puede contribuir a una reducción en los costes de producción de los alimentos al volver más eficientes el uso de los recursos naturales. Esto se puede traducir en una reducción en el precio de los alimentos, por lo tanto, en un aumento en el volumen de compra por parte del consumidor final. Esto podría generar incentivos al consumo irresponsable de los alimentos aumentando las PDA en la etapa de consumo de la cadena alimentaria. En los países desarrollados la mayor cantidad de PDA se encuentra en la etapa de consumo, y una de las principales explicaciones es que el consumidor final no tiene incentivos a tener un consumo responsable debido a que el porcentaje de ingreso que destina a la compra de alimentos es muy bajo respecto de su ingreso total.

A continuación, se puede ver la figura 2.4 que resume las relaciones entre las PDA y sus impactos medioambientales, sociales y económicos.

Figura 2.4: Relaciones entre las PDA y sus impactos ambientales, sociales y económicos.



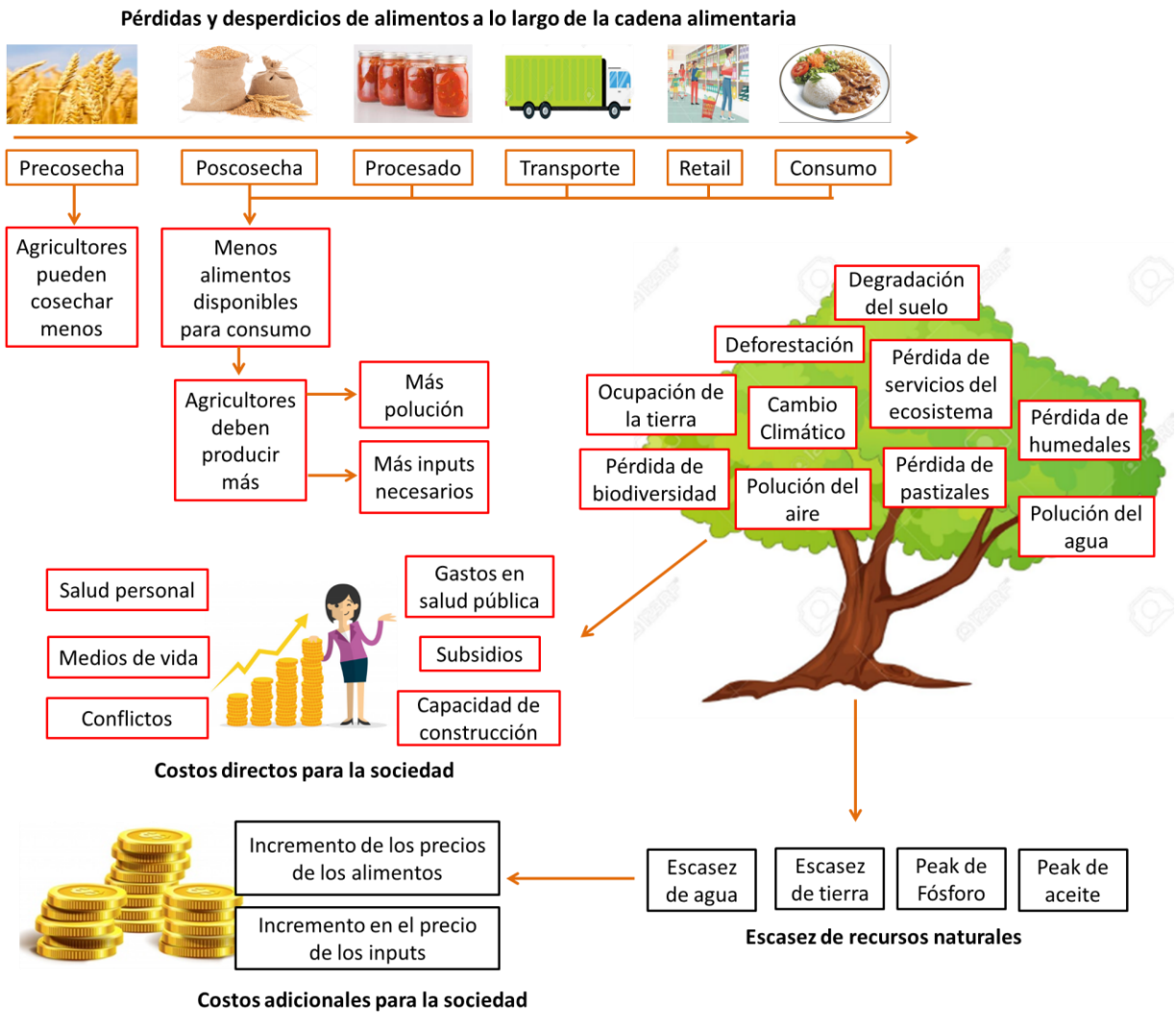
Fuente: FAO (2014).

Ahora bien, otro aspecto importante a considerar al evaluar el impacto medioambiental de las PDA tiene relación con la etapa de la cadena alimentaria en la que se producen. Según FAO (2013c) se deben considerar tres niveles:

- 1) Impactos medioambientales generados en la fase de producción.
- 2) Impactos medioambientales generados en las fases previas a la fase de producción, por ejemplo, los impactos generados en los inputs utilizados en la fase de producción agrícola.
- 3) Impactos medioambientales asociados con la disposición final de las PDA.

Cuando se considera todo el ciclo de vida de un alimento se tiene que, en la fase de producción, se deberían concentrar los mayores impactos ambientales debido a que, en ella, es cuando más recursos naturales, humanos y de capital se utilizan. Sin embargo, cada fase adicional de la cadena alimentaria añade nuevos impactos ambientales (Scherhauser, Moates, Hartikainen, Waldron y Obersteiner, 2018). Esto implica que mientras más avanzado en el ciclo de vida de un alimento se produce la PDA, mayores son sus impactos ambientales (Scherhauser et al., 2018). En este sentido, los países que generan mayor cantidad de PDA en la etapa de consumo involucran mayores impactos medioambientales que aquellos que generan la PDA en la etapa de producción agrícola y ganadera, por ejemplo, debido a los elevados costes de transporte y distribución que implica trasladar alimentos de un país productor a un país importador. La figura 2.5 a continuación muestra los impactos directos e indirectos que generan las PDA.

Figura 2.5: Impactos directos e indirectos de las PDA en las dimensiones económica, social y medio ambiental.



Fuente: FAO (2014).

A continuación, en el cuadro 2.4 se muestran ejemplos de las causas y los impactos ambientales de las PDA en distintas fases de la cadena alimentaria.

Cuadro 2.4: Causas e impactos ambientales de las PDA.

Etapa de la cadena alimentaria	Causa de la PDA en cada etapa considerada		Impactos ambientales en cada etapa considerada		Etapas afectadas
	Cultivos	Productos animales	Cultivos	Productos animales	
Producción agrícola	Pérdida debido a daños mecánicos y/o derrames durante las operaciones de cosecha (por ejemplo, trilla o recolección de fruta), selección de cultivos durante la cosecha, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de carne de bovino, cerdo y pollo debido a la muerte durante la cría. • Pérdida de pescados debido al descarte durante el proceso de pesca. • Pérdida de leche por la reducción en la producción de leche debido a enfermedades de las vacas, por ejemplo, mastitis. 	Inputs y outputs desde la siembra a la cosecha. Lo que involucra el impacto ambiental de recursos utilizados como semillas, fertilizantes, pesticidas, combustible para el trabajo mecanizado, materias primas para producir productos agrícolas, residuos, etc.	Impacto ambiental de los inputs y outputs utilizados en la granja, por ejemplo, alimentos para los animales, fermentación entérica (emisiones de gas metano), gestión del estiércol, etc.	Producción agrícola Disposición final
Manejo postcosecha y almacenamiento	Pérdidas debido al derrame y degradación durante la manipulación, almacenamiento y transporte entre la granja y los lugares de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de carne de bovino, cerdo y pollo debido a la muerte durante el transporte hasta la matanza en el matadero. • Pérdida de pescados durante el proceso de congelación, embalaje, almacenamiento y transporte en tierra. • Pérdida de leche debido al derrame y degradación en el transporte entre la 	Impactos ambientales de los inputs y outputs asociados con el manejo y transporte desde el campo hasta el lugar de almacenamiento. Por ejemplo, energía utilizada por los medios de transporte y las maquinarias de refrigeración, etc.	Impactos ambientales de los inputs y outputs asociados con el manejo y transporte desde la granja hasta el matadero y las instalaciones específicas de almacenamiento. Por ejemplo, la energía utilizada para las maquinarias de refrigeración.	Producción agrícola Manejo postcosecha y almacenamiento Disposición final

		granja y los lugares de almacenamiento.			
Procesamiento	<p>Pérdidas debido al derrame y degradación durante los procesos domésticos e industriales. Por ejemplo, producción de jugo, enlatado, cocción de pan, etc.</p> <p>Las pérdidas también pueden ocurrir cuando los cultivos son seleccionados si no existen procesos adecuados de lavado, pelado, corte y cocción, durante procesos que son interrumpidos, o durante derrames accidentales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de carne de bovino, cerdo y pollo debido al corte de la carne durante la matanza y otros procesos industriales, como, por ejemplo, la producción de embutidos. • Pérdida de pescados durante el proceso enlatado o ahumado. • Pérdida de leche debido al derrame y degradación en el los procesos industriales de tratamiento de la leche, por ejemplo, en la pasteurización y los productos lácteos procesados, como, por ejemplo, el queso y yogurt. 	Incluye el impacto ambiental de todos los inputs y outputs de la fase de procesamiento y embalaje de alimentos, por ejemplo, el uso de energía para la utilización de los procesos mecanizados, plásticos y otros residuos generados en los procesos industriales de alimentos, etc.	Impacto ambiental de todos los inputs y outputs utilizados para el enlatado, ahumado y producción de embutidos de productos animales.	<p>Producción agrícola</p> <p>Manejo postcosecha y almacenamiento</p> <p>Procesamiento</p> <p>Disposición final</p>
Distribución	PDA generadas en los sistemas de distribución de mercado, por ejemplo, las mermas en los centros de distribución como supermercados y minoristas. PDA debido a criterios estéticos que impiden su comercialización, PDA debido a vencimiento del producto antes de su venta, etc.		La fase de distribución incluye el impacto ambiental de todos los inputs y outputs necesarios para el proceso de distribución en los mercados, por ejemplo, energía para el mantenimiento de centros de distribución como, supermercados y minoristas. Impacto ambiental de los medios de transporte utilizados para la distribución. Residuos de los distintos materiales de embalaje, etc.		<p>Producción agrícola</p> <p>Manejo postcosecha y almacenamiento</p> <p>Procesamiento</p> <p>Distribución</p> <p>Disposición final</p>

Consumo	PDA durante el consumo en los hogares debido a vencimiento de los productos antes de su consumo, falta de criterios estéticos, confusión entre las fechas de vencimiento y consumo preferente, etc.	La fase de consumo incluye el impacto ambiental de todos los inputs y outputs al nivel del consumo del hogar. Las pérdidas de humedad y grasa no son contadas como PDA. Por ejemplo, el impacto ambiental que produce la descomposición de los alimentos en compost no adecuados, grasas y aceites vertidos en los sistemas de drenaje y alcantarillados, etc.	Producción agrícola Manejo postcosecha y almacenamiento Procesamiento Distribución Consumo Disposición final
Disposición final	Las causas de las PDA a este nivel son las causas que se produjeron en las etapas anteriores de la cadena alimentaria.	La fase de disposición final incluye el impacto ambiental de todos los inputs y outputs que se utilizan en el tratamiento y disposición final de las PDA. Por ejemplo, el impacto ambiental generado en los vertederos donde se depositan las PDA.	Disposición final

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2013b).

Por otro lado, la cantidad de PDA no es igual para todos los alimentos y no todos los alimentos generan los mismos impactos medioambientales. Esto va a depender de varios factores, entre los que destacan el volumen de PDA, el tipo de alimento, los métodos de producción, la tecnología utilizada y la forma de organización social del trabajo. Por ejemplo, la producción de un tomate requiere alrededor de trece litros de agua mientras que, como se comentó con anterioridad, la de un bistec siete mil litros (FAO 2013c). Otro ejemplo, es la emisión de GEI que, en el caso de los vegetales, es elevada debido al volumen que se desperdicia, pero en el caso de la carne es debido a su intensidad en la huella de carbono (FAO, 2013c).

La tabla 2.1 muestra algunos ejemplos comparativos entre los distintos factores de impacto ambiental del agua, carbono y tierra de distintos grupos de alimentos y en distintas regiones. En ellos se puede observar las diferencias en la intensidad de impacto ambiental que generan distintos alimentos, lo cual se deriva de las diferencias en los métodos de producción, la tecnología utilizada y la forma de organización social del trabajo.

De esta manera, por ejemplo, se puede observar que el uso del agua azul⁹ en África del Norte en la producción de cerdo, 2567 m³ de agua azul por cada tonelada de PDA, es mayor que en la producción de bovinos y pollo, 1726 y 1217 m³ de agua azul por cada tonelada de PDA respectivamente. A su vez, el uso de agua azul en la producción de vegetales, 158 m³ de agua azul por cada tonelada de PDA, es mucho menor en comparación con la producción de carne. Si se compara entre regiones también existen importantes diferencias, por ejemplo, el uso del agua azul en la producción de pollo en Asia Central es de 2300 m³ de agua azul por cada tonelada de PDA, casi el doble que en África del Norte. Diferencias similares en la intensidad del impacto ambiental en la tierra y el carbono de las PDA se pueden encontrar si se comparan distintos productos y regiones.

⁹ El agua azul hace referencia al consumo del agua acumulada en la superficie y al agua subterránea.

Tabla 2.1: Factores de impacto ambiental del agua, carbono y tierra en distintos grupos de alimentos y en distintas regiones.

Región/Grupo de alimentos	Factor de Impacto agua azul (m ³ /Tn de PDA)				Factor de Impacto de la tierra arable (Ha/Tn de PDA)				Factor de Impacto de la huella de carbono (kg CO ₂ eq/kg PDA)			
	Bovino	Cerdo	Aves	Vegetales	Bovino	Cerdo	Aves	Vegetales	Bovino	Cerdo	Aves	Vegetales
Asia Central	1380	2025	2300	235	4,88	1,51	3,86	0,05	22,63	5,67	4,55	0,7
Mongolia	198	484	873	232	4,88	1,51	3,86	0,09	22,63	5,67	4,55	0,81
Asia Occidental	1096	793	734	131	4,88	1,51	3,86	0,05	22,63	5,67	4,55	0,73
África Oriental	241	278	287	95	11,66	6,52	5,49	0,16	26,11	5,94	4,89	0,57
África Media	171	265	67	45	11,66	6,52	5,49	0,17	26,11	5,94	4,89	0,56
África del Norte	1726	2567	1217	158	4,88	1,51	3,86	0,05	22,63	5,67	4,55	0,7
África del Sur	162	482	135	160	11,66	6,52	5,49	0,06	26,11	5,94	4,89	0,48
África Occidental	213	307	144	52	11,66	6,52	5,49	0,17	26,11	5,94	4,89	0,57
Australia	433	885	127	124	0,95	1,47	1,78	0,04	23,11	4,88	4,48	2,18
Canadá	192	210	31	52	0,95	1,47	1,78	0,04	23,11	4,88	4,48	2,4
Nueva Zelanda	267	341	28	51	0,95	1,47	1,78	0,04	23,11	4,88	4,48	2,47
Estados Unidos	371	461	136	94	0,95	1,47	1,78	0,03	23,11	4,88	4,48	2,41
Caribe	266	369	257	38	5,37	2,94	2,06	0,09	29,53	4,65	4,56	0,52
América Central	493	573	269	72	5,37	2,94	2,06	0,05	29,53	4,65	4,56	0,48
América del Sur	131	502	89	70	5,37	2,94	2,06	0,06	29,53	4,65	4,56	0,42
China Continental	350	286	209	5	2,91	1,94	5,54	0,05	22,54	5,57	4,48	0,96
Japón	283	382	114	32	2,91	1,94	5,54	0,03	23,11	4,88	4,48	0,91
República de Corea	211	411	206	6	2,91	1,94	5,54	0,03	22,54	5,57	4,48	0,96
Asia Sudoriental	283	290	180	62	6,96	2,54	5,36	0,1	22,54	5,57	4,48	0,94
Asia Meridional	598	840	1019	96	6,96	2,54	5,36	0,07	22,54	5,57	4,48	0,88
Europa	302	283	117	33	1,29	1,53	2,3	0,05	20,2	4,88	4,48	2,34

Fuente: Elaboración propia a partir de FAO (2014).

Pese a que los impactos ambientales de las PDA son múltiples, como se expuso anteriormente, y se generan por diversas causas, en esta tesis se cuantificaron específicamente los impactos ambientales que tienen las PDA en el agua, en la tierra y en el cambio climático. El supuesto que se sostiene es que los alimentos involucran una cantidad de agua y tierra que se pierde cuando estos se desperdician. Además, durante todo el ciclo de vida de un alimento, se generan GEI que afectan el cambio climático (Huang, Liu y Hsu, 2020).

El agua para efectos de los estudios medioambientales se divide en tres tipos: **agua azul, agua verde y agua gris**. La primera, hace referencia al consumo del agua acumulada en la superficie y al agua subterránea. La segunda, es el agua de las precipitaciones que permanece en la superficie del suelo o la vegetación. Finalmente, el agua gris es el agua que es contaminada en los procesos que realizan los seres humanos. Normalmente el agua gris es definida como la cantidad de agua dulce que se debe utilizar para diluir los contaminantes con el fin de que se mantengan o superen los niveles de calidad del agua.

Estos tres tipos de agua tienen diferente impacto ambiental, el caso del agua azul es el que genera uno mayor. El agua azul para ser utilizada con propósitos agrícolas o ganaderos con frecuencia debe ser almacenada y distribuida antes de ser consumida por los usuarios finales. Esto implica la construcción de infraestructuras de diverso tipo, lo que de por sí genera importantes impactos ambientales debido al uso de energía, maquinaria y otras actividades propias de la construcción de grandes obras civiles. Pero, además, la construcción de embalses, canales o cualquier infraestructura que tenga por objetivo drenar agua de las fuentes superficiales o subterráneas de agua implica una modificación sustancial del ecosistema, ya que desvía los flujos naturales de agua. Además, el uso excesivo en algunos lugares del agua proveniente de estas fuentes agota las existencias de agua subterránea generando escasez de este recurso. Todo lo anterior se traduce en distorsiones en los flujos y stocks de agua de los que dependen diversas especies naturales, causando problemas en la biodiversidad y el ecosistema.

El impacto medioambiental del agua verde es menos grave debido a que casi no hay diferencia si se producen los procesos de evapotranspiración en los campos agrícolas o en la vegetación. Por lo tanto, el uso del agua verde no afecta los ciclos hidrológicos ni

las existencias de agua. Sin embargo, al tener un coste menor comparado con el uso del agua azul, en ocasiones puede servir de incentivo para cambiar el uso de suelo o deforestar zonas boscosas de zonas lluviosas para transformarlas en terreno agrícola.

En el caso del impacto de las PDA sobre la tierra es posible establecer el supuesto de que ésta es un recurso escaso. Por lo tanto, el uso agrícola de la tierra o el uso para la producción de alimentos implican un coste de oportunidad de dedicarla a otros usos. En este aspecto, entre estos otros usos se encuentran utilizarla para la plantación de bosques, ecosistemas naturales, u otras actividades beneficiosas para el medio ambiente. Pero, además, el uso de la tierra para actividades agrícolas y ganaderas tiene asociado tres canales de impacto ambiental directo: la depredación y agotamiento de recursos naturales, la pérdida de calidad de la tierra desde el punto de vista de sus nutrientes y los impactos sobre la biodiversidad al modificar los ecosistemas naturales. Por ejemplo, según Huang, Liu y Hsu (2020) en Estados Unidos el 50% de la tierra es usado para agricultura y ganadería, pero no toda la comida que se produce con la utilización de estos recursos es consumida. En efecto, el 40% de la comida producida es desperdiciada (Huang, Liu y Hsu, 2020).

El concepto de cambio de uso de la tierra es definido como un cambio en el propósito con el cual los seres humanos la utilizan (FAO, 2013c). Este concepto a su vez puede ser dividido en dos subconceptos, cambio directo de uso de la tierra y cambio indirecto de uso de la tierra. El primero hace referencia a cuando la tierra es utilizada con otro propósito por algún motivo que atañe solamente a esa tierra. El segundo hace referencia a cuando se cambia el uso de la tierra por algún motivo que atañe al cambio de uso de otra tierra. Por ejemplo, cuando una tierra es utilizada para producir cereales para el consumo humano, pero luego los cereales son utilizados como pienso, provocando que otra tierra con uso forestal sea utilizada para producir ahora los cereales para consumo humano.

A través de este mecanismo de cambio de uso de la tierra son producidos los impactos ambientales. Por ejemplo, el cambio de uso de la tierra puede resultar en grandes emisiones de GEI y así contribuir al cambio climático (WRI y WBCSD, 2011 citado en FAO, 2013c). La razón es que cuando se utiliza la tierra con propósitos agrícolas, urbanos u otros propósitos humanos, se depredan grandes cantidades de cobertura natural del

suelo, por ejemplo, bosques, pastizales, humedales, selvas, etc. Afectando el ciclo natural de absorción y emisión de los GEI.

Por otro lado, cuando se utiliza tierra que tenía otros usos con fines agrícolas, con frecuencia es necesario utilizar importantes cantidades de fertilizantes con el fin de obtener un buen rendimiento de ella. Si estos fertilizantes no son de origen natural, causan un aumento de rendimiento en el corto plazo, pero una pérdida de fertilidad en el largo plazo, lo que lleva a utilizar cada vez fertilizantes más potentes y dañinos. Finalmente, todo esto contribuye a elevar los niveles de degradación de la tierra. Por último, el cambio de uso de la tierra trae aparejado por definición la modificación de los ecosistemas naturales provocando impactos en la biodiversidad.

El impacto de las PDA sobre el cambio climático se produce principalmente a través de las emisiones de GEI -medido en Tn.CO₂ Eq./Tn de PDA- que estas emiten durante su ciclo vida.

Los GEI emitidos por las PDA se pueden clasificar en los que provienen de los organismos vivos o vegetales en el proceso de producción de alimentos -por ejemplo, de la descomposición en los vertederos- y los que provienen de recursos externos que se utilizan para producir los alimentos – por ejemplo, combustibles fósiles utilizados en los procesos de manufacturación-. En este sentido, la característica común que tienen los GEI relacionados a las PDA es que las emisiones de CO₂ fósil¹⁰ son menos importantes en la mayoría de los productos manufacturados que las emisiones de GEI biogénico¹¹ tales como el metano (CH₄) y óxido de nitrógeno (N₂O) que son más importantes. En este aspecto, los GEI CH₄ y N₂O son muy fuertes ya que, en efecto, el metano tiene un factor 25 veces más alto que el CO₂ mientras que el N₂O, 298 veces más (FAO 2013b).

Lo anterior se puede observar en el caso de los vegetales que producen una alta emisión de N₂O debido al uso de fertilizantes. Lo mismo ocurre en el caso del N₂O producido por los gases gástricos de los animales como los cerdos y las gallinas que son alimentados con pienso producido utilizando fertilizantes. En el caso de los rumiantes el

¹⁰ Se refiere al CO₂ proveniente de los combustibles fósiles.

¹¹ Se refiere a los GEI provenientes de organismos vivos o vegetales.

GEI dominante es el CH₄ debido a los procesos de fermentación que ellos realizan al alimentarse. En el grupo de pescados y mariscos los GEI de CO₂ fósil también son elevados principalmente al uso de combustibles fósiles como fuente de energía de barcos y botes. Finalmente, las PDA abandonadas en campos, emiten fuertes cantidades de CH₄ debido a que se descomponen de manera anaeróbica¹² (FAO, 2013b).

Cabe mencionar que, en esta tesis, la huella de carbono se calculó solo para la etapa de producción agrícola de la cadena alimentaria. La razón es que, en la mayoría de las cuantificaciones de la huella de carbono la fase de producción agrícola se presenta como la fase donde se generan mayores GEI. En efecto se calcula que alrededor del 70% de los GEI se producen esta fase (FAO, 2014). El cuadro 2.5 a continuación muestra algunos ejemplos de las actividades relacionadas con la PDA que generan GEI.

Cuadro 2.5: Actividades relacionadas con las PDA que producen GEI.

Etapa de la cadena alimentaria	Actividad
Producción agrícola	Deforestación debido al cambio de uso de la tierra.
	Maquinaria para necesaria para transformar tierra con otro uso a tierra agrícola o ganadera.
	Maquinaria utilizada en procesos agrícolas o ganaderos. Por ejemplo, tractores.
	Uso de fertilizantes.
	Gases gástricos producidos por animales alimentados con pienso producido con fertilizantes.
	Combustible utilizado por barcos y botes en la recolección de peces y mariscos.
Postcosecha y almacenamiento	Energía utilizada en los procesos de almacenamiento y refrigeración.
	Combustibles utilizados en el transporte desde la granja a los depósitos de almacenamiento.
Procesamiento	Energía utilizada en los procesos de manufacturación.
Distribución	Energía consumida en la distribución, por ejemplo, electricidad, gas, combustibles fósiles utilizados por los supermercados para iluminación y calefacción.
	Electricidad consumida para procesos de congelamiento y refrigeración.
	Transporte de los alimentos desde las bodegas hasta los puntos de distribución.
	Transporte internacional de alimentos desde países productores a países importadores.
Consumo	Energía utilizada en los hogares para la preparación y cocción de los alimentos.
	Energía utilizada en los hogares para la refrigeración de los alimentos.
	Alimentos depositados en compost no adecuados.
Disposición final de las PDA	Alimentos depositados en vertederos.
	Alimentos quemados o incinerados.
	Alimentos abandonados en campos de producción agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

¹² La descomposición anaeróbica es un proceso biológico de degradación en el cual parte de la materia orgánica contenida en un sustrato es convertida en una mezcla de gases, principalmente en metano y dióxido de carbono. Se diferencia de la descomposición aeróbica donde se produce la oxidación completa del sustrato descompuesto transformándose en materia inorgánica.

2.5 Sistemas alimentarios sostenibles

Ahora bien, como se ha expuesto hasta aquí, las PDA generan una serie de impactos ambientales. Es por esta razón que se hace necesario relacionar las PDA con el concepto de desarrollo sostenible. En este aspecto, los conceptos que hacen esta relación son los conceptos de sistema alimentario y, más específicamente de **sistema alimentario sostenible**. Un sistema alimentario se define como el conjunto de los diversos elementos y actividades que involucran desde la producción hasta el consumo de alimentos y sus interrelaciones. Dicho de otra manera, un sistema alimentario reúne elementos medioambientales, personas, insumos, procesos, infraestructuras, instituciones, etc. y, actividades relacionadas con la producción, elaboración, distribución, preparación y consumo de alimentos. A la vez, involucra lo que generan estas actividades, incluyendo los efectos socioeconómicos y ambientales (HLPE, 2014).

Por otro lado, como se expuso en un epígrafe anterior, desde los años 80 la comunidad científica internacional y los agentes dedicados a temas de desarrollo comenzaron a acuñar el concepto de sostenibilidad. El primer intento explícito por vincular el concepto de seguridad alimentaria y, por consiguiente, el de sistema alimentario con el de sostenibilidad fue hecho en el informe “Nuestro Futuro Común” de la Comisión Mundial sobre el Medio ambiente y el Desarrollo en 1987, donde se abordó esta relación desde una perspectiva de la producción y disponibilidad sostenible de alimentos. En él se sostuvo la preocupación por las formas de producción insostenibles de alimentos que, en muchos lugares del planeta, estaban socavando las posibilidades de producción futura (Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

No obstante, esta relación identificada en el informe Brundtland, los vínculos entre sostenibilidad y seguridad alimentaria son mucho más complejos que asegurar la disponibilidad de alimentos de una manera sostenible, sino que también deben involucrar otros aspectos de la seguridad alimentaria como el acceso a los alimentos de las personas y familias (HLPE, 2014).

Por lo tanto, la HLPE (2014) sugiere ampliar el criterio de los vínculos entre sostenibilidad y seguridad alimentaria en los siguientes aspectos:

- Desde una perspectiva de producción pura a un enfoque más global de los sistemas alimentarios.
- Desde una perspectiva puramente ambiental a una que comprenda también las dimensiones económicas y sociales.
- Desde una perspectiva de disponibilidad mundial de alimentos a una que integre los últimos avances del concepto de seguridad alimentaria, es decir, las dimensiones de accesibilidad, uso y nutrición y estabilidad, dentro de una escala familiar e individual.

Es a partir de esta ampliación de criterios que la HLPE (2014) propone la siguiente definición de sistema alimentario sostenible: “...es un sistema alimentario que garantiza la seguridad alimentaria y la nutrición para todas las personas de tal forma que no se pongan en riesgo las bases económicas, sociales y ambientales que permiten proporcionar seguridad alimentaria y nutrición a las generaciones futuras.” Por lo tanto, este enfoque de sistema alimentario sostenible integra las tres dimensiones de la sostenibilidad, a saber, la ambiental, económica y social con las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria, disponibilidad, acceso, utilización y estabilidad.

A pesar de que esta definición de sistema alimentario sostenible integra las tres dimensiones de la sostenibilidad con la seguridad alimentaria, otros autores como Béné et al., (2019), hacen hincapié en la dificultad a la hora de definir detalladamente estas dimensiones en el contexto de los sistemas alimentarios globales y, de proveer indicadores que puedan cuantificarlas. Según Béné et al., (2019) estas dificultades están dadas por:

- i) La diversidad en las características que tienen los sistemas alimentarios de distintos países, lo que provoca una carencia de representatividad geográfica.
- ii) La diversidad y falta de claridad en el concepto de sostenibilidad y como este se aplica a los sistemas alimentarios. Esto conlleva a que no exista homogeneidad en como distintos países definen y delimitan la sostenibilidad en sus sistemas alimentarios. Por ejemplo, algunos países otorgan más importancia a la dimensión económica de la sostenibilidad, otros más a la dimensión medioambiental. Incluso, muchos países consideran diferentes variables a la hora de definir y delimitar la sostenibilidad económica.

iii) Diferente grado de desarrollo de las estadísticas entre países. Usualmente países pertenecientes a la OCDE o países de altos ingresos poseen mejores sistemas estadísticos, lo que facilita el monitoreo de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios.

Con el fin de soslayar estos problemas Béné et al., (2019) presenta la siguiente caracterización de sistemas alimentarios sostenibles, es decir, un sistema alimentario que se considere sostenible debería al menos considerar las siguientes dimensiones, subdimensiones y categorías:

Cuadro 2.6: Caracterización de las dimensiones de un sistema alimentario sostenible.

Dimensión	Subdimensión	Categoría
Medioambiental	Aire	Calidad
	Agua	Calidad
		Uso
	Suelo y tierra	Calidad
		Uso
	Biodiversidad	Cultivos
Vida silvestre (plantas y animales)		
Energía	Uso	
Económica		Desempeño financiero
		Tasa de empleo
		Distribución económica
Social		Género/Equidad
		Inclusión (Internacional)
		Inclusión (Nacional)
Alimentación y nutrición	Seguridad alimentaria	Disponibilidad
		Acceso (Asequibilidad económica)
		Acceso (Asequibilidad física a los alimentos)
		Utilización (agua)
		Utilización (Energía)
		Estabilidad (Económica)
		Estabilidad (Oferta)
	Inocuidad alimentaria	Inocuidad de los alimentos

	Pérdida y uso de los alimentos	Pérdida y desperdicio de alimentos
	Nutrición	Dieta
		Desnutrición
		Sobrepeso y obesidad
		Deficiencia en micronutrientes (Desnutrición escondida)

Fuente: Béné et al., (2019).

Pese a estas dificultades, en el caso concreto de este trabajo, más que definir de manera precisa y detallada un sistema alimentario sostenible, se intenta abordar la relación entre sistema alimentario sostenible y PDA. En este caso, la definición de sistema alimentario sostenible, expuesta anteriormente, resulta suficiente ya que, permite observar las dimensiones de los sistemas alimentarios sostenibles que se ven afectadas por las PDA. En este sentido, todos aquellos alimentos que se producen pero que no se consumen, ya sea porque se pierden o se desperdician, implican un desaprovechamiento de recursos económicos y naturales, a la vez que generan impactos sociales y medioambientales. De esta manera, la PDA está relacionada con sistemas alimentarios insostenibles o, dicho de otra manera, la reducción de las PDA está asociada con sistemas alimentarios más sostenibles¹³. En este aspecto, una descripción más detallada de los posibles impactos que tienen las PDA en las tres dimensiones de la sostenibilidad se expone en el cuadro a continuación (HLPE, 2014):

Cuadro 2.7: Posibles repercusiones de las PDA en la sostenibilidad de los SA.

Nivel/Dimensión	Económica	Social	Ambiental
Micro (hogar o empresa individual)	Las empresas o consumidores dedican una parte mayor de sus presupuestos a la adquisición de alimentos que no se venderán o consumirán.	Salarios más bajos. Consumidores con menos recursos para comprar. Falta de productos.	Cantidad de basura doméstica y desperdicios. Contaminación de individuos en zonas rurales y urbanas.
Meso (cadena alimentaria)	Desequilibrios en los flujos de producción y necesidad de invertir más. Reducción de los beneficios.	Baja productividad de la mano de obra.	Multiplicación de vertederos.

¹³ Este punto no deja de carecer de complejidad ya que esta situación solo es posible si el coste involucrado en la reducción de la PDA es menor al beneficio derivado de la reducción de la PDA. Lo cual no en todas las situaciones es del todo claro y cuantificable. Además, es necesario distinguir entre las repercusiones explícitas de las PDA, que básicamente están asociadas a pérdidas físicas de alimento, y las repercusiones de oportunidad, asociadas al costo de oportunidad económico, ambiental o social de una alternativa donde se produzcan menos PDA y los recursos desperdiciados se destinen a otra cosa. Esto último en particular es de difícil definición y cuantificación.

	Ineficiencias en la cadena de suministros. Costo de la eliminación y el tratamiento de los desperdicios.	Dificultades para que las empresas lleven a cabo su planificación.	
Macro (Sistema alimentario, político e institucional)	Esfuerzo económico no realizado. La inversión pública en infraestructura y agricultura es menos productiva y se convierte en un costo de oportunidad. Reducción de los recursos financieros destinados a invertir en otros ámbitos.	Precios más altos de los alimentos y mayores dificultades para acceder a ellos. Mayor número de personas por debajo del umbral de la pobreza.	Presión en los recursos naturales: agua y suelo. Emisión de GEI. Ocupación de bosques y áreas de conservación. Reducción de los recursos pesqueros. Presión en la flora y fauna silvestre. Mayor gasto en energía no renovable.

Fuente: HLPE (2014).

Además, desde el punto de vista de la eficiencia, un sistema alimentario que conlleva PDA para una cantidad determinada de consumo debe utilizar más recursos, lo que lo hace un sistema ineficiente frente a otro que no tiene PDA. Por consiguiente, menos sostenible.

2.6 Relación entre PDA y SA

Una vez establecido el vínculo entre PDA y un sistema alimentario sostenible ya se puede establecer el nexo entre SA y PDA, por lo tanto, la siguiente pregunta a responder es: ¿cuáles son los impactos de la PDA en la seguridad o inseguridad alimentaria?

El hecho de que un sistema alimentario sea insostenible debido a las PDA y que a través de su reducción se pueda aumentar la disponibilidad de alimentos, no significa necesariamente que se contribuirá a aumentar la SA. Por supuesto que esto puede pasar, pero la relación entre estos conceptos suele ser más compleja, toda vez que existen muchas maneras por las cuales la reducción o aumento de las PDA pueden afectar la seguridad alimentaria, no solamente en su dimensión de disponibilidad. En este sentido HLPE (2014) identifica las siguientes cinco:

- Las PDA reducen la disponibilidad mundial y local de alimentos.

- Repercuten negativamente en el acceso debido a la subida de los precios de los alimentos, en el caso de los consumidores, o a pérdidas económicas en el caso de los actores de la cadena alimentaria.
- Producen un efecto a más largo plazo debido a la utilización insostenible de los recursos naturales de los que depende la producción futura de los alimentos. Por consiguiente, la dimensión de la estabilidad se ve afectada.
- Las PDA involucran pérdidas de calidad y nutrientes de los alimentos lo que afecta la dimensión del uso.
- El control de las PDA implica que el sistema alimentario es sostenible y se puede adaptar más fácilmente a la variabilidad de la producción y el consumo de alimentos, por lo tanto, mejora la dimensión de estabilidad de la seguridad alimentaria.

Por lo tanto, si se detalla un poco mejor el impacto de estos mecanismos en las dimensiones de la seguridad alimentaria se tiene referente a la disponibilidad las siguientes relaciones. Un beneficio inmediato de la reducción de las PDA a nivel local es que aumenta la disponibilidad de alimentos en el lugar geográfico donde se reducen, lo que se traduce en mayor seguridad alimentaria, sobre todo en aquellas regiones donde la disponibilidad es limitada, ya sea por razones geográficas, climatológicas, tecnológicas, etc.

No obstante, lo anterior, esta relación a nivel local no es la única que se puede establecer, también existe una relación entre la PDA a nivel mundial en relación al consumo local o regional. Esto ocurre porque la PDA que se produce en una región puede ser producto de factores culturales, debido a que los habitantes de ese país consideran como no comestible ciertos productos, pero estos mismos en otras regiones pueden considerarse como comestibles. Un fomento a este intercambio, generaría múltiples beneficios a ambas partes. Por un lado, las partes de alimentos en los países que se consideran no comestibles no tiene precio ya que se desperdician, pero en la región que son comestibles se les podría asignar un precio de venta que, de todas maneras, fuera inferior al precio de venta al que se ofertan en la región donde son valoradas. De esta manera, el productor recibiría un beneficio por la venta de algo que antes era PDA –por

lo cual no recibía nada¹⁴- y el consumidor podría comprar más barato algo que antes compraba más caro debido al aumento de la disponibilidad de ese producto en esa región¹⁵.

Referente a la dimensión de acceso de los alimentos la pregunta que habría que realizar es ¿cómo y cuánto las PDA afectan el acceso a los alimentos? Sin embargo, esta pregunta lleva a otra igual de importante ¿cuál es la relación entre la cantidad de alimentos que se desecha y el precio de los alimentos? En este aspecto, según HLPE (2014) no se dispone de estudios cuantitativos que aborden en detalle esta relación, solo un reducido número de ellos que la abordan desde una perspectiva teórica (Huang, Liu y Hsu, 2020). El argumento teórico es que un aumento en la PDA disminuye la oferta de alimentos, si ésta se encuentra frente a un mismo nivel de demanda, los precios de los alimentos tienden al alza. Este aumento en el precio de los alimentos fomenta a los productores para que aumenten su producción y, por consiguiente, su oferta de alimentos. Por lo tanto, el mercado se equilibra a mayores niveles de producción y de precio (Aschemann, Haagen, Hyldetoft y Kulikovskaja, 2017). En consecuencia, el acceso a los alimentos para los sectores pobres de la sociedad se dificulta debido a esta alza de precios.

Sin embargo, esta relación entre los precios y el acceso a los alimentos no es simple, debido a que es necesario tener en cuenta las siguientes situaciones: si un hogar es comprador o vendedor neto de alimentos; el volumen de las PDA del hogar; y, el peso relativo que tienen los alimentos dentro del presupuesto del hogar. De esta manera, en aquellos países de ingresos altos, el peso relativo de los alimentos dentro de la cesta de consumo familiar es bajo, por lo que el impacto que tiene el aumento de precios debido al aumento en la PDA es comparativamente menor que en los países de bajos ingresos donde el peso relativo de los alimentos en la cesta de consumo es alto. Este mismo análisis es susceptible de hacerse comparando familias de altos y bajos ingresos en el interior de un mismo país.

¹⁴ Incluso se podría argumentar que recibe un coste si está obligado a depositar en vertederos o darle tratamiento ambiental a esa PDA.

¹⁵ No obstante, estos beneficios, también hay que considerar que en ocasiones este intercambio puede generar costes, como por ejemplo a los productores locales del país que importa el alimento, ya que para ellos se traduce en una competencia directa que les hace disminuir los precios. O, también se podrían generar focos de malnutrición donde algunos países aumenten el consumo de partes de alimentos que no tienen una buena calidad nutricional.

Por su parte, como se mencionó en un epígrafe anterior, se puede entender la PDA en dos sentidos, uno como el descarte físico de alimentos y otro como la pérdida en la calidad de los alimentos. En el primer caso es necesario cuantificar no solo la cantidad de PDA en términos físicos, sino también calcular cuánta es la cantidad de calorías y micronutrientes asociados a esa PDA. En el segundo caso, también se hace prioritario cuantificar las mismas variables para aquellos productos que, pese a que se consuman, han perdido calidad desde la etapa de producción hasta que alguien los consume.

Si se considera que en ciertas etapas de la cadena alimentaria alimentos perecederos, como las frutas y hortalizas, son más susceptibles de ser desechados -debido a que llegan a mal estado antes- pero que, a la vez, son fuentes muy importantes de micronutrientes, se tiene que desde el punto de vista de la dimensión de uso y nutrición se podría contribuir a aumentar la SA a través de la reducción de las PDA.

Otro punto que relaciona las PDA y la dimensión de uso de la SA, es el hecho que un porcentaje de la PDA se produce porque su consumo no es inocuo para la salud de las personas. En este caso es necesario reducir la PDA que se genera en la etapa de producción, al producir alimentos que en su fabricación pierden su inocuidad y, las PDA que se producen en la etapa de consumo debido a que estos no son consumidos antes de su fecha de caducidad.

Finalmente, la PDA se relaciona con la dimensión de estabilidad de la SA ya que el control de ésta puede servir como un amortiguador de la disponibilidad de alimentos. En concreto, la SA se produce cuando la disponibilidad de alimentos de calidad (en términos de calorías y micronutrientes) es suficiente para satisfacer la necesidad de todas las personas. Sin embargo, tanto la producción como el consumo de alimentos es altamente variable puesto que algunos de los factores de que depende son incontrolables, como, por ejemplo, el clima, crisis económicas, sequías, etc. En este caso, un control de la PDA serviría como amortiguador en aquellos momentos y lugares donde la cantidad de alimentos sea insuficiente para asegurar la SA. No obstante, lo anterior, esto reviste ciertas complejidades, por ejemplo, cómo trasladar los alimentos de los lugares donde se genera la PDA a aquellos lugares donde hay inseguridad alimentaria, cómo aumentar la vida útil de ciertos alimentos con el fin de almacenarlos para esos periodos en los cuales se reduzca la disponibilidad de alimentos, entre otros.

2.7 Relación entre SA, Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Son múltiples los impactos medioambientales generados por la actividad humana y también diversas sus consecuencias –como se expuso en los epígrafes 2.3 y 2.4-. Sin embargo, uno de los impactos ambientales que mayores consecuencias tiene en la SA es el cambio climático.

El sistema alimentario comienza en los millones de granjas que se encuentran repartidas por todo el mundo. Los agricultores producen los alimentos utilizando la tierra, la mano de obra de su familia o externa y variados tipos de maquinaria y tecnología. Escogen lo que desean producir en función de los recursos naturales a su disposición - entre ellos la calidad del suelo y el clima de la zona-, los insumos a los que tienen acceso –por ejemplo, sistemas de riego, variedades de semillas y animales- y las condiciones del mercado a las que se enfrentan (HLPE, 2012). Posteriormente, venden sus productos en mercados locales o a comerciantes que los comercializan en mercados nacionales más grandes o en el mercado internacional. De esta manera, los alimentos llegan a las manos de los consumidores finales para alimentar a la población. Este proceso que consiste en producir y trasladar los alimentos desde la granja a la mesa es lo que se conoce como sistema alimentario.

Los sistemas alimentarios tienen características distintas en todo el mundo. Al nivel de la etapa de producción las granjas difieren en: la escala de las operaciones agrícolas, si utilizan mano de obra familiar o externa, los canales de venta, el tipo de maquinaria que utilizan, la combinación de alimentos que generan, es decir, si son granjas de monocultivo o policultivo, los insumos y recursos naturales de los que disponen, etc. En definitiva, varían los recursos naturales a su disposición y los modos de producción y organización que utilizan. Depende de todos estos factores como afecta el cambio climático al sistema alimentario.

Sin embargo, uno de los factores determinantes son los efectos biofísicos que el cambio climático produce en los cultivos y el ganado. Estos afectan la productividad de la agricultura y la ganadería, por consiguiente, afectan la productividad de los sistemas alimentarios. Dicho de otra manera, los cambios en las temperaturas, las precipitaciones medias, la mayor variabilidad del clima afectan directamente la producción de alimentos

umentando su variabilidad y riesgo. Sin embargo, no solo afectan la productividad, sino que también afectan la calidad de los mismos (IPCC, 2020). Esto trae efectos colaterales en todo el sistema alimentario debido a que aumenta la variabilidad en los precios de los alimentos. Esto redundaría en una mayor variabilidad de los ingresos de los productores y del poder de compra de los consumidores (HLPE, 2012).

Algunos de los efectos biofísicos del cambio climático en diferentes cultivos y ganado se muestran en el cuadro 2.8 a continuación.

Cuadro 2.8: Posibles efectos biofísicos del cambio climático en diferentes cultivos y ganado.

Tipo de cultivo o ganado	Dimensión del cambio climático	Efecto biofísico del cambio climático
Ganado en general	Aumento de las temperaturas medias	Reducción del consumo de alimento por lo tanto de la calidad y tamaño del ganado. Impactos negativos en la fertilidad.
Plantas en general	Aumento de las temperaturas medias	Impactos en el crecimiento y desarrollo de las plantas en general.
Arroz	Aumento de las temperaturas medias durante la noche	Reducción del rendimiento del arroz hasta un 10% por cada grado centígrado que aumente la temperatura mínima en la estación seca.
Cultivos en general	Aumento de las temperaturas medias	Reducción del rendimiento y fracaso en la reproducción de muchos tipos de cultivos.
Maíz	Aumento de las temperaturas medias	Reducción del rendimiento en 1,7% por cada grado-día por encima de 30° C en condiciones de sequía.
Plantas en general	Aumento de las concentraciones de ozono	Afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas en general pero especialmente de la soja, trigo, avena, judías verdes, pimientos y algunos tipos de algodón que son más vulnerables al ozono.
Arrecifes de coral y otros alimentos del mar	Incremento de las concentraciones de CO ₂ que provoca acidificación de los océanos y mares.	Afecta en múltiples formas el crecimiento y desarrollo de los arrecifes de coral y otros alimentos del mar.
Hortalizas	Aumento en las temperaturas medias y escasez de precipitaciones.	Disminuye el rendimiento de las hortalizas.
Ganado y plantas en general	Aumento de las temperaturas medias	Fomenta la posible proliferación y desarrollo de enfermedades y plagas que afectan el ganado y los cultivos en general.
Cultivos en general	Aumento de las concentraciones de CO ₂	Proliferación y aumento de las malas hierbas.
Trigo	Aumento de las concentraciones de CO ₂	Disminución en el contenido de proteínas del trigo.
Arroz	Aumento de las temperaturas medias	Afecta la calidad del arroz, por ejemplo, blancura, contenido de amilasa y temperatura de gelatinización.

Fuente: Elaboración propia a partir de HLPE (2012).

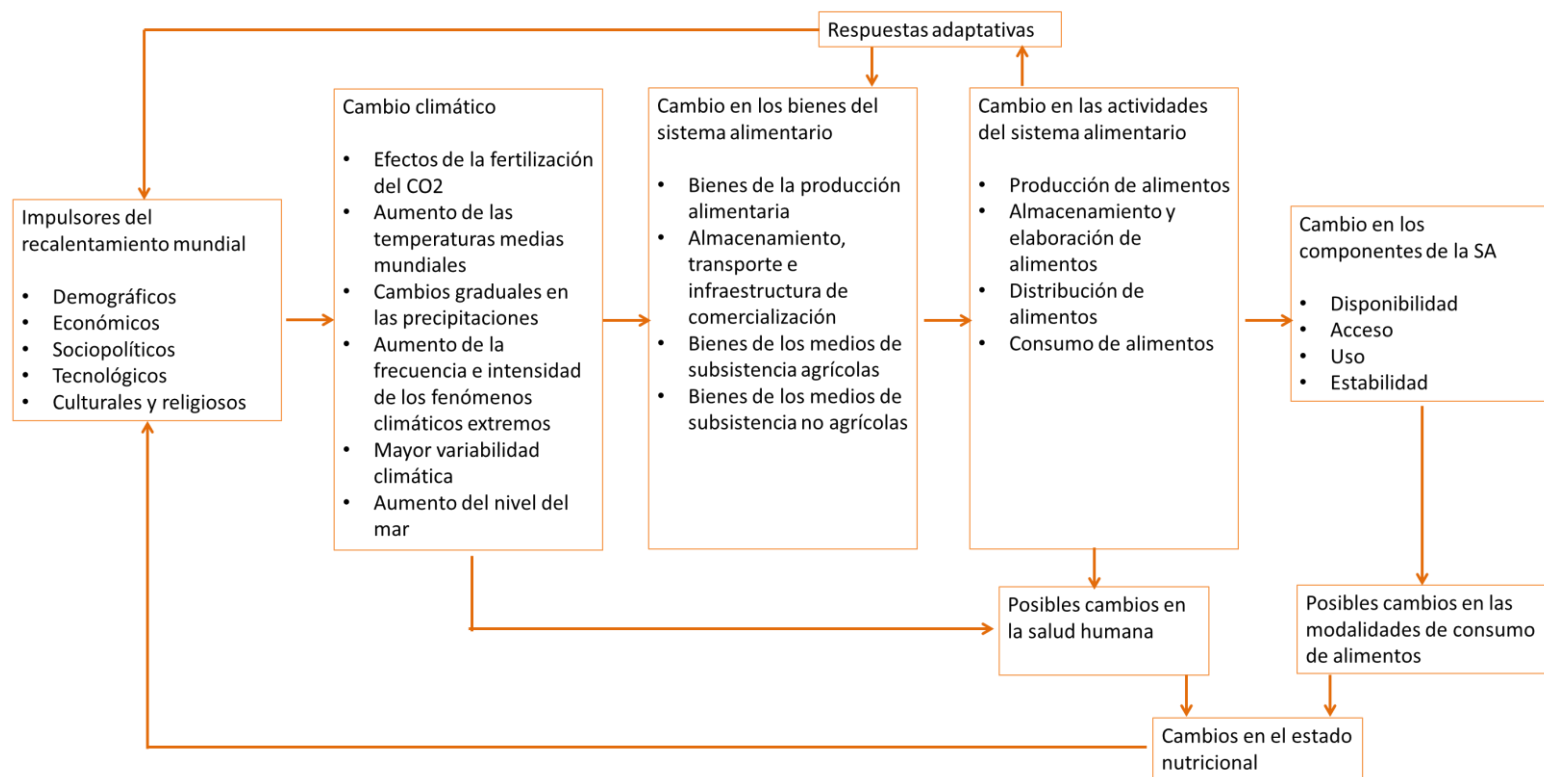
Otro factor importante es la escala de producción. No es muy extenso el conocimiento que se tiene de cómo el tamaño de la granja cambia las prácticas de selección y cría, pero en general se supone que la pequeña agricultura suele ser más diversificada, por lo que podría ser más resistente a los efectos del cambio climático. Sin embargo, al mismo tiempo este tipo de agricultura tiene menos acceso al mercado de insumos y semillas y a financiamiento (HLPE, 2012).

La magnitud que tienen estos efectos en las distintas personas, hogares, comunidades o países que componen un sistema alimentario depende de la exposición y sensibilidad que estos tengan a los efectos del cambio climático. Lo anterior, a su vez, depende de la localización geográfica, del tipo de zona y del grupo social (HLPE, 2012). De esta manera, las consecuencias del cambio climático son más pronunciadas en algunas zonas de la tierra que en otras. En algunas zonas se muestran en forma de sequías y, en otras, en forma de abundantes precipitaciones. Por su parte, dependiendo del tipo de zona, rural o urbana, la magnitud de las consecuencias también varía. Así, en las zonas rurales donde se encuentra la producción agrícola y ganadera los efectos biofísicos son directos, mientras que en las zonas urbanas los efectos son indirectos y se presentan a través de las variaciones en los precios de los alimentos y la escasez de estos.

Finalmente, cada grupo social tiene una exposición y sensibilidad diferente frente a los efectos del cambio climático en los sistemas alimentarios. Para todos los grupos sociales que son compradores netos de alimentos se ve mermada su capacidad de compra de alimentos debido a los aumentos en los precios. Pero para los productores, el efecto en la variabilidad de las cosechas implica una merma en sus ingresos, ya sea porque estas se ven reducidas o porque deben enfrentar este aumento de riesgo contratando primas de seguros o adquiriendo maquinarias para mitigar esta variabilidad. Pero al interior del grupo social de productores la exposición también es diferente. Los productores que puedan modificar sus modos de producción podrán eventualmente mitigar los efectos del cambio climático, pero esto dependerá de su acceso a crédito, capacidad financiera, acceso a semillas y tecnología, etc. En definitiva, la capacidad de resistencia de cada grupo social al cambio climático dependerá de sus recursos físicos, sociales y financieros, además de su posición política y de género (Meredith, et al., 2017), (De Javry y Sadoulet, 2011), (Franke y Hackbart, 2008).

En este aspecto, es posible sostener que el cambio climático afecta de diversa manera distintas dimensiones de los sistemas alimentarios y, a través de esto, afecta la SA. La figura 2.6 a continuación muestra las relaciones entre el cambio climático, los sistemas alimentarios y la seguridad alimentaria.

Figura 2.6: Relaciones entre el cambio climático, los sistemas alimentarios y la SA.



Fuente: FAO (2007).

Se han estudiado principalmente los impactos que tiene el cambio climático en la dimensión de disponibilidad de la SA. No obstante, lo anterior, también genera impactos en las dimensiones de acceso, estabilidad y uso de los alimentos, aunque estas tres últimas relaciones no han sido estudiadas en profundidad (Durán y Sánchez, 2012).

La **dimensión de disponibilidad de la SA** está condicionada por los niveles de producción en los mercados locales, nacionales, el acceso al agua, la capacidad de importación del país y las existencias de alimentos, entre otros. En este sentido, el cambio climático puede condicionar todos estos aspectos, especialmente la producción local de alimentos y la disponibilidad de agua (Durán y Sánchez, 2012). El cambio climático afecta la producción local dependiendo de los métodos de producción agrícola que se utilicen y la disponibilidad y rendimiento de la tierra. En este sentido, los efectos biofísicos que el cambio climático tiene en los cultivos y el ganado disminuyen su rendimiento y productividad, lo que en definitiva se traduce en una disminución de la disponibilidad de alimentos. Además, el cambio climático implica un aumento en la variabilidad del clima agudizando periodos de sequías o precipitaciones en algunas zonas del planeta, lo que finalmente se traduce en impactos en la producción de alimentos.

El cambio climático afecta a la **dimensión de acceso de la SA** a través de los efectos que tiene en los mercados de alimentos, los precios, los ingresos de los agricultores y la productividad laboral (Durán y Sánchez, 2012). Aunque también existen impactos indirectos ya que sus efectos negativos en las infraestructuras, energía, factores sociopolíticos afectan la accesibilidad de la población a los alimentos. Sin embargo, esto dependerá del grupo social que se considere. Por ejemplo, en el caso de los consumidores, si el cambio climático implica un aumento en los precios de los alimentos desfavorecerá a los consumidores de menores recursos quienes no tendrán acceso a una nutrición de calidad. Pero, al mismo tiempo, favorecerá a los productores quienes verán mejorados sus ingresos. Aunque esto último depende de cuanto sea el coste de las medidas que deben implementar para mitigar los efectos del cambio climático en la producción. Lo que, a su vez, dependerá del tamaño del productor y su capacidad de acceso a tecnología y financiamiento.

En relación a la **dimensión de estabilidad de la SA** es posible argumentar que los aumentos en la variabilidad del clima, junto con el aumento de periodos de clima

extremo como sequías e inundaciones, implican un aumento en la variabilidad de la productividad agrícola y ganadera. Esto aumenta la variabilidad en la oferta de alimentos causando en primera instancia un aumento en los precios de estos. Sin embargo, también genera incentivos para que los productores acumulen existencias en periodos de bonanza para luego venderlos a precios más elevados en periodos de escasez (Durán y Sánchez, 2012).

La relación entre el cambio climático y la **dimensión del uso** de los alimentos no ha sido muy estudiada a la fecha, sin embargo, es posible argumentar que entre los efectos biofísicos que tiene el cambio climático en los alimentos está una disminución de su calidad. Como, por ejemplo, el caso del arroz donde un aumento en las temperaturas medias afecta algunas de sus características de calidad como son la blancura, el contenido de amilasa y la temperatura de gelatinización. Esto conlleva un aumento en la probabilidad de malnutrición, sobre todo en la población más desfavorecida del planeta.

A modo de resumen el siguiente cuadro 2.9 resume algunos de los efectos del cambio climático importantes para la seguridad alimentaria.

Cuadro 2.9: Efectos del cambio climático importantes para la SA.

Efecto	Sub-efectos
Efectos en la fertilización del CO ₂	Aumento en la disponibilidad de dióxido de carbono para el crecimiento de las plantas.
Aumento de las temperaturas medias mundiales	Aumento de las temperaturas máximas en días calurosos.
	Aumento de las temperaturas mínimas en días fríos.
	Aumento de la frecuencia, duración e intensidad de las ondas de calor.
	Amenazas en la salud del ganado.
Cambios graduales en las precipitaciones	Amenazas de incendios forestales.
	Aumento en la frecuencia, duración e intensidad de las temporadas secas y las sequías.
Aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos extremos	Cambios en la periodicidad, localización y cantidades de lluvias y nevadas.
	Pérdida de cosecha o reducción de la productividad.
	Pérdida de ganado.
	Daño a la pesca y a los bosques.
	Destrucción de insumos agrícolas como semillas.
	Excesos y escasez de agua.
	Creciente degradación y desertificación del suelo.
	Ruptura de las cadenas de abastecimiento de alimentos.
Aumento de los costos de comercialización y distribución de alimentos.	
Mayor variabilidad climática	Mayor inestabilidad en las configuraciones climáticas estacionales.
	Cambios en el inicio y final del transcurso de las estaciones.
Aumento del nivel del mar	Inundación de hábitats humanos y pérdida directa de terrenos cultivables y salinización del suelo.

	Infiltración de aguas salinas.
	Daños a la pesca costera.

Fuente: FAO (2007).

2.8 PDA, SA y su relación con los Objetivos del Desarrollo Sostenible

El 25 de septiembre de 2015 los países miembros de las Naciones Unidas aprobaron una agenda de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. En este sentido, el principal objetivo de esta agenda es fortalecer la paz universal dentro de un concepto más amplio de libertad. Se reconoció que el mayor desafío que enfrenta la humanidad es erradicar la pobreza en todas sus formas y dimensiones, incluyendo la pobreza extrema, lo que constituye un requisito indispensable para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2015). De esta manera se acordaron 17 objetivos de desarrollo sostenible los cuales se exponen en el cuadro 2.10. Estos ODS están basados en cinco esferas críticas para la humanidad y el planeta que consideran las tres dimensiones del desarrollo sostenible, a saber, la social, la económica y la medioambiental (Naciones Unidas, 2015). Estas son:

1. *Las personas*: En esta esfera se planteó eliminar la pobreza y el hambre en todas sus formas y dimensiones. También se planteó velar porque todas las personas puedan realizar su potencial con dignidad e igualdad y en un medio ambiente saludable.
2. *El planeta*: Se decidió proteger al planeta contra la degradación, a través de un consumo y una producción sostenible, la gestión sostenible de sus recursos naturales y, tomando medidas urgentes respecto al cambio climático. Lo anterior, con el fin de asegurar la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
3. *La prosperidad*: Se decidió velar porque todos los seres humanos tengan la posibilidad de disfrutar de una vida plena y próspera y, por que el progreso social, económico y tecnológico se produzca en armonía con la naturaleza.
4. *La paz*: Se decidió propiciar sociedades pacíficas, justas e inclusivas que estén libres del temor y la violencia. En este aspecto, se argumentó que no puede haber desarrollo sostenible sin paz, ni paz sin desarrollo sostenible.

5. *Las alianzas*: Se decidió utilizar y movilizar los medios necesarios para implementar la agenda mediante una alianza mundial para el desarrollo sostenible. Lo anterior, a partir de un espíritu de mayor solidaridad mundial colocando el foco en las necesidades de los más pobre y vulnerables.

Cuadro 2.10: Objetivos de desarrollo sostenible.

ODS	Definición
Fin de la pobreza	Desde 1990 los índices de pobreza extrema se han reducido a la mitad, aunque esto es un importante logro, aún en las regiones en desarrollo una de cada cinco personas vive con menos de 1,25 dólares al día, hay una parte importante de la humanidad que gana ligeramente más que esa cifra y aún existen muchas personas que, si bien es cierto, no están en esa situación de precariedad viven con un alto riesgo de caer en ella (CEPAL, 2016) Es en este contexto que el primer ODS se propone acabar con la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
Hambre cero	Poner fin al hambre en el mundo. Conseguir la seguridad alimentaria en todas sus dimensiones y para toda la humanidad a través de una agricultura y ganadería sostenibles.
Salud y bienestar	Garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en cualquier edad.
Educación de calidad	Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad promoviendo oportunidades de aprendizaje durante toda la vida y a cualquier edad para todos.
Igualdad de género	Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y niñas.
Agua limpia y saneamiento	Garantizar la disponibilidad de agua, saneamiento y su gestión sostenible, para todas las personas del mundo.
Energía asequible y no contaminante	Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todas las personas del mundo.
Trabajo decente y crecimiento económico	Promover el crecimiento sostenido, inclusivo y sostenible, junto con el empleo pleno, productivo y trabajo decente para todas las personas del mundo.
Industria, innovación e infraestructura	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
Reducción de las desigualdades	Reducir las desigualdades entre las personas al interior de cada país y, así como también, las desigualdades entre países.
Ciudades y comunidades sostenibles	Lograr que las ciudades, los asentamientos urbanos y todo asentamiento humano sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
Producción y consumo responsables	Garantizar modalidades de consumo y producción que sean sostenibles y responsables con el medio ambiente, género, etc.
Acción por el clima	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
Vida submarina	Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
Vida de ecosistemas terrestres	Promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica.
Paz, justicia e instituciones sólidas	Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
Alianza para lograr los objetivos	Fortalecer los medios de ejecución y revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Fuente: CEPAL (2016).

Para llevar a cabo estos objetivos y poder medirlos en el tiempo se diseñaron un total de 169 metas y 229 indicadores. A su vez, se planteó que los indicadores y su desglose -en la medida de lo posible y pertinente- por ingreso, sexo, edad, raza, etnicidad,

estado migratorio, discapacidad y ubicación geográfica, u otra característica relevante son primordiales para cumplir el principio fundamental de la Agenda 2030 de “*no dejar a nadie atrás*” (Naciones Unidas, 2015)

Los indicadores se clasificaron en tres niveles según su grado de desarrollo metodológico y la disponibilidad de datos:

1. El primer nivel agrupa todos aquellos indicadores para los cuales existe una metodología establecida y una amplia disponibilidad de datos.
2. El segundo nivel agrupa a todos aquellos indicadores para los cuales existe una metodología establecida pero los datos no son fáciles de obtener.
3. Finalmente, el tercer nivel agrupa a todos los indicadores para los cuales no existe una metodología acordada internacionalmente.

Ahora bien, como se ha expuesto en los epígrafes anteriores las PDA tienen importantes consecuencias en la SA y en el medio ambiente. Por lo tanto, dado que algunos de los ODS se han establecido como objetivos para mejorar en estos ámbitos, el control de las PDA puede ser utilizado como un instrumento para contribuir al cumplimiento de ellos.

En esta tesis se considera que las PDA afectan de manera directa los siguientes ODS: objetivo 2 de hambre cero, objetivo 6 de agua limpia y saneamiento, objetivo 12 de producción y consumo responsable, objetivo 13 de acción por el clima, objetivo 14 de vida submarina y objetivo 15 de vida de ecosistemas terrestres. Aunque de manera indirecta las PDA también afectan otros de los 17 ODS.

Objetivo 2 de hambre cero: Uno de los objetivos de la Agenda 2030 es erradicar el hambre para siempre y en todas las personas del planeta. En este aspecto, el control de las PDA puede contribuir de diversas maneras a este objetivo. En primera instancia, de manera directa, el control de las PDA aumenta la disponibilidad de alimentos lo que se puede traducir en una mejora del nivel de SA. En segundo lugar, puede contribuir a la

reducción del precio de los alimentos¹⁶ lo que genera una mejora en el acceso que tienen a ellos las personas en situación de vulnerabilidad. En tercer lugar, el control de la PDCA implica un aumento en la disponibilidad de alimentos de mayor calidad, permitiendo reducir los problemas de hambre no solo con un aumento en la disponibilidad de alimentos sino también en la calidad de estos.

Objetivo 6 de agua limpia y saneamiento: Otro de los objetivos de las Agenda 2030 es garantizar la disponibilidad de agua, saneamiento y su gestión sostenible para todas las personas del mundo. Como se expuso en el epígrafe 2.4, para la producción de alimentos que se transformarán en PDA se utiliza agua azul y verde que, por tanto, también se desperdicia. En este sentido, el uso de agua utilizada en PDA muestra una gestión insostenible e ineficiente de este recurso. Además, en el largo plazo, el uso de agua desperdiciada a través de las PDA puede comprometer la disponibilidad de la misma, sobre todo en lugares donde actualmente existen problemas de escasez de agua.

Objetivo 12 de producción y consumo responsable: Este objetivo busca garantizar modalidades de producción, suministro y consumo que sean sostenibles y responsables con el medio ambiente, género, etc. En este aspecto, que un sistema alimentario genere PDA implica de manera directa métodos de producción que no son sostenibles. Por supuesto que esto dependerá de la causa por la cual se genera la PDA, la etapa en la cadena alimentaria y otros factores. Sin embargo, sistemas alimentarios que generan PDA son insostenibles ya que afectan las tres dimensiones de la sostenibilidad. A nivel ecológico, son irresponsables con el medio ambiente ya que generan residuos, por ejemplo, los mismos alimentos que se desperdician y terminan en vertederos o residuos generados en la producción de estos alimentos. Además, dañan el medio ambiente debido a que, para destinar recursos como agua y tierra a la producción de alimentos, con frecuencia es necesario intervenir, modificar o destruir distintos ecosistemas. Además, el suministro genera el consumo de energía, recursos y productos dañinos para el medio ambiente, como por ejemplo embalajes de plástico, para poder distribuir alimentos que luego no serán consumidos.

¹⁶ Cabe destacar que este punto es aún objeto de investigación. No existen muchos estudios empíricos al respecto, solo algunos estudios que abordan de manera teórica la relación entre las PDA y el precio de los alimentos.

Sin embargo, las PDA no solo se producen en la etapa de producción y suministro de alimentos, sino que también se producen en la etapa de consumo. Por lo tanto, también afectan de manera directa el objetivo de garantizar modalidades de consumo responsable.

Objetivo 13 de acción por el clima: Este objetivo busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Las PDA como se expuso en el epígrafe 2.4, contribuyen de manera directa a agravar el fenómeno del cambio climático a través de la deforestación de bosques que son utilizados para producir alimentos, la generación de distintos GEI debido a la descomposición de las PDA en vertederos u otros lugares no aptos para ello, o a los GEI que producen los procesos gástricos de los animales. Por lo tanto, a través del control de las PDA se podría contribuir a cumplir este objetivo.

Objetivo 14 de vida submarina: Este objetivo busca conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible. Las PDA afectan de manera directa este objetivo debido a toda la vida submarina que es capturada con fines alimentarios pero que luego no es consumida. En este sentido, especial mención tiene aquella vida submarina que en el momento mismo de la pesca es devuelta al mar con graves daños o sin vida, causando importantes consecuencias a los ecosistemas marinos. Pero, además, es posible argumentar que parte de los residuos generados por las PDA también encuentran su disposición final en el mar, lo que produce contaminación y daña los ecosistemas marinos.

Objetivo 15 de vida de ecosistemas terrestres: Con este objetivo se quiere promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica. Como se expuso en el epígrafe 2.4, tanto la agricultura como la ganadería requieren del uso de tierra que, muchas veces proviene de procesos de deforestación los que se llevaron a cabo con el fin de transformar tierra boscosa, humedales u otro tipo de ecosistemas naturales en tierra agrícola y ganadera. Esto causa desertificación, daña los ecosistemas terrestres y la diversidad biológica. Además, el uso de fertilizantes y otros productos químicos que tienen por objetivo aumentar la productividad de la tierra, en el largo plazo causan una degradación de esta. Otro aspecto importante, es que toda el agua que se desperdicia en la producción de PDA también contribuye con la desertificación.

Los otros ODS que las PDA afectan de manera indirecta son los siguientes: objetivo 1 de fin de la pobreza, objetivo 3 de salud y bienestar, objetivo 5 de igualdad de género, objetivo 7 de energía asequible y no contaminante, objetivo 8 de trabajo decente y crecimiento económico, objetivo 10 de reducción de las desigualdades y objetivo 11 de ciudades y comunidades sostenibles.

Objetivo 1 de fin de la pobreza: Este ODS se propone acabar con la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo. Las PDA afectan de manera indirecta la capacidad de acceso de las personas a los alimentos. Por un lado, el ingreso de los productores de alimentos se puede ver mermado cuando sus sistemas de producción generan PDA, debido a la utilización adicional e ineficiente de recursos. Esta situación es de especial cuidado si se considera que existe un elevado número de pequeños agricultores y ganaderos que viven de estas actividades, pero cuyos ingresos son muy bajos. Por otro lado, las PDA pueden provocar el aumento en el precio de los alimentos, lo que provoca un empobrecimiento relativo respecto de un salario fijo, por supuesto los grupos más pobres son los que más se verían afectados.

Objetivo 3 de salud y bienestar: Este ODS persigue garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en cualquier edad. En este sentido, una buena nutrición y con alimentos de calidad es un aspecto indispensable para garantizar una vida saludable. Los sistemas alimentarios que generan PDA disminuyen la disponibilidad, dificultan el acceso y estabilidad, y disminuyen la calidad en los alimentos, lo cual puede generar dificultades para que la población tenga una buena nutrición. Lo anterior, dificulta el cumplimiento del objetivo de garantizar una vida saludable.

Objetivo 5 de igualdad de género: Este ODS persigue poner fin a todas las formas de discriminación contra las mujeres y niñas. Las PDA afectan de manera indirecta este ODS debido a que sistemas alimentarios insostenibles que generan PDA suelen reducir el ingreso de los pequeños agricultores, especialmente de aquellos que trabajan en la agricultura de subsistencia. Las mujeres representan el mayor número de personas que realizan estos trabajos, por ende, su ingreso se ve mermado cuando se producen PDA, lo cual incrementa la desigualdad de género.

Objetivo 7 de energía asequible y no contaminante: Este ODS persigue garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todas las personas del mundo. De manera indirecta las PDA afectan este objetivo ya que pueden ser utilizadas como insumos para generar biocombustibles u otros tipos de energías limpias. De todas formas, siempre será preferible no producir PDA que reutilizar los alimentos desperdiciados.

Objetivo 8 de trabajo decente y crecimiento económico: Con este ODS se quiere promover el crecimiento sostenido, inclusivo y sostenible, junto con el empleo pleno, productivo y trabajo decente para todas las personas del mundo. En primer lugar, sistemas alimentarios que generan PDA y con esto daños medio ambientales no son sostenibles, por lo que, a nivel de sector económico el sector alimentario no puede aportar a un crecimiento económico sostenible. Esta situación es más acentuada en países cuyas economías se basan en la agricultura y ganadería. En segundo lugar, es difícil definir qué se entiende por “*trabajo decente*”, sin embargo, es posible argumentar que cualquier trabajo que se ocupe de producir alimentos que luego serán desperdiciados es también trabajo desperdiciado. En este aspecto, las personas que realizan este tipo de trabajos podrían considerarlos como innecesarios e incluso frustrantes, lo que se podría calificar como *trabajo no decente* y empleo no productivo.

Objetivo 10 de reducción de las desigualdades: Este ODS busca reducir las desigualdades entre las personas al interior de cada país y, así como también, las desigualdades entre países. En primer lugar, el acceso a comida de calidad suficiente para una alimentación saludable y una vida sana, debería ser un derecho básico garantizado para cada persona de este mundo. Por lo tanto, en este aspecto un control de las PDA puede ser utilizado como herramienta para aumentar la igualdad de acceso a alimentos al interior de un país. En segundo lugar, es posible argumentar que países de bajos ingresos que son productores netos de alimentos venden sus productos a países de altos ingresos. Esto en ocasiones presiona los precios de los alimentos en los países de bajos ingresos al alza empobreciendo relativamente a la población, especialmente aquellas personas que destinan gran porcentaje de sus ingresos a la compra de alimentos. Por lo tanto, la compra de alimentos que luego serán desperdiciados en países de altos ingresos genera empobrecimiento en países de bajos ingresos, lo que se puede calificar también como un aumento en la desigualdad entre países.

Objetivo 11 de ciudades y comunidades sostenibles: Este ODS pretende lograr que las ciudades, los asentamientos urbanos y todo asentamiento humano sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Parte importante de las PDA encuentran su disposición final en vertederos causando daño medio ambiental, lo que es más acentuado aún en los asentamientos urbanos. Por lo tanto, de manera indirecta el control de las PDA podría contribuir a la disminución del tamaño e impacto de los vertederos urbanos, ayudando a cumplir el objetivo de ciudades y asentamientos urbanos sostenibles.

2.9 Economía Circular en el ámbito de las PDA y la SA

El ser humano necesita establecer relaciones sociales que le permitan organizarse socialmente para producir los medios necesarios para su subsistencia. Además, necesita establecer una relación con la naturaleza desde donde extrae los recursos materiales necesarios para transformarlos en productos. En este último aspecto, la humanidad ha estado desde siempre utilizando los recursos naturales que le provee la naturaleza para subsistir. Esta utilización de los recursos naturales hasta hace muy poco en la historia de la humanidad se hacía a pequeña escala y tenía un alcance local. Los estilos de vida eran sencillos, es decir, la producción y el consumo de bienes y servicios tenía principalmente como objetivo la satisfacción de necesidades básicas.

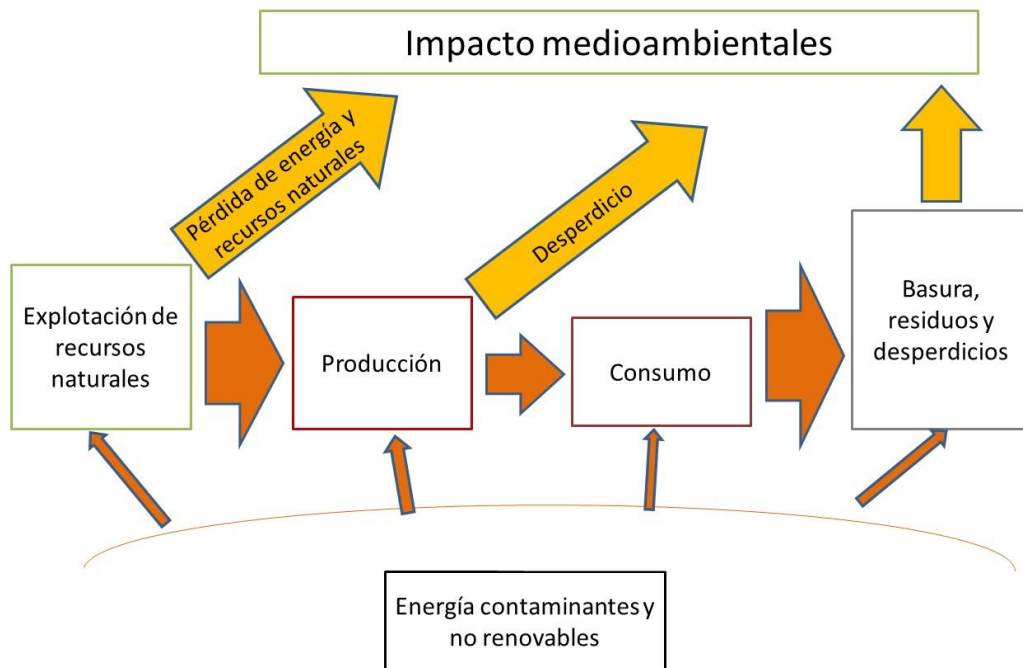
En estas condiciones los bienes y servicios que se producían eran escasos y estaban compuestos principalmente por material orgánico perecedero, los cuales se encontraban localmente según las condiciones climáticas y del territorio. Dada esta característica, los objetos producidos una vez que se utilizaban se depositaban nuevamente en el medio ambiente para su degradación natural, la cual se llevaba a cabo en un periodo razonablemente corto de tiempo.

Sin embargo, también existían otros tipos de productos que eran aún más escasos que los primeros debido a la tecnología y energía requerida para su producción. En este aspecto, el tiempo, esfuerzo y coste para su fabricación era mayor. En este grupo estaban, por ejemplo, las armas, utensilios de acero o bronce, joyas, etc. A diferencia de los bienes perecederos estos, al terminar su vida útil, se intentaban reparar, vender, heredar o se dejaban en las tumbas y sitios sagrados para que la persona fallecida pudiera utilizarlos en la vida siguiente. Este tipo de productos eran inorgánicos, no degradables en una escala

temporal comparable con la humana y no se les podía regresar a su estado de recurso natural.

Esta lógica de producción donde se extraen recursos naturales del medio ambiente, se les transforma en otro producto, luego se consumen o utilizan, para finalmente ser devueltos al medio ambiente natural en forma de residuos, es lo que se conoce como economía lineal (ver figura 2.7).

Figura 2.7: Lógica de un modelo de economía lineal.



Fuente: Elaboración propia.

El problema surge cuando de la naturaleza se extrae un recurso natural, por ejemplo, A, para ser transformado en B. Si B luego no puede ser transformado nuevamente en A ni por acción humana o natural, se agotará A y dejará en su lugar B. Además, si B es un producto artificial que es ajeno al ciclo natural y lo distorsiona, no solo se agotará A, sino que también la acumulación de B causará daños acumulativos e irreparables en el medio ambiente. Por lo demás, en este proceso no solo se extrae A, sino que la cantidad de B no es igual a la cantidad de A que se extrajo, por lo que, en todo el proceso se generan pérdidas del recurso natural primario que se extrajo del medio ambiente.

Cuando las sociedades humanas aún eran pequeñas, la economía lineal no suponía un problema medioambiental. Esta estaba condicionada por diversas barreras que limitaban su desarrollo. En primer lugar, se requería de mucho tiempo para la realización de las actividades que proveían a la humanidad de los medios de subsistencia básicos. En consecuencia, no había tiempo para la producción en masa de objetos artificiales, cuya degradación no fuera comparable en una escala temporal con la humana. En segundo lugar, la gran mayoría de la población no contaba con el poder adquisitivo para adquirir este tipo de objetos, pues su precio era muy elevado. En tercer lugar, la humanidad no contaba con tecnología avanzada que permitiera reducir considerablemente los tiempos de producción de estos objetos. En cuarto lugar, la población total del planeta no tenía las dimensiones actuales. Finalmente, en quinto lugar, la humanidad no contaba con la tecnología para extraer, utilizar y transformar la energía que permite acelerar los procesos de producción y transporte (Cerantola, 2016).

Todo esto cambia con la revolución industrial, cuando se inventa la máquina a vapor, luego los motores de combustión interna, se desarrolla la química y la física, etc. La economía lineal comienza a experimentar una etapa de aceleración sin precedentes en la historia humana. El ser humano por primera vez puede aumentar exponencialmente su capacidad extractiva y transformadora gracias a los nuevos tipos de energía y sus usos. Esto permite acelerar los procesos de producción y reducir el tiempo de trabajo por unidad producida. Por lo tanto, se produce un aumento en la producción de bienes básicos, al igual que una reducción en el tiempo de trabajo dedicado a la producción. Con esto nace el ocio y el consumo, una actividad que antes estaba reservada a los nobles y personas con dinero.

En este contexto, nace una nueva lógica de producción y una nueva lógica de consumo. La idea básica es producir al menor coste posible la mayor cantidad de productos y, luego venderlos al mayor precio posible. De esta forma, por el lado de la producción se busca maximizar las ganancias. Para llevar a cabo esto se inventa nuevas estrategias de mercado, como la creación de nuevas necesidades a través del marketing, con el fin de aumentar los volúmenes de venta de un mismo producto y de diversos productos. La obsolescencia programada con el fin de mantener los niveles de consumo

indefinidamente debido al deterioro de los productos¹⁷. El traslado de la producción a países donde es más económico producir, por ejemplo, debido a los bajos niveles de protección del medio ambiente o a la mano de obra barata, etc.

Al nivel de consumo nace la lógica de usar y tirar. Las personas se desprenden del apego emocional que antaño tenían con los objetos cuando estos les resultaban difíciles y costosos de adquirir. Esto crea el comportamiento general de usar los productos y desecharlos antes de que finalice su vida útil. Este comportamiento se acentúa con la creación del plástico y todos los productos que se construyen con él. Entonces nacen los llamados productos “desechables”. Por otro lado, se construye la idea general de que consumir, en especial productos costosos y exclusivos, es símbolo de éxito y status social. Entonces comienza un incremento en el consumo y posterior desperdicio de productos, nace el consumismo¹⁸ y comienza el derroche.

En este contexto de consumismo y derroche la economía lineal basada en extraer, transformar y desechar, sostenida por la explotación de grandes cantidades de recursos naturales y explotación de energías contaminantes comienza a mostrar sus debilidades. Los recursos naturales no son ilimitados, pues vivimos en un mundo finito, y, a la vez, el medio ambiente no es capaz de absorber todos los residuos generados por la actividad humana irresponsable. Se ha reducido la capacidad de la tierra para regenerar sus ecoservicios. Estos se definen como todas las prestaciones que el planeta ofrece a la humanidad en forma de materiales aprovechables, procesos biológicos, químicos y físicos, por ejemplo, el ciclo del agua y del nitrógeno, la absorción y retención del CO₂ y liberación de O₂, etc. (Cerantola, 2016). Esto genera problemas en los suministros de los inputs para la producción, volatilidad en los precios y otros problemas económicos. A su vez, todos estos problemas medioambientales y económicos se transforman por diferentes vías en problemas sociales. A continuación, el cuadro 2.11 resume algunas de las consecuencias negativas de un modelo de economía lineal.

¹⁷ Este aspecto es interesante de analizar puesto que la obsolescencia programada está diseñada para deteriorar la funcionalidad del producto en el corto plazo. Sin embargo, los materiales de los productos no se degradan en el corto ni medio plazo.

¹⁸ Existe muchas definiciones de consumismo y, a su vez, este fenómeno ha sido estudiado desde muchas perspectivas diferentes. Sin embargo, básicamente se puede definir consumismo como la compra o acumulación de bienes y servicios considerados no esenciales o necesarios.

Cuadro 2.11: Consecuencias negativas de un modelo de economía lineal.

Dimensión	Consecuencia negativa
Económica	Volatilidad del precio de los recursos y riesgos en el abastecimiento
	Pérdidas económicas y residuos estructurales
	Escasez de suministro ya que los depósitos naturales de recursos son finitos
	Crisis financiera
Sociales	Aumento de las desigualdades sociales
	Deshumanización de la sociedad
	Explotación laboral
	Migración masiva del medio rural a las ciudades
	Pérdida de medio de vida
	Pérdidas de trabajo
Ambientales	Cambio climático
	Desertización y degradación del suelo
	Pérdidas de la biodiversidad
	Contaminación de los océanos
	Aumento de los desastres naturales

Fuente: Cerantola y Ortiz (2018).

Con el fin de hacer frente a esta situación desde los años 70 comienzan a surgir escuelas de pensamiento que buscan plantear vías alternativas al paradigma de economía lineal. El cuadro 2.12 a continuación describe las principales escuelas de pensamiento que dieron origen al concepto de economía circular.

Cuadro 2.12: Escuelas de pensamiento que dieron origen al concepto de economía circular.

Escuela	Descripción
Diseño regenerativo	En EE. UU., John T. Lyle comenzó a desarrollar ideas sobre diseño regenerativo que podían aplicarse a todos los sistemas, es decir, más allá de la agricultura, para la cual se había formulado anteriormente el concepto de regeneración. Podría decirse que puso las bases del marco de la Economía Circular que se desarrolló especialmente y ganó notoriedad gracias a McDonough (que había estudiado con Lyle), Braungart y Stahel. En la actualidad, el Lyle Center for Regenerative Studies ofrece cursos sobre este tema.
Economía del rendimiento	En 1976, el arquitecto y economista Walter Stahel esbozó en su informe de investigación para la Comisión Europea The Potential for Substituting Manpower for Energy, escrito junto con Genevieve Reday, la visión de una economía en bucles (o Economía Circular) y su impacto en la creación de empleo, competitividad económica, ahorro de recursos y prevención de residuos. Acreditado por ser el inventor de la expresión «Cradle to Cradle» (de la cuna a la cuna) a finales de la década de los setenta, Stahel trabajó en el desarrollo de un enfoque de «bucle cerrado» para los procesos de producción y fundó el Product Life Institute en Ginebra hace más de 25 años. Persigue cuatro objetivos principales: la extensión de la vida del producto, los bienes de larga duración, las actividades de reacondicionamiento y la prevención de residuos. Además, insiste en la importancia de la venta de servicios en lugar de productos, una idea conocida como «economía de servicios funcional» y en la actualidad incluida de forma más general en el concepto de «economía del rendimiento». Stahel aduce que la economía circular debe considerarse como un marco: como concepto genérico, la economía circular se basa en varios enfoques más específicos que gravitan en torno a un conjunto de principios básicos.
Cradle to Cradle	El químico alemán Michael Braungart desarrolló, junto con el arquitecto estadounidense Bill McDonough, el concepto Cradle to Cradle™ (de la cuna a la cuna) y su proceso de certificación.

	<p>Esta filosofía de diseño considera todos los materiales empleados en los procesos industriales y comerciales como nutrientes, de los cuales hay dos categorías principales: los técnicos y biológicos.</p> <p>El marco Cradle to Cradle se centra en el diseño de la eficacia en lo relativo a los productos con un impacto positivo y la reducción de los impactos negativos del comercio mediante la eficiencia.</p> <p>El diseño Cradle to Cradle percibe los procesos seguros y productivos del «metabolismo biológico» de la naturaleza como modelo para desarrollar un flujo de «metabolismo técnico» de materiales industriales. Los componentes de los productos pueden diseñarse para su continua recuperación y reutilización como nutrientes biológicos y técnicos en esos metabolismos. Este marco aborda también insumos de energía y agua. En concreto intenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminar el concepto de residuos. «Los residuos equivalen a alimentos». Diseñar productos y materiales con ciclos de vida que sean seguros para la salud humana y el medio ambiente y que puedan reutilizarse perpetuamente a través de metabolismos biológicos y técnicos. Crear y participar en sistemas para recoger y recuperar el valor de los materiales tras su uso. • Hacer uso de la energía renovable. «Aprovechar la energía del sol». Maximizar el uso de la energía renovable. • «Celebrar la diversidad». Gestionar el uso del agua para maximizar la calidad, promover ecosistemas saludables y respetar los efectos a nivel local. Orientar las operaciones y las relaciones con las partes interesadas mediante la responsabilidad social.
Ecología industrial	<p>«La ecología industrial es el estudio de los flujos de materiales y de la energía a través de sistemas industriales» centrándose en las conexiones entre los operadores dentro del ecosistema industrial. Este enfoque tiene como objetivo crear procesos de circuito cerrado en el que los residuos sirven de entrada para otro proceso, eliminando la noción de un subproducto no aprovechable.</p> <p>La ecología industrial adopta un punto de vista sistémico, diseñando los procesos de producción atendiendo a las restricciones ecológicas, mientras mira su impacto global desde el principio y trata de darles forma para que se puedan realizar lo más cerca posible de los sistemas vivos. A este marco de trabajo se le denomina a veces «ciencia de la sostenibilidad», por su carácter interdisciplinario y porque sus principios pueden aplicarse también en el sector de los servicios.</p> <p>Con un énfasis en la restauración del capital natural, la ecología industrial también se centra en el bienestar social.</p>
Biomímesis	<p>Janine Benyus, es la autora de la Biomímesis y sostiene que la ciencia debe innovar inspirándose en la naturaleza. En este sentido, define su enfoque como «una nueva disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver problemas humanos». Por ejemplo, estudiar una hoja para diseñar una célula fotovoltaica. Piensa que la biomímesis «es la innovación inspirada por la Naturaleza». La biomímesis se basa en tres principios fundamentales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La Naturaleza como modelo: estudiar los modelos de la naturaleza y emular estas formas, procesos, sistemas y estrategias para resolver los problemas humanos. • La Naturaleza como medida: utilizar un estándar ecológico para juzgar la sostenibilidad de nuestras innovaciones. • La Naturaleza como mentor: ver y valorar que la naturaleza no se basa en lo que podemos extraer de ella, sino en lo que podemos aprender del mundo natural.
Economía azul	<p>Impulsada por Gunter Pauli, empresario belga y anteriormente director ejecutivo de Ecover, la Economía azul es un movimiento de código abierto que reúne una serie de casos prácticos recopilados inicialmente en un informe del mismo nombre entregado al Club de Roma. Como dice el manifiesto oficial, «utilizando los recursos disponibles en los sistemas en cascada, (...) los residuos de un producto se convierten en la entrada para crear un nuevo flujo de caja».</p> <p>Basada en 21 principios fundacionales, la Economía azul insiste en soluciones que están determinadas por su entorno local y las características físicas y ecológicas, haciendo hincapié en la gravedad como principal fuente de energía. El informe, que sirve también como manifiesto del movimiento, describe las «100 innovaciones que pueden crear 100 millones de empleos en los próximos diez años» y ofrece muchos ejemplos de proyectos</p>

colaborativos ganadores Sur-Sur, otra característica original de la intención de este planteamiento de promover su enfoque práctico.
--

Fuente: Cerantola, (2016).

Basándose en los puntos de vista y argumentos de estas escuelas nace el concepto de Economía Circular que, intenta desvincular el desarrollo económico global del consumo de recursos finitos. Dicho de otra manera, se intenta establecer sistemas económicos regenerativos y restaurativos que, mantengan el valor de los recursos naturales y de los productos, reduciendo de esta manera en gran medida las materias primas y energía utilizadas como insumos para la producción. A su vez, con ello se busca evitar la creación de residuos y sus efectos negativos derivados, para finalmente con esto atenuar o en el extremo eliminar los impactos medioambientales (Ellen MacArthur Foundation, 2015; Cicullo, Cagliano, Bartezzaghi y Perego, 2020). Por su parte, a nivel político, la Unión Europea ha entendido este concepto como un sistema económico en el cual el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantienen en la economía durante el mayor tiempo posible y, donde la generación de residuos se reduce al mínimo posible (Comisión Europea, 2015).

Para diseñar sistemas económicos de esta índole la economía circular intenta imitar los ciclos cerrados de la naturaleza. De esta forma, se intenta que todo lo que entre en el ciclo productivo sirva de insumo para otro proceso productivo, eliminando de esta manera el concepto de residuo –y mucho más los residuos tóxicos- y minimizando el uso de materias primas y energía. En la naturaleza este es el proceso, todos los materiales fluyen dentro de los ecosistemas y los desperdicios de una especie son alimentos o nutrientes para otra especie.

Este planteamiento se basa en dos mecanismos, el biológico y el técnico o tecnológico. Con el primero se busca que todo insumo biológico que entre en el ciclo productivo termine su vida útil como nutriente para la tierra o como insumo en la producción de energías renovables limpias. Con el segundo, se busca que todo elemento sintético que no puede ser absorbido por la naturaleza, en periodos cortos de tiempo y sin causar daños medio ambientales, se aisle en ciclo productivos industriales cerrados que no entren en contacto con la naturaleza. De esta manera, todo elemento sintético incompatible con la naturaleza que se produce, se utiliza y se recicla sin perder calidad una y otra vez, ad infinitum. Con esto se elimina el concepto de residuo y se evita utilizar

nuevos recursos naturales en la producción de objetos que, en principio podrían tener una vida útil casi eterna debido a la larga durabilidad de los materiales con los que están hechos.

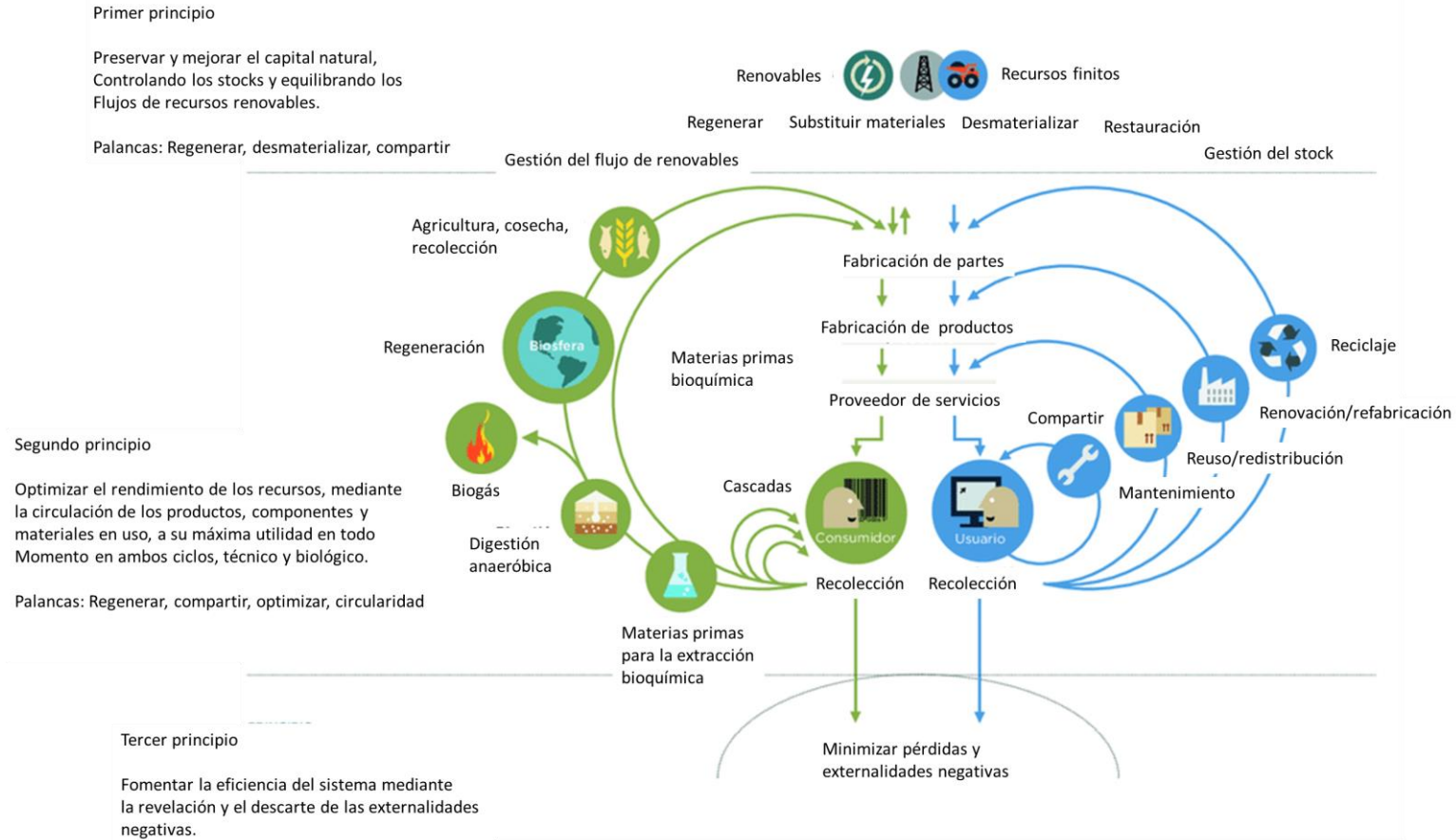
De esta manera, lo único que realmente se puede considerar como consumo es aquello que proviene de los ciclos biológicos sostenibles, mientras que todo lo demás que proviene de los ciclos técnicos sostenibles se debería considerar uso y re-uso *ad infinitum*. Para llevar a cabo este proceso la economía circular utiliza ciertos principios que se exponen en el cuadro 2.13, a su vez, la figura 2.8 muestra el proceso de un modelo de economía circular.

Cuadro 2.13: Principios de la economía circular.

Principio	Descripción
Diseño de la prevención de residuos	Los productos y servicios se pueden crear y diseñar de tal forma que disminuya en la mayor medida la producción de desechos hasta su completa eliminación. La idea a la hora de diseñar el producto es poder darle una segunda vida, que tenga nuevos valores añadidos y de esta manera reducir radicalmente posteriores insumos de energía y material.
Construcción de resiliencia a través de la diversidad	Los productos y servicios tienen que amoldarse a distintas utilidades durante su vida útil. Los productos tendrán que ser más versátiles, simples y modulares, conservando su eficiencia. Lo que propone la resiliencia de los productos es disminuir la obsolescencia y aumentar de manera significativa el uso y la funcionalidad de los mismos.
Uso de energías renovables	Se busca utilizar solamente recursos renovables y, por tanto, energías renovables, para la producción y el consumo debido a su disponibilidad ilimitada, y de esta forma reducir el impacto negativo sobre el medio natural y la salud.
Los residuos son considerados como nutrientes y comida	Esto implica un nuevo modo de entender el concepto de desecho, ya que ahora no se rechazan, sino que se utilizan para transformarlos en recursos de vital importancia en los ciclos biológicos y técnicos.
Pensar en sistemas	Significa que todo está conectado con todo y hay que verlo como un conjunto, un sistema complejo.
Pensar local	Las organizaciones y comunidades están influenciadas por su entorno, teniendo una relación dinámica de proximidad. La ordenación de los ecosistemas sucede de manera parecida, lo que nos puede servir de guía para que las asociaciones de personas saquen el máximo provecho de los recursos y, a la vez, puedan beneficiar y fortalecer la capacidad creativa local.
Pensamiento en cascada	Está basado en la posibilidad de aumentar el valor de una materia prima o secundaria mediante la determinación de sus funciones específicas, y procurar reintroducirla en una parte del ciclo de vida para darle un mismo uso u otros distintos.
Enfoque en el rendimiento	El rendimiento ha de ser sinérgico y tiene que fundamentarse en crear beneficios múltiples e implicar, a su vez, la creación de valores añadidos, la disminución en el consumo de recursos y la generación de puestos de trabajo. Esto se traduce en un descenso de los impactos negativos a partir de sistemas naturales y socioeconómicos.

Fuente: Cerantola y Ortiz (2018).

Figura 2.8: Lógica de un modelo de economía circular.



Fuente: Ellen MacArthur Foundation (2015).

El modelo de economía circular genera una serie de beneficios económicos, sociales y medioambientales. Estos se pueden ver en el cuadro 2.14 que los resume.

Cuadro 2.14: Posibles beneficios de la economía circular.

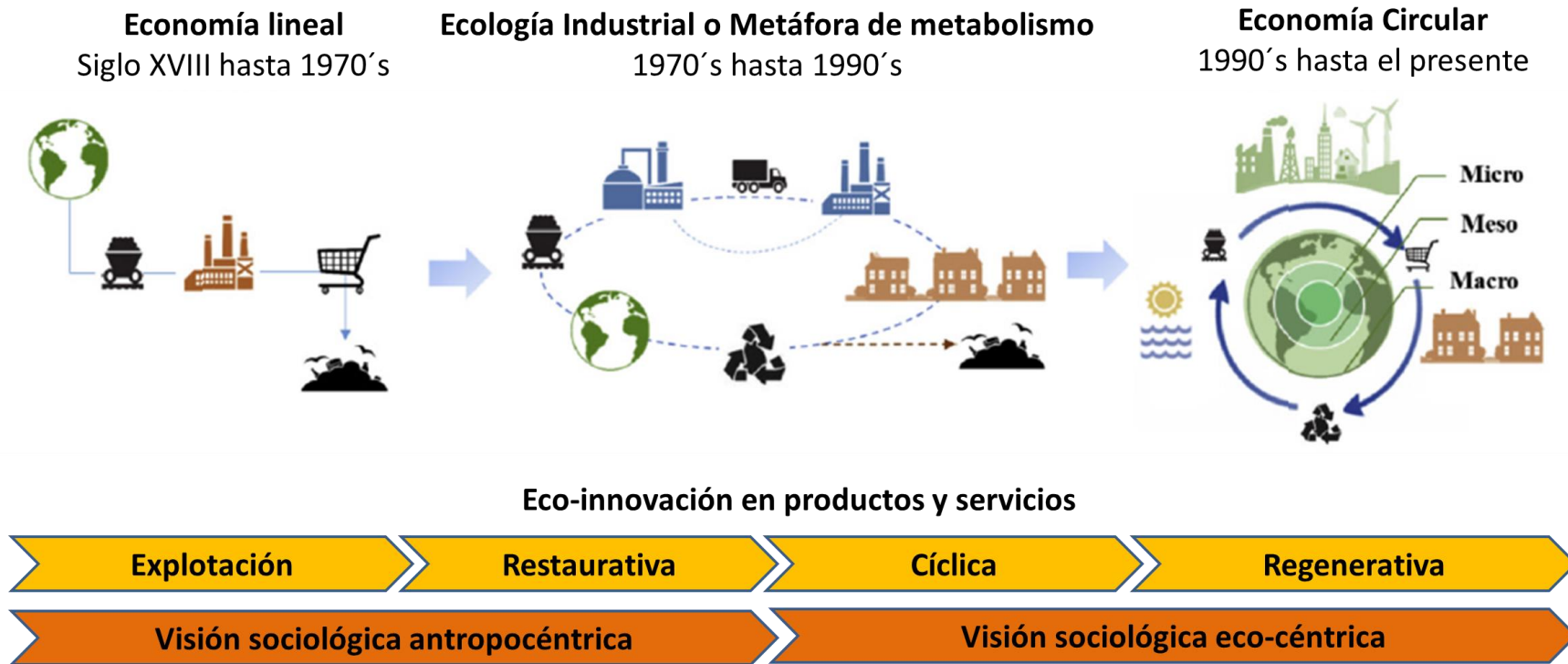
Dimensión	Beneficio	Descripción
Económicos	Mayor crecimiento económico	Esto es posible debido a la combinación de los mayores ingresos procedentes de las actividades circulares y del menor coste de fabricación debido al uso más productivo de los inputs o insumos. Estos cambios en las actividades de producción económica y en los insumos tendrían consecuencias sobre la demanda, el suministro y los precios, extendiéndose a todos los sectores económicos y generando efectos indirectos (aumento del gasto y de los ahorros, mejora de la renta familiar y mayor retribución de la mano de obra) que aceleran el crecimiento total de la economía, contribuyendo a una variación en términos positivos del PIB. Si hacemos una comparativa de cifras, el PIB europeo crecería hasta un 11% para el 2030 y un 27% en 2050 de seguir la senda circular, mientras que con el modelo actual sería de un 4% y 15% respectivamente.
	Creación de oportunidades de empleos	El efecto positivo de la economía circular en el empleo se debe fundamentalmente al incremento del gasto, inducido por la existencia de precios más bajos de lo esperado en los diferentes sectores y la intensidad de la mano de obra sobre las actividades de reciclaje de alta calidad y los trabajos muy cualificados en la refabricación. Sin embargo, las oportunidades laborales no se limitan únicamente a este contexto, sino que la creación de empleo tendría lugar en los sectores industriales, a través del desarrollo de la logística inversa local, con PYMES, mediante un aumento en la innovación y el emprendimiento y una nueva economía que se base en los servicios.
	Grandes ahorros netos en costes de materias	Se estima que, adoptando un modelo circular, los ahorros netos anuales de costes de materia primas en los sectores de productos complejos de duración media, puede llegar hasta 630.000 millones de USD. Para el caso de los bienes de consumo de alta rotación la posibilidad previsible de ahorro es de hasta 700.000 millones de USD en todo el mundo.
	Innovación	La finalidad de sustituir productos unidireccionales por productos de diseño circular, y crear redes de logística inversa y otros sistemas que favorezcan a la economía circular es un poderoso estímulo para las nuevas ideas. Las ventajas de esta mayor innovación se traducen en un mayor desarrollo tecnológico, materiales, mano de obra y eficiencia energética mejorada y mayores beneficios empresariales.
Medio ambiente	Menores emisiones de dióxido de carbono	Se estima que, en Europa, bajo el modelo de desarrollo circular, las emisiones de dióxido de carbono podrían verse reducidas a la mitad de aquí a 2030.
	Menos consumo de materias primas	Bajo el modelo circular se podría reducir el consumo de materias primas hasta un 32% de aquí a 2030 y un 53% hasta 2050, medido por materiales de coches, construcción, fertilizantes sintéticos, pesticidas, uso agrícola del agua, suelo inmobiliario, combustibles y electricidad no renovable.
	Preservación y mejora de la productividad y de la salud del suelo	El deterioro del suelo tiene un coste anual muy alto. El incremento del valor de la tierra y suelo como activos se logra a través de la mejora en la productividad del suelo, la reducción de los residuos en la cadena de valor alimentaria y el retroceso de

		los nutrientes al suelo. Al haber mucho más material biológico por el proceso de compostaje y vuelta al suelo, se verá reducida la necesidad de reposición con nutrientes adicionales. Además, el uso de los residuos orgánicos ayudaría a la regeneración del suelo y a que se sustituyeran los fertilizantes químicos.
	Reducción de factores externos negativos	La implantación de una economía circular ayudaría a la gestión de externalidades negativas como la contaminación del aire y del agua, acústica, el uso responsable del suelo, el cambio climático y el vertido de sustancias tóxicas.
Sociales	Mayor renta disponible	Con el desarrollo económico circular se podría aumentar la renta disponible para las familias debido al menor coste de los productos y servicios y a una mejor gestión del tiempo.
	Mayor calidad y mayor empleo	La calidad adicional que ofrece la propuesta circular puede aumentar la calidad de los productos al mismo tiempo que acerca los sistemas productivos con consecuente creación de tejidos industriales locales que generen nuevos empleos (que se han perdido con la deslocalización lineal). Mejorar el beneficio o utilidad para los clientes. El productor ofrece nuevos sistemas para personalizar el producto que permite un mayor grado de elección, puesto que la elección del cliente es mayor al entregar el productor nuevos sistemas para personalizar el producto que mejoran las necesidades de los clientes y logran una mayor satisfacción.
	Obsolescencia reducida	Al aumentar la durabilidad de los productos o su reutilización, se producirá una mejora de la economía y calidad de vida de las personas. Con la superación de la obsolescencia programada el individuo verá disminuir de manera considerable el coste total de la propiedad y gozará de una mayor comodidad al evitar las dificultades de las reparaciones o devoluciones de productos.

Fuente: Cerantola y Ortiz (2018).

A modo de resumen la siguiente figura 2.9 muestra el desarrollo histórico desde un paradigma lineal hasta un paradigma de economía circular.

Figura 2.9: Evolución del paradigma de economía lineal hasta el de economía circular.



Fuente: Prieto, Jaca y Ormazabal (2017).

2.9.1 Relación entre las PDA, SA y la Economía Circular

Ahora bien, con el fin de comprender las relaciones que existen entre la PDA, la SA y la economía circular es necesario primero hablar de los sistemas alimentarios dentro de una economía lineal. Como se expuso anteriormente en este capítulo, un sistema alimentario involucra todo el conjunto de actividades para la producción, distribución y consumo de alimentos. Estas actividades dentro de una economía lineal globalizada se han integrado en una cadena mundial de valor, donde la producción se hace en algunos lugares del planeta, para luego a través de logísticas de distribución de larga, media y corta distancia entregarlos a los consumidores finales. Esta lógica de producción en el sistema alimentario actual ha provocado que cada vez más se rompa la vinculación que existe entre la producción y consumo de alimentos y la agricultura. Algunas de las características y consecuencias del sistema alimentario globalizado y lineal que tenemos hoy se exponen en el cuadro 2.15.

Cuadro 2.15: Características y consecuencias del sistema alimentario globalizado y lineal actual.

Característica	Descripción
Control de grandes empresas	El 70% de las decisiones del sistema alimentario mundial son controladas por unas pocas grandes empresas. Estas tienen el poder de la toma de decisiones sobre todos los eslabones de la cadena alimentaria, determinan los precios, costes y estándares de producto y, por tanto, donde se concentran la mayoría de los costes y quien asume la mayor parte de los riesgos, que suelen recaer en las partes más débiles como en los agricultores y trabajadores. El objetivo de las grandes empresas es la búsqueda del máximo beneficio. Esto es logrado a costa de imponer duras condiciones como la fijación de los precios de compra en origen o en la venta, llegando incluso a ser por debajo del coste de producción. Además, incurren en costes sociales y ecológicos debido a lo que supone la práctica de llevar la producción a donde cueste menos, sin importar las condiciones de trabajo ni las consecuencias para la agricultura local.
Agricultura industrializada e intensiva	A diferencia del funcionamiento de la agricultura campesina antigua, basada en un manejo agrario adaptado a cada clima y ecosistema, dominado por las personas, en el que se usaban energía de origen natural o humano y el estiércol como abono, el sistema alimentario actual se basa en una agricultura industrial. De ella se derivan múltiples consecuencias negativas para el medio ambiente, la salud y las condiciones de vida de toda la sociedad, además de depender dramáticamente de recursos de origen fósil para subsistir.
Comercio internacional	El sistema alimentario actual se articula por un comercio internacional libre, materializado por numerosos acuerdos y tratados.
Relaciones de producción y consumo a nivel global	El sistema alimentario actual se construye sobre la base de las exportaciones e importaciones, lo que conlleva el transporte de alimentos a nivel mundial, existiendo una acusada desconexión entre las áreas de producción y consumo, con todas las consecuentes emisiones de GEI que esto produce debidas al transporte.
Agudización de las injusticias sociales	El comercio internacional favorece la existencia de injusticias sociales referidas a la utilización de recursos y condiciones laborales de los países menos

	desarrollados. La práctica del monocultivo y el aumento de los precios afectan la autonomía de las comunidades locales, lo que impone duras condiciones laborales y de vida. Además, en el ámbito social el sistema alimentario actual ha supuesto la explotación de la clase menos cualificada, especialmente migrantes, y la pérdida del conocimiento campesino para el manejo de la tierra y sus recursos naturales, los cuales se ven sometidos a la presión de las grandes empresas guiadas por la lógica de mercado.
Uso irresponsable de los recursos naturales, materiales y energía	El sistema alimentario actual hace una utilización intensiva de recursos naturales, combustibles fósiles y biomasa que posteriormente transforma en productos generando a su vez una cantidad excesiva de residuos que son desechados a lo largo de toda la cadena. Este sector ocupa extensiones ilimitadas de tierra para poder satisfacer sus demandas, así como se sirve de grandes cantidades de agua, lo que deriva en un gran impacto medioambiental. Sus efectos son el agotamiento de la fertilidad del suelo, escasez e insuficiencia de materia orgánica que hace un uso excesivo de fertilizantes, degradación del suelo y desertificación de extensas zonas, erosión de la biodiversidad silvestre y agropecuaria, contaminación de aguas y acuíferos y suelos por plaguicidas. Además, hace un consumo excesivo de combustibles fósiles, puesto que es un sistema dependiente de los recursos fósiles no renovables, no solamente en la parte del transporte de alimentos, sino también en los procesos de fabricación, conservación, empaquetamiento y comercialización, contribuyendo en gran medida al calentamiento global.
Contribución a generar el cambio climático	Contribuye al cambio climático con el transporte y procesado de los productos alimentarios, pero no son los únicos factores que lo favorecen, también destacan otros como la deforestación derivada de la práctica de ganadería y agricultura intensivas, la fabricación de los piensos animales, el uso de fertilizante químicos y el sobre embalaje de los alimentos.

Fuente: Cerantola y Ortiz (2018).

Estas características del sistema alimentario actual y las consecuencias que ellas producen, plantean una serie de retos para el futuro próximo si es que la humanidad desea continuar con su subsistencia sobre este planeta. El primer reto que se vislumbra es el aumento demográfico a nivel mundial, lo que supone un aumento en la demanda de alimentos. En este sentido, el desafío es encontrar cómo satisfacer el aumento de demanda con métodos de producción de alimentos más responsables medio ambientalmente y más sostenibles.

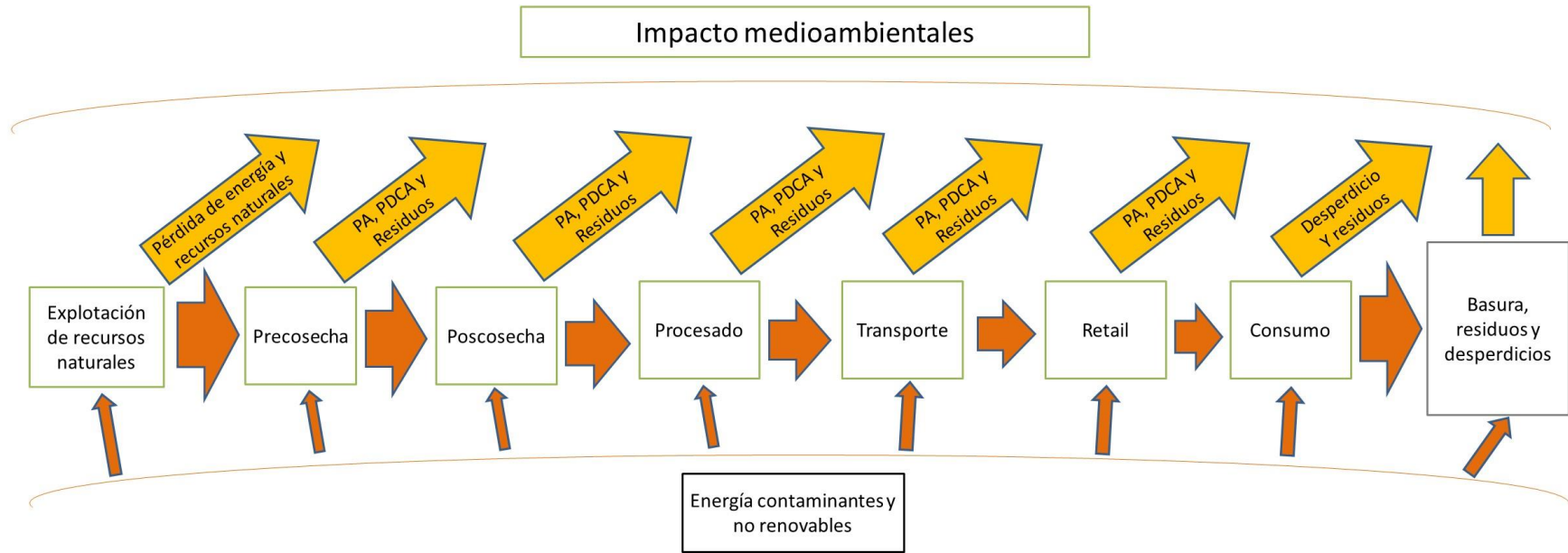
El segundo reto es reducir las emisiones de GEI que produce el sistema alimentario, debido a que éstas, a través del cambio climático, tienen consecuencias negativas en la producción de alimentos. De esta manera, se produce un círculo vicioso donde el sistema alimentario produce GEI y con esto empeora el cambio climático. En el siguiente paso el cambio climático empeora el sistema alimentario, para lo cual es necesario utilizar productos cada vez más contaminantes para mantener el mismo rendimiento, lo cual vuelve a empeorar el cambio climático. Este ciclo vicioso se produce

sucesivamente generando un sistema alimentario y medioambiental más frágil en todos los sentidos.

El tercer reto se plantea directamente de la mano del modelo de economía lineal aplicado al sector alimentario. El sistema alimentario actual, al ser un modelo basado en la extracción de recursos naturales, es muy sensible a la escasez de estos, especialmente de agua y tierra. En este aspecto, si se desea garantizar la SA de la población actual y de la población futura considerando el aumento en la demanda, se vuelve necesario prever la disponibilidad futura de estos recursos naturales. El desafío es que, frente a escenarios de cambio climático agudo, explotación irresponsable de los recursos naturales, desperdicio de los mismos, etc. se vuelve sumamente difícil predecir la disponibilidad futura de recursos naturales y de los ecoservicios proporcionados por el ecosistema.

Un cuarto reto es el aumento en la superficie deforestada requerida para hacer frente al incremento de demanda de alimentos que, requerirá mayores cantidades de tierra cultivable para la producción. Finalmente, un quinto reto importante es hacer frente al desperdicio y residuos que genera el sistema alimentario actual basado en un modelo de economía lineal globalizado, desde la etapa de producción hasta la de consumo. Al mismo tiempo que al uso irresponsable de las energías contaminantes que lo sostienen. La figura 2.10 a continuación expone la lógica de un sistema alimentario lineal globalizado.

Figura 2.10: Lógica de un sistema alimentario lineal globalizado.



Fuente: Elaboración propia.

Es en este contexto que plantear un nuevo modelo de economía se vuelve necesario y urgente. En este sentido la economía circular se plantea como una alternativa viable para reemplazar el actual modelo de economía lineal y hacer frente a sus consecuencias negativas. Dado esto es posible plantear como objetivo de la economía circular en el sector alimentario, la producción de alimentos inocuos y de calidad para satisfacer la demanda mundial de la presente generación, sin poner en peligro la nutrición y la salud de las personas, el medio ambiente y la SA de las generaciones futuras. Para ello es importante desvincular el uso intensivo irresponsable de recursos naturales para la producción de alimentos, el control del desperdicio y los residuos que esta industria genera, entre otros aspectos clave en los que un modelo de economía circular podría resultar útil.

A continuación, se abordan una serie de aspectos claves en los cuales el paradigma de economía circular aplicado al sector alimentario puede contribuir a la reducción de las PDA, la SA y el desarrollo sostenible.

1. **Producción sostenible:** La producción es un pilar clave donde un modelo de economía circular puede contribuir a mitigar los efectos negativos de un sector alimentario basado en una economía lineal. En primer lugar, es útil modificar los métodos de producción de la industria alimentaria estableciendo la distinción de la economía circular de un sistema técnico y otro orgánico. Esta diferencia puede contribuir a diferenciar los tipos de suministro que utiliza la industria alimentaria, es decir, si estos son orgánicos y renovables -como el agua, la tierra y fertilizantes naturales- o suministros artificiales -como plásticos utilizados para embalaje-. Esto puede contribuir a establecer ciclos de suministro sostenible de los recursos naturales utilizados por esta industria. Especialmente aquellos que son vitales para el resto de los elementos que componen el ecosistema -como, por ejemplo, el agua, tierra, bosques nativos, etc.- o aquellos que causan enormes daños medio ambientales –tales como los plásticos, combustibles fósiles, etc.-.

En segundo lugar, es imprescindible investigar y cambiar las tecnologías de producción de alimentos utilizando aquellas que son más sostenibles. Utilizando aquellas que funcionen con insumos orgánicos y renovables en todos los casos donde sea posible y, cuando no lo sea funcionen con insumos artificiales provenientes de

procesos de reciclaje o superreciclaje. En este aspecto, es necesario, por ejemplo, sustituir el uso de fertilizantes artificiales que dañan el medio ambiente, por el uso de fertilizantes naturales orgánicos y renovables. Recuperar técnicas antiguas de agricultura local que eran más sostenibles. Diseñar métodos de embalaje orgánicos para los alimentos y, cuando sea necesario, utilizar embalajes de materiales artificiales provenientes de procesos de reciclado y superreciclado, etc.

En tercer lugar, un modelo de economía circular se puede plantear desde la perspectiva de integración de todos los agentes de la cadena de alimentos. De esta manera, el eslabón de producción de alimentos se puede nutrir de insumos que en los otros eslabones son considerados residuos o desechos como, por ejemplo, en algunas granjas familiares de producción de mermeladas que venden su producción a nivel local, el consumidor devuelve los envases de vidrio que contienen la mermelada al productor con el fin de que este pueda volver a utilizarlos.

2. **Agua:** En relación a la gestión del agua, un modelo de economía circular puede ayudar a optimizar el uso de esta en los procesos de producción de alimentos. El agua es uno de los insumos más importantes en el sistema alimentario, sin embargo, muchas veces dentro del proceso de producción de alimentos, esta tiene un solo uso. En este aspecto, de acuerdo al principio de la economía circular de aumentar y diversificar los usos de los productos, se hace necesario identificar donde existen fuentes de agua desperdiciada dentro de los sistemas alimentarios, con el fin de aplicar mecanismos de depuración para darle otros usos dentro de la misma industria alimentaria. Esto permitiría, por un lado, reducir las cantidades de agua primaria que se utilizan, pero por otro, también reduciría las cantidades de agua que son devueltas contaminadas a los cauces de agua naturales, causando graves daños medioambientales y comprometiendo la sostenibilidad de los recursos hídricos.

De acuerdo al principio de pensar localmente también se puede, desde la economía circular, plantear diseños de producción de alimentos a escalas menores geográficamente. De esta manera, se busca que el agua utilizada en la producción de alimentos a nivel local sea inferior a la capacidad de regeneración de los recursos hídricos de las áreas geográficas donde se produce.

3. **Energía:** En todos los procesos de producción y transformación de materias primas en productos el ser humano requiere el uso de energía. Hasta el momento mayoritariamente se utilizan energías no renovables y contaminantes para la producción de todo tipo de bienes. En este aspecto, la industria alimentaria no es la excepción. Dado esto, por principio, la economía circular fomenta el uso de energías renovables y no contaminantes en la elaboración de cualquier producto. En el caso de la industria alimentaria, los beneficios pueden venir de dos esferas distintas. La primera, es que la reducción en el uso de energías contaminantes en la producción de alimentos contribuye directamente a reducir la huella ambiental que producen el uso de este tipo de combustibles. Pero, por otro lado, también es posible aprovechar todos los desechos orgánicos que se producen en esta industria para la elaboración de energías renovables y limpias, como, por ejemplo, biocombustibles.

4. **Emisiones de GEI, cambio climático, transporte y logística:** Las emisiones de GEI contribuyen a generar el cambio climático y la industria alimentaria es causante de gran parte de ellas. Esto se debe a diversas razones como, por ejemplo, el tipo de energías contaminantes y no renovables que utiliza la industria, los medios de transporte para conectar los distintos agentes de la cadena alimentaria que recorren largas distancias trasladando insumos y alimentos, etc. En este aspecto, desde la economía circular, como se mencionó antes, se sugiere utilizar energías renovables y no contaminantes, pero también se promueve la producción y consumo en contextos locales, lo cual significa reducir los impactos ambientales del transporte de insumos y alimentos. La idea es apostar, en lo posible, por una producción de proximidad hasta llegar a un sistema alimentario de km 0¹⁹.

5. **Residuos y PDA:** Uno de los principales pilares de la economía circular es la eliminación de residuos. En este aspecto, la economía circular plantea la idea de diferenciar dos mecanismos en todos los procesos de producción, el orgánico y el técnico. Esta diferencia contribuye a la visualización y eliminación de los residuos, ya que es más fácil identificar segundos usos para los desechos generados en los distintos procesos de producción. Además, los desechos que se componen de materiales artificiales, por lo general pueden ser utilizados como insumos de reciclaje

¹⁹ Se define los alimentos km. 0 como aquellos alimentos que han viajado menos de 100 km desde su lugar de producción hasta su lugar de consumo.

para la elaboración de otros productos debido a que son muy resistentes a la degradación.

En la industria alimentaria existe un fructífero campo para aplicar estos principios debido al elevado volumen de desperdicios orgánicos y artificiales que se generan. Los primeros tienen que ver con la PDA como tal y, los segundos con el elevado volumen de residuos que se generan en los embalajes –principalmente el plástico- que se utilizan en esta industria. Para las PDA -que son de material orgánico- se pueden identificar numerosos usos, por ejemplo, insumos para la producción de bioenergía o como pienso para los animales. Sin embargo, siempre la mejor solución referente a las PDA es que éstas no se produzcan o, si se producen, se destinen a consumo de personas vulnerables, manteniendo de esta manera el uso original con el que los alimentos son producidos.

6. **Envases y embalajes en general:** Como se ha mencionado en algunos párrafos anteriores, el uso de envases y embalajes en general en la industria alimentaria es un campo fructífero para aplicar los principios de la economía circular, debido a la cantidad de residuos que genera. En este sentido, ideas útiles son diseñar métodos de embalaje orgánicos para los alimentos y, solo cuando sea necesario, utilizar embalajes de materiales artificiales provenientes de procesos de reciclado y superreciclado. De esta manera, se puede retornar como nutrientes a la tierra todos aquellos embalajes orgánicos y, los que sean artificiales aislarlos del ecosistema para evitar los impactos ambientales que estos generan.

7. **Consumo sostenible:** El consumidor juega un papel central en todo modelo económico debido a que toda la producción está destinada al consumidor final. En este aspecto, la economía circular no es la excepción, el consumidor tiene en sus manos el poder de decidir qué consumir, cuánto consumir y cómo consumir. Dentro del modelo de economía circular, el consumidor se plantea como una persona responsable con los demás seres humanos y con el medio ambiente, por lo tanto, consume productos que estén dentro del ciclo orgánico de producción y utiliza productos del ciclo artificial que sean duraderos y que provengan de procesos de reciclado.

En el caso de la industria alimentaria integrar este modelo de “consumidor circular” con los demás eslabones del proceso económico tiene varios beneficios. Por un lado, el consumidor, al ser una persona más consciente y responsable, consume productos en lo posible que pertenezcan a la categoría de km 0. Lo anterior reduce el impacto ambiental negativo que genera el traslado de los alimentos en largas distancias debido que se da preferencia al consumo de productos locales producidos a menos de 100 km de distancia. Además, intenta minimizar el consumo de productos que tengan embalajes que dañen el medio ambiente, por ejemplo, embalajes hechos de plásticos. Cuando esto sea imposible y necesariamente se deban comprar productos con este tipo de embalaje, los devuelve una vez utilizados al eslabón de producción para que este pueda reciclarlos o darles segundos usos. Finalmente, es responsable con el consumo de alimentos ya que intenta reducir su desperdicio a lo mínimo posible. En el caso de que se generaran PDA orgánicas también está en su poder darles una disposición final adecuada, como es el caso del compost.

Un ejemplo de un programa de economía circular que busca abordar los retos y desafíos mencionados en este apartado generados por un modelo de economía lineal y que, a su vez, busca vincularlos al sector agroalimentario es la plataforma de la Unión Europea sobre las pérdidas y desperdicio de alimentos que, es parte del plan de acción de economía circular de la Unión Europea. En esta plataforma se definen cuatro áreas de investigación relacionadas a las PDA como potencial insumo para el desarrollo de la economía circular y la bioeconomía, estas son: cuantificación de las PDA, prevención y valorización de las PDA, evaluaciones técnico económicas de las PDA y evaluación del impacto ambiental de las PDA (Comisión Europea, 2020).

2.9.2 Relación entre las PDA, Economía Circular y los ODS.

Como se ha expuesto hasta aquí la economía circular puede generar beneficios en el ámbito económico, social y medioambiental. A su vez, aplicada al sector agroalimentario puede contribuir a la reducción de las PDA, mejorar la SA y el desarrollo sostenible. En este último apartado se abordará como la economía circular aplicada al sector agroalimentario, específicamente en lo referente a la reducción de las PDA, puede contribuir al cumplimiento de los ODS. A continuación, se muestra el análisis por cada ODS.

Objetivo 2 de hambre cero: Uno de los principales pilares sobre los cuales se basa la economía circular es evitar la generación de residuos. En este aspecto, con las prácticas de la economía circular aplicadas a la industria agroalimentaria, se busca evitar la generación de PDA. Pero, además, en caso de que las PDA se produzcan, se busca identificar numerosos usos alternativos para que estas sirvan como insumos a otros procesos. Por ejemplo, insumos para la producción de bioenergía o como pienso para los animales. De todas maneras, el mejor uso alternativo que se les puede dar es que éstas se destinen a consumo de personas vulnerables, manteniendo de esta manera el uso original con el que los alimentos son producidos.

En esta línea, el control de las PDA y de las PDCA a través de las prácticas de la economía circular aumenta la disponibilidad de alimentos lo que puede mejorar el nivel de SA. Por su parte, el control de la PDCA, implica un aumento en la disponibilidad de alimentos de mayor calidad. Lo anterior, contribuye a reducir los problemas de hambre no solo con un aumento en la disponibilidad de alimentos, sino también en la calidad de estos, ayudando así a alcanzar el objetivo de hambre cero.

Objetivo 6 de agua limpia y saneamiento: El agua es uno de los insumos más importantes en el sistema alimentario, por esta razón, el producir PDA implica por defecto un desperdicio de un importante volumen de agua tanto azul como verde. Sin embargo, no solo es desperdiciada el agua utilizada en la producción de alimentos que se transforman en PDA, también aquella agua que solo tiene un uso dentro de la cadena de producción de alimentos. En este aspecto, las prácticas de la economía circular al contribuir a disminuir las PDA, ayudan a reducir el consumo ineficiente de agua. Además, de acuerdo al principio de la economía circular de aumentar y diversificar los usos de los productos, se hace necesario identificar donde existen fuentes de agua desperdiciada dentro de los sistemas alimentarios, con el fin de aplicar mecanismos de depuración para darle otros usos dentro de la misma industria alimentaria. Lo anterior permitiría, por un lado, reducir las cantidades de agua primaria que se utilizan, pero, por otro, también reduciría las cantidades de agua que son devueltas contaminadas a los cauces naturales de agua.

Además, de acuerdo al principio de pensar localmente también se puede, desde la economía circular, plantear diseños de producción de alimentos a escalas menores

geográficamente. De esta manera, se busca que el agua utilizada en la producción de alimentos a nivel local sea inferior a la capacidad de regeneración de los recursos hídricos de las áreas geográficas donde se produce.

Con lo anterior, la economía circular aplicada al sector agroalimentario contribuiría a garantizar la disponibilidad de agua, saneamiento y su gestión sostenible para todas las personas del mundo, ayudando así a alcanzar el ODS número 6.

Objetivo 12 de producción y consumo responsable: La producción es un pilar clave donde un modelo de economía circular puede contribuir a mitigar los efectos negativos de un sector alimentario basado en una economía lineal. En primer lugar, es útil modificar los métodos de producción de la industria alimentaria estableciendo la distinción de la economía circular de un sistema técnico y otro orgánico. En segundo lugar, es imprescindible investigar y cambiar las tecnologías de producción de alimentos utilizando aquellas que son más sostenibles. En tercer lugar, un modelo de economía circular se puede plantear desde la perspectiva de integración de todos los agentes de la cadena de alimentos. De esta manera, el eslabón de producción de alimentos se puede nutrir de insumos que en los otros eslabones son considerados residuos o desechos.

Por el lado del consumo, dentro del modelo de economía circular el consumidor se plantea como una persona responsable con los demás seres humanos y con el medio ambiente, por lo tanto, consume productos que estén dentro del ciclo orgánico de producción y utiliza productos del ciclo artificial que sean duraderos y que provengan de procesos de reciclado. Como se mencionó al final del epígrafe anterior, en el caso de la industria alimentaria integrar este modelo de “consumidor circular” con los demás eslabones del proceso económico tiene los siguientes beneficios. Primero, el consumidor al ser una persona más consciente y responsable consume productos en lo posible que pertenezcan a la categoría de km 0. Segundo, intenta minimizar el consumo de productos que tengan embalajes que dañen el medio ambiente. Tercero, es responsable con el consumo de alimentos ya que intenta reducir su desperdicio a lo mínimo posible. Por último, cuando genera PDA orgánicas también está en su poder darles una disposición final adecuada.

Por lo tanto, las prácticas de la economía circular aplicadas a la industria agroalimentaria por definición están orientadas a buscar modalidades de consumo y producción que sean sostenibles y responsables con el medio ambiente, género, etc.

Objetivo 13 de acción por el clima: Este objetivo busca adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Las PDA contribuyen de manera directa a agravar el fenómeno del cambio climático a través de la deforestación de bosques que son utilizados para producir alimentos, la generación de distintos GEI debido a la descomposición de las PDA en vertederos u otros lugares no aptos para ello, los GEI que producen los procesos gástricos de los animales, los producidos por el uso de energías contaminantes, especialmente en el transporte y, los producidos por la utilización de fertilizantes que generan una emisión directa de óxidos nitrosos y amoníaco (Scherhauser et al., 2018).

En este aspecto, desde la economía circular se sugiere utilizar energías renovables y no contaminantes. A la vez, se sugiere implementar las ideas de conservación de recursos y simbiosis industrial que son conceptos implícitos en los modelos de economía circular (Durán et al., 2020). Esto significa que los desperdicios de una industria son utilizados como insumos por otras, de esta manera, se transforma la noción del desperdicio como problema al desperdicio como recurso (Okere, Ofodum, Azorji y Nwosu, 2019). Esto es particularmente relevante en la industria de alimentos cuyo desperdicio orgánico puede ser utilizado en procesos de generación de energía limpia. También se promueve la producción y consumo en contextos locales, lo cual significa reducir los impactos ambientales del transporte de insumos y alimentos. La idea es apostar por una producción de proximidad, en lo posible hasta llegar a un sistema alimentario de km 0. Por lo tanto, a través de las prácticas de la economía circular es posible contribuir al cumplimiento del ODS 13 de acción por el clima.

Objetivo 14 de vida submarina: Este objetivo busca conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos. Las PDA afectan de manera directa este objetivo debido a toda la vida submarina que es capturada con fines alimentarios pero que luego no es consumida. En este sentido, especial mención tiene aquella vida submarina que en el momento mismo de la pesca es devuelta al mar con graves daños o sin vida, causando importantes consecuencias a los ecosistemas marinos.

Pero, además, es posible argumentar que parte de los residuos generados por las PDA también encuentran su disposición final en el mar, lo que produce contaminación y daña los ecosistemas marinos.

En este aspecto, la economía circular a través de sus prácticas contribuye en primer lugar a disminuir la generación de residuos y PDA. En segundo lugar, como se mencionó en el epígrafe anterior, busca diseñar métodos de embalaje orgánicos para los alimentos y, solo cuando sea necesario, utilizar embalajes de materiales artificiales provenientes de procesos de reciclado y superreciclado. En tercer lugar, busca aislar todo residuo artificial del ecosistema, especialmente cuando este no es capaz de absorberlo en una escala de tiempo comparable con la escala de tiempo humana. En cuarto lugar, busca reducir la escala de explotación de los recursos naturales. Todas estas prácticas se pueden traducir en una disminución de residuos, PDA y aguas residuales que encuentran su disposición final en el mar, en una pesca responsable y sostenible, entre otros beneficios que ayudan al cumplimiento de este ODS.

Objetivo 15 de vida de ecosistemas terrestres: Como se ha mencionado anteriormente las prácticas de la economía circular tienen por objetivo reducir al máximo todo tipo de residuos, especialmente aquellos residuos artificiales que el ecosistema no puede absorber. En este aspecto, la economía circular al optimizar el uso de los recursos y aislar del ecosistema orgánico todo material artificial dañino, como por ejemplo los fertilizantes y otros productos químicos, contribuiría a reducir la deforestación, la desertificación, la degradación de las tierras y la pérdida de la diversidad biológica.

Aunque la economía circular contribuye de manera clara y directa sobre los ODS expuestos anteriormente también puede contribuir de manera indirecta al cumplimiento de los siguientes ODS: objetivo 1 de fin de la pobreza, objetivo 3 de salud y bienestar, objetivo 7 de energía asequible y no contaminante, objetivo 8 de trabajo decente y crecimiento económico, objetivo 10 de reducción de las desigualdades y objetivo 11 de ciudades y comunidades sostenibles.

Objetivo 1 de fin de la pobreza: Este ODS se propone acabar con la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo. Las PDA afectan de manera indirecta la capacidad de acceso de las personas a los alimentos. Por un lado, el ingreso de los productores de

alimentos se puede ver mermado cuando sus sistemas de producción generan PDA, debido a la utilización adicional e ineficiente de recursos. Por otro lado, las PDA pueden provocar el aumento en el precio de los alimentos, lo que provoca un empobrecimiento relativo respecto de un salario fijo, por supuesto los grupos más pobres son los que más se verían afectados.

En este sentido, las prácticas de la economía circular contribuyen a reducir las PDA, con esto a aumentar las existencias disponibles de alimentos, lo que bajo ciertas condiciones puede generar una reducción en los precios de los mismos. Por consiguiente, una reducción de la pobreza relativa en aquellas personas o familias que destinan un importante porcentaje de su presupuesto a la compra de alimentos. Además, la disminución de los residuos y la optimización de los procesos contribuyen a reducir los costes de fabricación de los alimentos, lo que implica mayores ingresos para los productores. Esto último es de especial relevancia considerando que una parte importante de la agricultura en el mundo es agricultura de pequeña escala o de subsistencia.

Objetivo 3 de salud y bienestar: Este ODS persigue garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todos en cualquier edad. En este sentido, una buena nutrición y con alimentos de calidad es un aspecto indispensable para garantizar una vida saludable. Los sistemas alimentarios que generan PDA disminuyen la disponibilidad, dificultan el acceso y estabilidad, y disminuyen la calidad en los alimentos, lo cual puede generar dificultades para que la población tenga una buena nutrición. En este aspecto, la economía circular puede ayudar al cumplimiento de este ODS al reducir las PDA y evitar que se produzcan las PDCA. Por otro lado, las prácticas de la economía circular también buscan encontrar otros usos alternativos a los productos que ya han sido producidos en vez de desecharlos. En este sentido, todos los alimentos que son PDA, y que aún conservan su calidad nutricional, pueden ser destinados como alimentos a los grupos vulnerables de una población. Las anteriores prácticas aumentan la disponibilidad de alimentos, con lo cual es posible contribuir a garantizar una vida saludable y bienestar para un número mayor de personas.

Objetivo 7 de energía asequible y no contaminante: Este ODS persigue garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todas las personas del

mundo. De manera indirecta las PDA afectan este objetivo ya que pueden ser utilizadas como insumos para generar biocombustibles u otros tipos de energías limpias.

Aplicando los principios de la economía circular a la industria alimentaria los beneficios se pueden observar en dos dimensiones diferentes. La primera, es que al reducir las PDA también se reduce el uso de energías contaminantes en la producción de alimentos, lo que contribuye directamente a reducir la huella ambiental que producen el uso de este tipo de combustibles. La segunda, es que se vuelve posible aprovechar todos los desechos orgánicos que se producen en esta industria para la elaboración de energías renovables y limpias, como, por ejemplo, biocombustibles. De esta manera, es posible contribuir al cumplimiento de garantizar el acceso a energía no contaminante.

Objetivo 8 de trabajo decente y crecimiento económico: Con este ODS se quiere promover el crecimiento sostenido, inclusivo y sostenible, junto con el empleo pleno, productivo y trabajo decente para todas las personas del mundo. En primer lugar, sistemas alimentarios que genera PDA y con esto daños medioambientales no son sostenibles, por lo que, a nivel de sector económico, el sector alimentario no puede aportar a un crecimiento económico sostenible. Esta situación es más acentuada en países cuyas economías se basan en la agricultura y ganadería. En segundo lugar, es difícil definir qué se entiende por “trabajo decente”, sin embargo, es posible argumentar que cualquier trabajo que se ocupe de producir alimentos que luego serán desperdiciados es también trabajo desperdiciado. En este aspecto, las personas que realizan este tipo de trabajos podrían considerarlos como innecesarios e incluso frustrantes, lo que se podría calificar como trabajo no decente y empleo no productivo.

En este sentido, reducir las ineficiencias en el sector agroalimentario disminuyendo las PDA a través de las prácticas de la economía circular involucra reducir también el trabajo desperdiciado y no productivo. Por otro lado, por definición, la economía circular busca no solo focalizar su atención en el crecimiento económico, sino que también en el desarrollo sostenible. Esto a través del uso de energías limpias, de la reducción de residuos y desperdicios, de la separación entre las dimensiones orgánicas y no orgánicas, etc. Por lo tanto, es posible con estas prácticas contribuir a alcanzar el ODS de trabajo decente y crecimiento económico sostenible.

Objetivo 10 de reducción de las desigualdades: Este ODS busca reducir las desigualdades entre las personas al interior de cada país y, así como también, las desigualdades entre países. En primer lugar, el acceso a comida de calidad suficiente para una alimentación saludable y una vida sana, debería ser un derecho básico garantizado para cada persona de este mundo. Por lo tanto, en este aspecto un control de las PDA puede ser utilizado como herramienta para aumentar la igualdad de acceso a alimentos al interior de un país. En segundo lugar, es posible argumentar que países de bajos ingresos que son productores netos de alimentos venden sus productos a países de altos ingresos. Esto, en ocasiones, presiona los precios de los alimentos en los países de bajos ingresos al alza empobreciendo relativamente a la población, especialmente aquellas personas que destinan gran porcentaje de sus ingresos a la compra de alimentos. Por lo tanto, la compra de alimentos que luego serán desperdiciados en países de altos ingresos genera empobrecimiento en países de bajos ingresos, lo que se puede calificar también como un aumento en la desigualdad entre países.

Por lo tanto, aplicar los principios de consumo y producción responsable en la industria alimentaria implica que, en países que son importadores netos de alimentos, los alimentos se desperdicien menos en la etapa de consumo. Pero a la vez, en países que son productores netos, se reduzca las PDA en la etapa de producción, almacenaje y distribución. Lo anterior puede contribuir a mitigar el ciclo descrito en el párrafo anterior, contribuyendo así a la disminución de la desigualdad entre países.

Objetivo 11 de ciudades y comunidades sostenibles: Este ODS pretende lograr que las ciudades, los asentamientos urbanos y todo asentamiento humano sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Parte importante de las PDA encuentran su disposición final en vertederos causando daño medioambiental, lo que es más acentuado aún en los asentamientos urbanos. La economía circular al separar la producción en dos esferas, la orgánica y la inorgánica, pretende eliminar los residuos y, por lo tanto, los vertederos como lugares de disposición final. Por lo tanto, de manera indirecta el control de las PDA a través de las prácticas de la economía circular podría contribuir a la disminución del tamaño e impacto de los vertederos urbanos, ayudando a cumplir el objetivo de ciudades y asentamientos urbanos sostenibles.

3. Revisión de trabajos anteriores

3.1 Revisión de trabajos anteriores de cuantificación de las PDA a nivel mundial.

En esta sección se revisarán estudios anteriores en los cuales se hizo una cuantificación de las PDA a nivel mundial. La selección de los estudios se tomó de Corrado y Sala (2018) quienes hacen una revisión bibliográfica de la cantidad de estudios científicos o reportes publicados referente a las PDA a nivel global o europeo, considerando también el ciclo de vida de la industria alimentaria para todos los productos. Para comprender el panorama general de los estudios publicados referentes a las PDA ver la figura 3.1 a continuación.

Figura 3.11: Criterios para la escala geográfica y nivel de detalle de los estudios referentes a PDA.

	Total	Total por etapa del ciclo de vida	Grupo de producto y etapa del ciclo de vida	Producto por etapa del ciclo de vida
Global	PDA a escala global	PDA por una o más etapas del ciclo de vida a nivel global	PDA por uno o más grupos de productos por etapa del ciclo de vida a nivel global	
Región Mundial	PDA por región mundial	PDA por una o más etapas del ciclo de vida por región mundial	PDA por uno o más grupos de productos por etapa del ciclo de vida por región mundial	
Nacional/Regional	PDA a escala nacional o regional	PDA por una o más etapas del ciclo de vida a escala nacional o regional	PDA por uno o más grupos de productos por etapa del ciclo de vida a escala nacional o regional	PDA por uno o más productos por etapa del ciclo de vida a escala nacional o regional
Caso representativo (Productor, minorista, etc...)		PDA por una etapa del ciclo de vida considerando datos de un limitado número de actores (ej. Minoristas, cantinas, etc.)	PDA por uno o más grupos de productos por etapa del ciclo de vida considerando datos de un limitado número de actores (ej. Minoristas, cantinas, etc.)	PDA por uno o más productos por etapa del ciclo de vida considerando datos de un limitado número de actores (ej. Minoristas, cantinas, etc.)

Fuente: Corrado y Sala (2018). Traducción propia.

El cuadro 3.1 muestra un resumen de las principales características de los 10 documentos seleccionados por Corrado y Sala (2018), mientras que el cuadro 3.2 muestra un resumen de las principales características de la definición de PDA contenida en ellos.

Cuadro 3.1: Resumen de los estudios revisados por Corrado y Sala (2018) y sus principales características.

Estudio	Definición de PDA y otras definiciones relevantes del estudio	Año de referencia de la estimación	Fuente de los datos	Método de cuantificación	Detalle de productos	Limitación geográfica
Monier et al., (2010)	<p>Biodesperdicios: jardines biodegradables y parques de desperdicios, desperdicio en comida y cocinas de hogares, restaurantes, cateres y minoristas, y desperdicios comparables en las plantas de procesamiento de alimentos. Esto no incluye actividades forestales o residuos agrícolas, estiércol, lodos de depuración u otro desperdicio biodegradable (por ejemplo, textil natural, papel o madera procesada) (EC, 2008)</p> <p>Desperdicio de alimentos: Parte de los biodesperdicios compuesto por alimentos crudos o cocidos. Esto incluye descartes de insumos alimentarios en cualquier momento entre la granja y el tenedor; en casa relacionados a los alimentos preparados previamente, durante otras preparaciones de comida, por ejemplo, pelado de vegetales, guarniciones de carne, comida estropeada, exceso de ingredientes o comida preparada.</p>	2006	EUROSTAT	Método indirecto de cuantificación	No	EU27
FAO (2012); Gustavsson, Cederberg, Sonesson y Emanuelsson (2013)	<p>Pérdidas de alimentos: disminución de la cantidad o calidad de los alimentos en las primeras etapas de la cadena de suministro de alimentos, reduciendo la cantidad de alimentos aptos para el consumo humano. A menudo relacionado con actividades posteriores a la cosecha como la falta de sistemas o capacidades de infraestructura.</p> <p>Desperdicio de alimentos: desecho de productos alimenticios aptos para el consumo o aptos para continuar en la cadena de suministro de alimentos. Se produce principalmente en las etapas posteriores de la cadena de suministro de alimentos, como en minoristas o en el consumo de hogares.</p>	2007	FAO Food Balance Sheet	Método indirecto de cuantificación	Detalle de productos o grupo de productos	Global (7 regiones mundiales)
Bräutigam, Jorissen, y Priefer (2014)	No reportado, basado en las definiciones de la FAO	2006	FAO Food Balance Sheet	Método indirecto de cuantificación	Detalle de productos o grupo de productos	EU27
Vanham, Bouraoui, Leip, Grizzetti, y	No reportado	Promedio 1996-2005	FAO Food Balance Sheet	Método indirecto de cuantificación	Detalle de productos o grupo de productos	EU

Bidoglio (2015)						
Porter, Reay, Higgins, y Bomberg (2016)	Pérdida de alimentos: referida a las etapas “aguas arriba” (producción agrícola, almacenamiento y manipulación, procesamiento) Desperdicio de alimentos: Referida a las etapas “aguas abajo” (Distribución y consumo)	De 1961 a 2011 (nosotros consideramos 2011) ²⁰	FAO Food Balance Sheet	Método indirecto de cuantificación	Detalle de productos o grupo de productos	Global (7 regiones mundiales)
Stenmarck, Jensen, Qusted y Moates (2016)	Desperdicio de alimentos: fracciones de alimentos y partes no comestibles de alimentos eliminados de la cadena de suministro (incluidos cultivos compostados, cultivos arados/no cosechados, digestión anaeróbica, producción de bioenergía, cogeneración, incineración, residuos de alcantarillado, vertedero o descartados al mar)	Principalmente 2012	FUSIONS Framework	Método indirecto de cuantificación	No	EU
Alexander et al., (2017)	Pérdidas de producción agrícola: ocurren durante el proceso de producción. Incluye residuos agrícolas (por ejemplo, raíces y paja), cultivos no cosechados y las pérdidas durante la cosecha. Pérdidas e ineficiencias en la producción ganadera: debido a la conversión de piensos y pastos en productos animales. Pérdidas de manipulación, almacenamiento y transporte: debido a derrames y degradación durante el almacenamiento y la distribución. Ocurre para cultivos primarios, productos procesados y productos animales. Pérdidas de procesamiento: ocurren durante el procesamiento de productos. Residuos del consumidor: ocurren entre el periodo que los alimentos llegan al consumidor y son consumidos. Consumo excesivo: la ingesta de alimentos adicional a la requerida para la nutrición humana.	2011	Literatura científica y FAO	Método indirecto de cuantificación	No	Global
Eurostat (2017)	No reportado	2012	EUROSTAT	Método indirecto de cuantificación	No	EU28 (Participación voluntaria de los Estados Miembros)

²⁰ Nota escrita por Corrado y Sala (2018).

Tisserant et al. (2017)	Desechos sólidos: cualquier salida de alimentos sólidos de una actividad humana que permanezca dentro de la tecnosfera y que requiera un tratamiento adicional antes de que pueda liberarse al medio ambiente o utilizarse como sustituto de otros productos industriales.	2007	Exiobase data	Método indirecto de cuantificación	No	Global (48 regiones mundiales)
Kemna, Holsteijn, Lee, Sims (2017)	Desperdicio de alimentos: Basado en las definiciones del proyecto FUSIONS	2011	FAO, EUROSTAT, The European Food Safety Authority (EFSA), literature scientific.	Método indirecto de cuantificación	Detalle de productos o grupo de productos	EU

Fuente: Corrado y Sala (2018). Traducción propia.

Cuadro 3.2: Principales características de la definición de PDA de los estudios revisados por Corrado y Sala (2018)

Estudio	Definición	Tipo de material				Destino	
		Distinción entre pérdida y desperdicio de alimentos	Fracción comestible	Fracción no comestible	Desperdicio líquido	Distinción evitable/no evitable	Para instalaciones de desperdicio
Monier et al (2010).		X	X			X	
FAO (2012), Gustavsson et al. (2013)	X	X		X (Leche)		X	X
Bräutigam et al. (2014)		X		X (Leche)		X	X
Vanham et al. (2015)		X	X	X (Leche, alcohol)	X	X	
Porter et al. (2016)	X	X	X			X	X
Stenmarck et al. (2016)		X	X	X		X	
Alexander et al. (2017)	X	X	X			X	
Eurostat (2017)		X	X			X	
Tisserant et al. (2017)		X	X			X	
Kemna et al. (2017)		X	X	X	X	X	

Fuente: Corrado y Sala (2018). Traducción propia.

De los diez estudios revisados por Corrado y Sala (2018) cuatro de ellos proporcionan estimaciones a nivel mundial. FAO (2012) sugiere que las PDA a nivel mundial al año, desde la etapa de producción agrícola hasta la etapa de consumo, son de 1300 millones de toneladas aproximadamente. A nivel per cápita FAO (2012) estimó que en Europa y América del Norte las PDA per cápita son de 280 y 300 kg/año respectivamente. Por su parte, en África subsahariana y Asia meridional y sudoriental las PDA son menores, fluctuando entre los 120 y 170 kg/año. Estos datos se pueden mostrar en relación con la producción per cápita anual de partes comestibles de alimentos en estas regiones. En el caso de Europa y América del Norte es de aproximadamente 900 kg/año, mientras que en África subsahariana y Asia meridional y sudoriental es de 460 kg/año (FAO, 2012). Por lo tanto, se tiene que en ambos grupos de países se desperdicia alrededor del 33% de los alimentos producidos.

A pesar de que el porcentaje de pérdida de alimentos es similar entre las regiones, si se observa solo la etapa de consumo la situación cambia mostrando que los países de menores ingresos desperdician menos que los países de mayores ingresos en la etapa de consumo. En FAO (2012) se estimó que la cantidad per cápita de alimentos desperdiciada por los consumidores es de 95 a 115 kg/año en Europa y América del Norte. En contraste, esta cifra solo alcanza el 6 a 11 kg/año en África subsahariana y Asia meridional y sudoriental lo que equivale a un desperdicio en la etapa de consumo del 12% en el primer grupo de países y del 2% en el segundo grupo de países. En este aspecto FAO (2012) estimó que, en términos del volumen total de alimentos, en los países en desarrollo más del 40% de las PDA se produce en la etapa de postcosecha y procesamiento. Por el contrario, en los países industrializados más del 40% de las PDA se produce en las ventas minorista y consumo. Con el fin de dimensionar estas PDA se podría decir que los países industrializados en la etapa de consumo desperdician 222 millones de toneladas, casi la misma cantidad que la producción neta total de alimentos del África subsahariana, 230 millones de toneladas FAO (2012).

Porter et al., (2016) estimaron que las PDA a nivel mundial, en el año 2011, fueron de 1.629 millones de toneladas, de las cuales, Asia industrializada y Europa generaron 443 y 221 millones respectivamente. Del total de PDA generadas en Asia industrializada, 411 millones correspondieron a las generadas por China. En términos per cápita estimaron que, a nivel mundial, cada persona desperdició, en el año 2011, 240 kg Los

desperdicios per cápita en China y Europa fueron de 284 y 298 kg respectivamente. Cabe señalar que los resultados de las PDA estimadas por Porter et al., (2016) son mayores a los estimados por FAO (2012). La razón es que los primeros contabilizaron todo el volumen de masas de PDA, mientras que, en FAO (2012), solo se consideraron para el cálculo las partes comestibles que se desperdiciaron. En concreto, la diferencia está en que, en el estudio realizado por Porter et al., (2016) no se tomaron en consideración los factores de conversión, mientras que en el de la FAO sí.

Debido a que en los estudios de Tisserant et al., (2017) y Alexander et al., (2017) se utilizaron unidades de medida, metodologías y bases de datos distintas resulta difícil establecer comparaciones con los otros dos estudios expuestos previamente y con las estimaciones calculadas en esta tesis. Finalmente, cabe destacar que posterior al artículo de Corrado y Sala (2018) existen otros estudios como los de Chen, Chaudhary y Mathys (2020) y Caldeira et al. (2019) donde se realizan estimaciones de las PDA a nivel mundial o europeo, pero al igual que en los estudios de Tisserant et al., (2017) y Alexander et al., (2017) no es posible establecer comparaciones entre ellos y tampoco con el caso concreto de China, por lo que no se han incluido en esta sección.

3.2 Revisión de trabajos anteriores de cuantificación de PDA en China

En esta sección se revisarán estudios anteriores en los cuales se hizo una cuantificación de las PDA en China. Sin embargo, cabe mencionar que estos son escasos y referentes a grupos de alimentos o etapas específicas de la cadena alimentaria (Liu, Lundqvist, Weinberg y Gustafsson, 2013). Además, existe escasa información estadística confiable de fuentes oficiales del gobierno chino (Liu, 2014). Por lo anterior, resulta difícil establecer comparaciones entre ellos. Sin embargo, sirven para tener una magnitud aproximada del problema de las PDA en China.

El cuadro 3.3 a continuación muestra un resumen de las principales características de los artículos revisados.

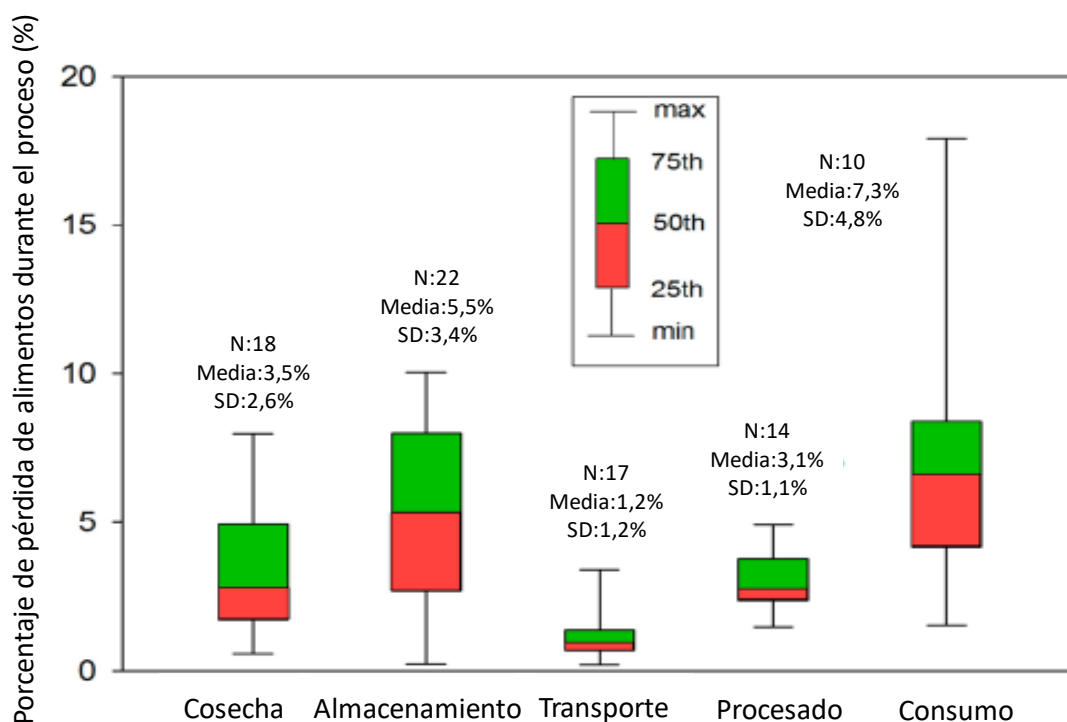
Cuadro 3.3: Resumen de los estudios revisados referentes a la cuantificación de PDA en China y sus principales características.

Estudio	Fuente de datos	Detalle de productos	Etapa de la cadena alimentaria	Limitación geográfica
Liu et al. (2013)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	Grupo de productos	No diferencia por etapa de la cadena alimentaria	China global
Liu, (2014)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	Detalle de productos o grupo de productos	Diferencia por etapa de la cadena alimentaria	China global y algunas ciudades principales.
Ma, Wei, Garnett y Zhang, (2015)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	Detalle de productos o grupo de productos	Diferencia por etapa de la cadena alimentaria	Diferentes escalas geográficas.
Porter et al., (2016)	FAOSTAT	Detalle de productos o grupo de productos	Diferencia por etapa de la cadena alimentaria	China global
Wang et al., (2017)	Método de pesaje directo y encuesta a 195 restaurantes en cuatro ciudades de China	Detalle de productos o grupo de productos	Consumo	Cuatro ciudades de China
Sun et al., (2018)	Chinese Statistical Year Book (2011); Mekonnen and Hoeskstra (2011); and Sun et al. (2015)	Detalle de productos o grupo de productos	No diferencia por etapa de la cadena alimentaria	31 provincias de China

Fuente: Elaboración propia a partir de diversos estudios y artículos.

Entre los estudios revisados solo Liu et al., (2013) realizan una estimación global de las PDA en China. Esta estimación se hizo solo para granos, vegetales y frutas debido a la mayor disponibilidad de datos que hay de estos grupos de alimentos. Los resultados que obtiene para granos se muestran en el gráfico a continuación.

Gráfico 3.1: % de la pérdida y desperdicio de granos en cada etapa de la cadena alimentaria en China.



Fuente: Liu et al., (2013). Traducción del autor.

En la figura N representa el número de datos recopilados en diversos estudios referentes a la PDA de granos, Media el promedio de estos porcentajes de PDA y SD la desviación estándar.

Como se puede observar en el gráfico anterior el porcentaje de PDA más alto se encuentra en la etapa de consumo, equivalente a una media de 7,3% (+- 4,8%). La razón principal que argumentan Liu et al., (2013) es que, debido a las nuevas políticas de crecimiento económico y las reformas para integrar a China en los mercados globales, las familias han visto un aumento en sus ingresos. Por lo tanto, pueden destinar parte de estos ingresos a un mayor consumo de alimentos. Según los autores, cuando se observa en detalle estas cifras, es posible diferenciar tres principales focos de PDA en la etapa de consumo, a saber, cantinas²¹, hogar y restaurantes. Entre estos tres las cantinas son donde menos se desperdician granos, solo el 5%. Luego, en los hogares, es donde se desperdicia el 7%. Sin embargo, en los restaurantes el desperdicio es considerablemente mayor en comparación a los dos primeros focos de desperdicio, y equivale al 19%. La razón que argumentan los autores es que, culturalmente, en China se come en restaurantes cuando se realiza una invitación a amigos, familiares u otros invitados, por lo que para

²¹ En China las cantinas son restaurantes que se encuentran en los lugares de trabajo o las universidades donde el precio suele ser subsidiado y, donde estudiantes y trabajadores desayunan, almuerzan y cenan.

salvaguardar las apariencias se compra más comida de la necesaria para alimentar a los comensales.

El almacenamiento ocupa el segundo lugar con el mayor porcentaje de PDA de granos en China, 5,5% (+-3,4%). Para los autores son tres las principales razones que explican este porcentaje. 1) Carencia de instalaciones y equipo de calidad para almacenar en condiciones óptimas los granos; 2) Carencia de uso de pesticidas de alta eficiencia y baja toxicidad que permitan controlar pestes, moho y roedores; 3) Carencia del conocimiento y tecnología básicos en el almacenamiento de granos. Los autores destacan una diferencia entre la eficiencia del sistema gubernamental de almacenamiento de granos²² y el sistema privado. El primero tiene una tasa de PDA del 1,4% mientras que el segundo una tasa del 8%. Sin embargo, en términos de volumen el 60% de los granos se almacenan en el sistema privado.

Por su parte, los autores estimaron que, para la etapa de cosecha de granos, existe un 3,5% (+-2,8%) de PDA. Las razones que explican las PDA en esta etapa de la cadena alimentaria son carencia de tecnología para la cosecha, equipo de secado inadecuado, limitado itinerario de cosecha que provoca que un porcentaje de los granos no sean cosechados o puestos en lugares de almacenamiento. Finalmente, aumento en la demanda de productos refinados derivados de los granos que se realizan con técnicas de refinamiento manuales ineficientes.

Si se consideran todas las etapas de la cadena alimentaria, el porcentaje de PDA de granos en China estimado por Liu et al. (2013) es 19% (+-5,8%). Considerando que, en el año 2010, la producción total de granos en China fue de 432 millones de toneladas el porcentaje de PDA equivaldría a 82 millones de toneladas.

En el caso de los vegetales, los autores estimaron un porcentaje de PDA de 25% (+-5%). La producción de vegetales en China, en el año 2010, fue de 540 millones de toneladas, por lo tanto, la PDA en este grupo equivaldría a 135 millones de toneladas. Igual que en el caso de los vegetales, para la producción de frutas se estimó un porcentaje

²² En China existe un sistema de almacenamiento de granos que pertenece al gobierno central chino.

de PDA de 25% (+-5%). En el año 2010 la producción de frutas en China fue de 122 millones de toneladas por lo que el volumen de PDA estimado es de 31 millones.

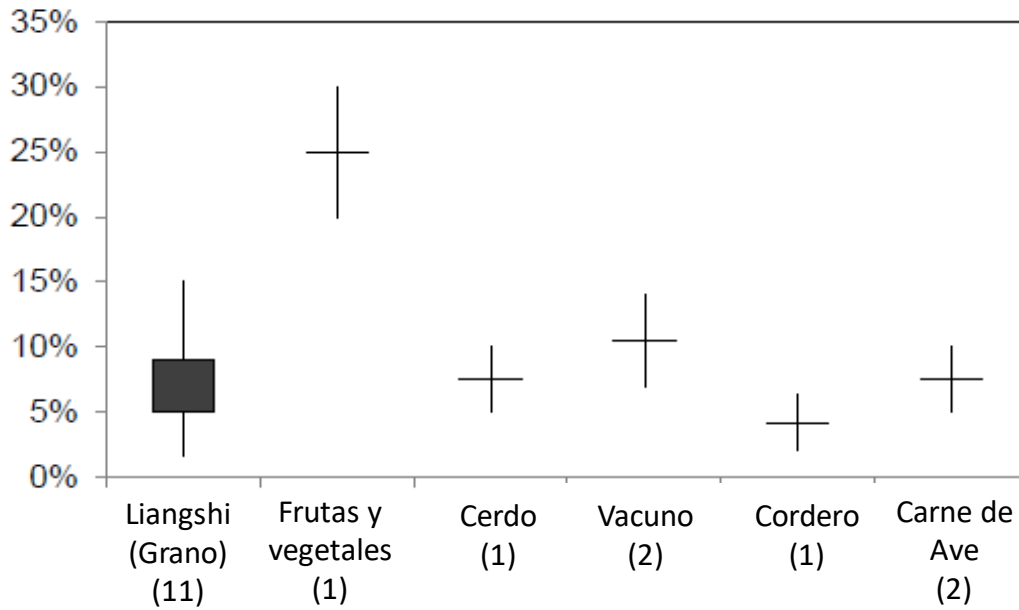
Para el resto de los grupos de alimentos la información y estadísticas disponibles son aún más limitadas que para el caso de los granos. Por esta razón, en lo que sigue se resumirán los datos disponibles extraídos de los estudios listados en el cuadro 3.3 anterior en función de la etapa de la cadena alimentaria.

1. Pre-cosecha

Como se observa en el gráfico 3.2 del estudio de Liu et al., (2013) el grupo de alimentos con mayor porcentaje de PDA es el de frutas y vegetales 25% (+-5%). Por su parte, el grupo de carnes fluctúa entre el 10% y el 5%, siendo el vacuno la carne con mayor porcentaje de PDA y cordero la de menor desperdicio. Sin embargo, estos datos son poco representativos debido a que el número de estudios donde se obtuvieron los datos es muy limitado. Solo un estudio para el grupo de frutas y vegetales, cerdo y cordero y, solo dos para el caso de carnes de ave y vacuno.

Las causas que provocan el desperdicio de frutas y vegetales son principalmente enfermedades, plagas, insectos, hierbas, roedores, severas condiciones climáticas durante la plantación e insuficiencia de semillas (Liu et al., 2013). Mientras que las causas de las PDA en los productos animales son muerte y enfermedades de crías y problemas en la producción de leche debido a enfermedades como la mastitis que dificultan la alimentación de las crías (Liu et al., 2013).

Gráfico 3.2: % de PDA de granos, frutas, vegetales y carnes en la etapa de pre-cosecha en China



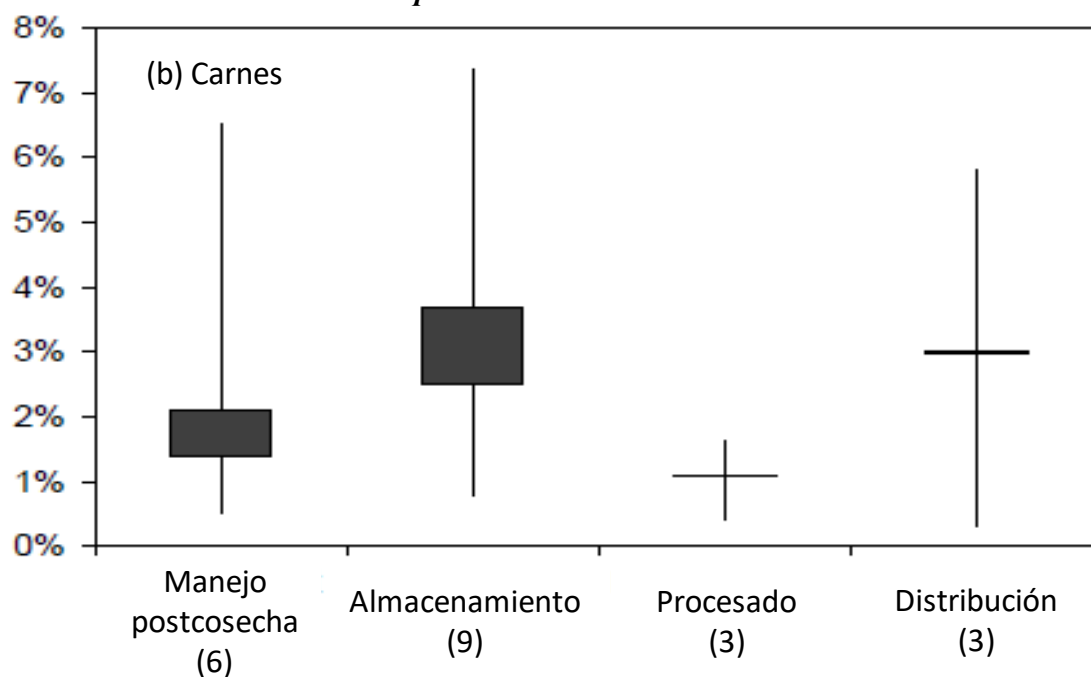
Fuente: Liu (2014).

El número entre paréntesis indica la cantidad de estudios de los cuales se recopilaron los datos.

2) Postcosecha

Los datos que presenta Liu (2014) están divididos en cuatro subprocesos que se realizan en la etapa de postcosecha, estos son manejo postcosecha, almacenamiento, procesado y distribución. En el caso de las carnes los porcentajes de PDA, asociados a estos subprocesos son 1,4%-2,1%; 2,5%-3,7%; 1,1% y, 3%, respectivamente. Para el caso de los vegetales y las frutas solo hay datos para los subprocesos de almacenamiento y distribución, los que muestran un 15% y 10% respectivamente. Estos datos pueden observarse en los gráficos 3.3 y 3.4 a continuación.

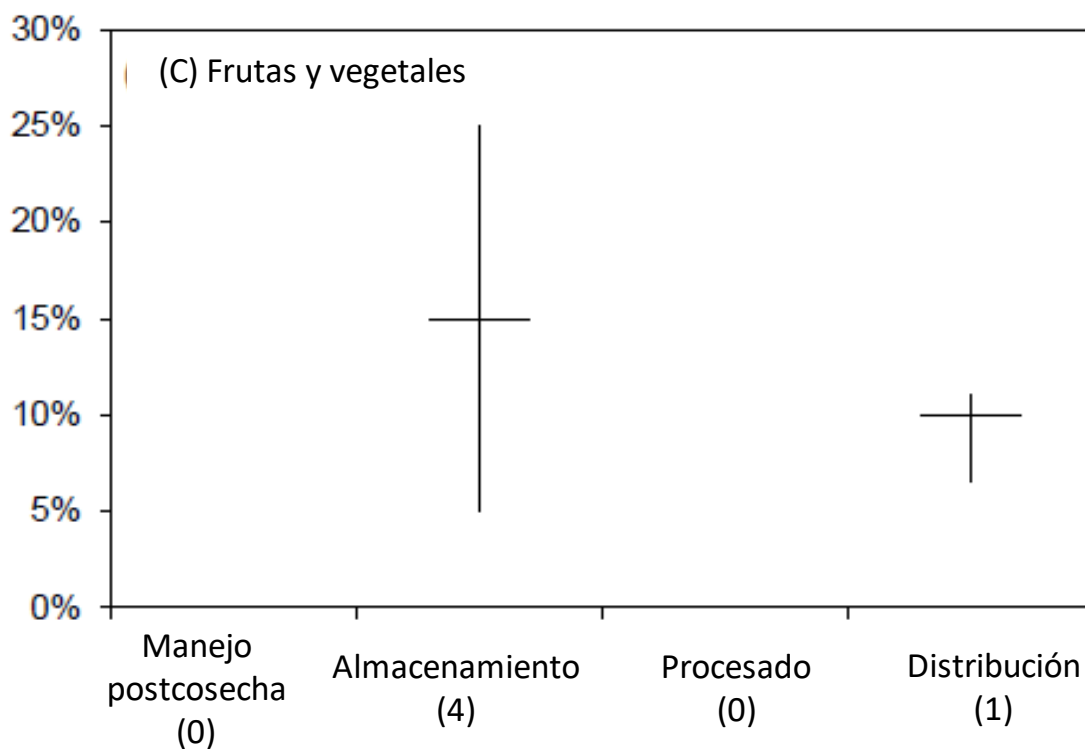
Gráfico 3.3: % de PDA de carnes en los cuatro subprocesos de la etapa de postcosecha en China



Fuente: Liu (2014).

El número entre paréntesis indica la cantidad de estudios de los cuales se recopilaron los datos.

Gráfico 3.4: % de PDA de frutas y vegetales en los cuatro subprocesos de la etapa de postcosecha en China



Fuente: Liu (2014).

El número entre paréntesis indica la cantidad de estudios de los cuales se recopilaron los datos.

Las estimaciones de Liu (2014) para el subproceso de almacenamiento están en concordancia con las estimaciones hecha por Zhang (2012) para el grupo de vegetales y frutas. Estas sugieren un rango para vegetales entre 15% y 20% y para frutas entre 10% y 15% de PDA. Los volúmenes totales estimados por Zhang (2012) son 100 y 14 millones de toneladas respectivamente en el año 2011. En este estudio también se estimaron las PDA para el grupo de patatas, el resultado fue un porcentaje de PDA entre el 15% y 20% equivalentes a 16 millones de toneladas en 2011.

3) Consumo

Referente al consumo Liu (2014) estimó que 28,3% de los alimentos de las cantinas universitarias en China se desperdicia. Por su parte, dos encuestas de campo a los servicios de catering y restaurantes, una en Beijing en 2005 y la otra en Lhasa en 2011 estimaron que el desperdicio en este sector es entre 11% y 17% (Liu, 2014). Este porcentaje es mayor al 10 % a nivel nacional estimado en Liu (2014) para este mismo sector. Sin embargo, estas comparaciones carecen de solidez debido a las diferentes definiciones de PDA que se utilizan en ambos estudios.

3.3 Revisión de trabajos anteriores de cuantificación del impacto ambiental de las PDA en China

En este epígrafe se revisarán estudios anteriores en los cuales se hizo una cuantificación del impacto ambiental de las PDA en China. Sin embargo, cabe mencionar que, al igual que en el caso de los estudios de las cuantificaciones de las PDA, estos son escasos y referentes a grupos de alimentos o etapas específicas de la cadena alimentaria. Además, existe escasa información estadística confiable de fuentes de datos oficiales del gobierno chino. Por lo anterior, igual que para las PDA, resulta difícil establecer comparaciones entre ellos. No obstante, sirven para tener una magnitud aproximada del problema del impacto ambiental de las PDA en China.

El cuadro 3.4 a continuación muestra un resumen de las principales características de los artículos revisados.

Cuadro 3.4: Resumen de los estudios revisados referentes a la cuantificación del impacto ambiental de las PDA en China y sus principales características.

Estudio	Fuente de datos	Detalle de productos	Etapas de la cadena alimentaria	Limitación geográfica
Liu et al. (2013)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	Grupo de productos	No diferencia por etapas de la cadena alimentaria	China global
Gao et al. (2013)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	Detalle de productos o grupo de productos	Solo para el catering.	Industrias de catering en algunas capitales provinciales de China
Ma et al. (2015)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	Detalle de productos o grupo de productos	Diferencia por etapas de la cadena alimentaria	Diferentes escalas geográficas.
Song, Li, Musoke Y Zhang (2015)	Recopilación de otros estudios y bases de datos del gobierno de China.	China Health and Nutrition Survey Database y DFEP database.	Solo en la etapa de consumo.	China global
Sun et al., (2018)	Chinese Statistical Year Book (2011); Mekonnen y Hoeksstra (2011); Sun et al., (2015)	Detalle de productos o grupo de productos	No diferencia por etapas de la cadena alimentaria	31 provincias de China

Fuente: Elaboración propia a partir de diversos estudios y artículos.

En dos de los artículos revisados se estimó el impacto ambiental a nivel nacional. En Liu et al., (2013) se estimó el impacto sobre el agua y la tierra que tienen las PDA para los granos, vegetales y frutas. Los resultados se muestran en la tabla 3.1 siguiente.

Tabla 3.1: Huella hídrica y de la tierra debido a las PDA de los granos, vegetales y frutas, año 2010.

Item	Granos	Vegetales	Fruta	Suma
Producción (mills. Tn)	497.7	539.6	122.3	1159.6
Rendimiento (Tn/ha.)	5.5	23.4	10.8	
Contenido virtual de agua (m ³ /kg)	1	0.19	0.5	
Proporción de agua azul				0.32
% PDA	0.19+-0.12	0.25+-0.05	0.25+-0.05	
Huella hídrica de la producción de alimentos (billones m ³)	497.7	102.5	61.2	661.4
Huella hídrica de las PDA (billones m ³)	94.6-59.7	25.65+-5.15	15.25+-3.05	135.0+-59.7
Huella hídrica azul de las PDA (billones m ³)				43.2+-19.1
Huella de la tierra (mills. de ha)	90.1	23.1	11.3	124.5
Huella de la tierra de las PDA (mills. de ha)	17.1+-10.8	5.75+-1.15	2.85+-0.55	25.7+-10.9

Fuente: Liu et al., (2013).

Los autores calcularon que la huella hídrica total debido a la producción de granos, frutas y vegetales fue de 660 billones de m^3 en 2010. De este volumen 135 (+60) billones de m^3 corresponden a la huella hídrica de las PDA, lo que equivale al 20% del total. Si se analiza la huella hídrica por grupo de alimento se tiene que las PDA de granos son las que mayor impacto generan, alrededor de $95 m^3$. Esto es debido a que de estos tres grupos de alimentos los granos son los que mayor consumo de agua necesita, aproximadamente $1 m^3$ de agua por cada kilogramo de grano producido. Los autores también señalan que del total de la huella hídrica 43 (+19) millones de m^3 corresponde a agua azul.

Respecto a la huella de la tierra, Liu et al., (2013) calcularon que, en el año 2010, en China, 124 millones de hectáreas de tierra arable fueron utilizadas para producir granos, frutas y vegetales. De ellas 26 (+11) millones de hectáreas correspondieron a tierra utilizada para producir PDA. También en este caso los granos fueron los que generaron mayor impacto.

En el mismo trabajo se señala que, aunque no hay estudios robustos respecto a la huella hídrica de los productos de origen animal, esta ascendería a 526 billones de m^3 en 2009. De este volumen entre 15,87 y 78,90 billones de m^3 corresponderían a la huella hídrica producida por las PDA de productos animales.

Por su parte, en Sun et al., (2018) se estimó que, en 2010 en China, la huella hídrica de nueve tipos de alimentos fue de 60.502 millones de m^3 . Los mayores productos que contribuyeron fueron cereales 46%, cerdo 17%, frutas 11% y vegetales 8%. Además, los autores estimaron la huella hídrica del agua gris que corresponde a 16.292 millones de m^3 en China continental en 2010. En el artículo también se calculó la huella de carbono que producen estos nueve grupos de alimentos, la cual es de 60,85 millones de toneladas de emisiones de carbono.

Por su parte, Song et al., (2015) midieron que, en la etapa de consumo, en promedio las PDA de una familia en China generan una huella de carbono de 148 kg. CO_2e y una huella hídrica de $66 m^3$ mientras que, a nivel per cápita, estos valores son de 40 kg CO_2e y $18 m^3$ respectivamente (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2: Huella de carbono y huella hídrica del consumo de comida y de las PDA en China, año 2015.

Grupo	Nombre de la variable de medición	Consumo de comida			PDA		
		Promedio	5%	95%	Promedio	5%	95%
Hogares	Huella de carbono (kg CO ₂ e)	3934	2799	5179	148	93	216
	Huella hídrica (m ³)	2436	2107	2771	66	54	79
	Huella ecológica (global m ²)	18006	16310	19893	633	534	749
Individuos	Huella de carbono (kg CO ₂ e)	1080	773	1414	40	25	58
	Huella hídrica (m ³)	673	582	768	18	14	21
	Huella ecológica (global m ²)	4956	4488	5482	173	147	205

Fuente: Song et al., (2015).

4. Aspectos metodológicos

En este capítulo se describirán las metodologías y bases de datos que se utilizaron para la cuantificación de las PDA y su impacto ambiental. El capítulo se divide en cuatro apartados. El primero, contiene la descripción de las metodologías que se revisaron para la cuantificación de las PDA, exponiendo también sus ventajas y desventajas. El segundo, contiene la exposición de algunas consideraciones metodológicas respecto a las bases de datos. El tercero, la descripción de las metodologías utilizadas en esta tesis para la cuantificación de las PDA y su impacto ambiental. Finalmente, en el cuarto, una descripción de las bases de datos utilizadas en esta tesis.

4.1 Descripción de metodologías para cuantificar las PDA. Ventajas y desventajas

Según el documento “Food Loss and Waste Protocol Accounting and Reporting Standard” elaborado por CGF et al., (2015) existen varios métodos para la cuantificación de las PDA que, básicamente, se pueden agrupar en tres conjuntos: mediciones, aproximaciones e inferencias por cálculo.

El *conjunto de mediciones* agrupa métodos donde la cuantificación de las PDA se realiza de manera directa a través de un instrumento, dispositivo o persona que cuenta las PDA en alguna unidad de medida.

El *conjunto de aproximaciones* agrupa métodos donde la cuantificación de las PDA no se hace de manera directa utilizando un instrumento o dispositivo, sino utilizando una medida aproximada. Un ejemplo de este tipo de métodos puede ser la escala visual de un granjero cuando contabiliza las PDA de grano en una bodega.

Finalmente, el *conjunto de inferencias* por cálculo agrupa métodos donde la cuantificación de las PDA es una estimación que se hace a través de cálculos directos, usando modelos o variables proxy. Estos métodos utilizan bases de datos para su ejecución. Es posible que estas bases de datos provengan de datos recopilados utilizando métodos del conjunto de mediciones o aproximaciones.

El tipo de método a utilizar dependerá de una serie de consideraciones referentes principalmente al objetivo del estudio, los recursos disponibles, aspectos prácticos y el nivel de precisión que se desea en la cuantificación. Así, si el objetivo del estudio es obtener una cuantificación de las PDA con información adicional como, por ejemplo, las causas de las PDA, es mejor utilizar métodos del conjunto de medición o aproximación. La razón es que con este tipo de métodos se puede obtener información suplementaria si se establece con anterioridad en el diseño del método. En contraste, con los métodos del conjunto de inferencias por cálculo no es posible expandir la información más allá del dato debido a que utilizan bases de datos previamente diseñadas, principalmente con otros propósitos.

Pese a la ventaja descrita anteriormente, los métodos del conjunto de medición o aproximación son más costosos en recursos y requieren el acceso directo a las PDA. Estas condiciones no son necesarias en el caso de los métodos del conjunto de inferencia por cálculo. Por tanto, para utilizar los métodos del conjunto de medición o aproximación es necesario considerar una serie de aspectos prácticos entre otros: el acceso a dispositivos electrónicos que permitan una medición objetiva de las PDA; espacios físicos donde se pueda realizar la medición de las PDA; presupuesto y recursos disponibles para realizar la medición, técnicas y maquinarias de desplazamiento de las PDA hasta el lugar de contabilización. Sin embargo, estos aspectos prácticos no son necesarios en los métodos del conjunto de inferencia por cálculo.

Finalmente, el nivel de precisión con el cual se desea cuantificar la PDA juega un papel importante a la hora de decidir qué método utilizar. Normalmente los métodos del conjunto de medición generan cuantificaciones más precisas que los métodos del conjunto de aproximación. Estos últimos, a su vez, son más precisos que los métodos de inferencia por cálculo. No obstante, lo anterior, los aspectos que afectan la precisión de la cuantificación de las PDA son muchos y serán discutidos cuando se detalle cada método en concreto.

El cuadro 4.1 muestra los diferentes métodos que existen dentro de cada conjunto.

Cuadro 4.1: Métodos de cuantificación de las PDA.

Conjunto	Método
Mediciones	<ul style="list-style-type: none"> • Pesaje directo • Contabilización directa • Evaluación de volumen • Análisis de composición de la pérdida y desperdicio
Aproximaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Diarios • Encuestas
Inferencias por cálculo	<ul style="list-style-type: none"> • Modelos • Proxy data • Balance de masa

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del Protocolo de pérdida y desperdicio de alimentos (2015).

A) Mediciones

A.1) Pesaje directo

En este método se debe realizar directamente el pesaje de la PDA a través de algún instrumento o dispositivo, por ejemplo, una balanza. Son dos las principales ventajas de que tiene. La primera, es la precisión si se realiza la cuantificación con un instrumento bien calibrado y utilizado correctamente. La segunda, es que no introduce sesgos de medición debido a la conversión de unidades de medida ya que realiza la cuantificación de las PDA directamente en alguna unidad de peso. Adicionalmente a estas dos ventajas se puede mencionar el bajo nivel de experiencia que se requiere para utilizar este método. Solo es necesario que las personas que realizarán la cuantificación estén capacitadas para la correcta utilización del dispositivo.

El elevado coste es la principal desventaja de este método. Para realizar un pesaje directo de las PDA es necesario comprar o alquilar los instrumentos o dispositivos con los que se hará la medición. Además, con frecuencia se requiere de un alto número de personas que realicen este proceso. También es recurrente que las PDA de un producto se encuentren situadas en distintas localizaciones físicas lo que genera costes adicionales de traslado de los instrumentos de medición. Otras importantes desventajas se derivan de los aspectos prácticos a considerar cuando se aplica este método. Entre estos aspectos prácticos se encuentran seleccionar adecuadamente el instrumento o dispositivo de medición, si este será manual o electrónico, el tamaño, facilidades de desplazamiento y precio del instrumento, etc. También se hace necesario determinar la unidad de medida, elegir si se realizará un pesaje directo de toda la población de PDA o solo de una muestra,

para luego escalar la muestra a la población total con los sesgos que introduce este tipo de procedimientos.

A.2.) Contabilización directa

Este método consiste en contar las unidades físicas que generan las PDA para luego hacer la conversión a una unidad de peso. Este método se puede utilizar desde tres enfoques diferentes, a saber, conteo básico, escaneo y escalas visuales.

El *conteo básico* consiste en contar las unidades físicas idénticas que generan las PDA y multiplicarlas por el volumen de una unidad. Si el volumen de la unidad es desconocido se debe calcular un volumen promedio para ese tipo de unidad física. Por ejemplo, si en una bodega hay 100 latas de aceitunas de 500 gramos cada una que están destinadas a PDA, entonces el total de pérdida y desperdicio de aceitunas será de 50 kg. Si el contenido de las latas no se conoce se debe realizar un pesaje directo de una lata o calcular un promedio entre una muestra de latas.

El *escaneo* consiste en utilizar un dispositivo de lectura impresa o digital de códigos de barras para contar las unidades de PDA. Luego multiplicarlas por el peso de una unidad para obtener las PDA medidas en una unidad de peso. Con frecuencia estos dispositivos de lectura de códigos de barra están asociados a bases de datos externas que realizan la conversión a unidades de peso de manera automática.

El *enfoque de las escalas visuales* consiste en diseñar una serie de imágenes a las que se les asocia un porcentaje (%) de PDA para luego proceder a realizar un conteo de los lotes que pertenecen a cada imagen de la escala visual. Por ejemplo, se tienen tres imágenes, donde la primera representa un 5% de PDA, la segunda un 15% de PDA y la tercera un 30% de PDA. Luego se contabilizan seis lotes de maíz de 1000 kg cada uno en función de estas imágenes y resulta que tres lotes fueron categorizados en la imagen 1, dos lotes en la imagen 2 y un lote en la imagen 3. Entonces el resultado final será que la pérdida y desperdicio de maíz es de 750 kg en total.

Las dos principales ventajas de este método son su bajo coste y su grado de precisión. Sin embargo, el bajo coste está sujeto a que no se deban adquirir dispositivos

de lectura de códigos de barras de un alto precio. De todas maneras, al utilizar este método con el enfoque de escaneo se puede añadir la ventaja de que un lector de barras puede recolectar información adicional del producto, como su precio, marca, categoría de alimento, etc.

Una desventaja importante de este método es que se torna poco práctico cuando las unidades físicas a contar varían mucho de tamaño y volumen o se encuentran mezcladas con unidades físicas de otros productos.

A.3.) Evaluación de volumen

Este método consiste en medir de manera precisa o aproximada el volumen ocupado por las unidades físicas de PDA para luego transformarlas a unidades de peso. Es especialmente utilizado para la cuantificación de pérdida y desperdicio de líquidos, aunque también es utilizado con frecuencia para alimentos sólidos.

Para realizar una evaluación por volumen se pueden utilizar cinco enfoques distintos. El primero, se llama *lectura de contenedores pre-calibrados* que consiste en utilizar como medida de PDA el volumen de un contenedor que ha sido medido y pesado con anterioridad. El segundo, conocido como *medición de dimensiones* que consiste en calcular el volumen de una unidad física de alimentos a partir de sus mediciones utilizando formulas geométrico-matemáticas. El tercer enfoque es el *desplazamiento de agua* que consiste en sumergir las unidades físicas de PDA dentro de un volumen de agua conocido. Luego dependiendo del desplazamiento del agua proceder a calcular el volumen de las PDA. Este enfoque es utilizado principalmente para calcular el volumen de PDA de alimentos que tienen una forma irregular por lo que es difícil calcular directamente su volumen. El cuarto enfoque denominado *evaluación visual* que consiste en estimar visualmente que proporción de una unidad de alimentos es PDA. Por ejemplo, estimar visualmente si la mitad, un cuarto o un tercio, etc. de un contenedor es PDA. Finalmente, el quinto enfoque consiste en *medir el volumen total de líquido* que pasa por un medidor de flujos y a partir de esta información estimar que parte es PDA.

La evaluación por volumen presenta ventajas prácticas y bajos costes cuando se requiere cuantificar las PDA que se encuentran en grandes formatos como contenedores

o bodegas. Por su parte, la principal desventaja que tiene es la introducción de sesgos e imprecisiones en la cuantificación de las PDA al utilizar factores de densidad para convertir las unidades volumétricas a unidades de peso.

A.4.) Análisis de composición de la pérdida y desperdicio

Este método consiste en separar físicamente, pesar y categorizar las PDA de los alimentos que no lo son. A su vez, sirve para hacer categorizaciones específicas dentro del conjunto de PDA. Por ejemplo, separar las PDA que al inicio eran alimentos comestibles y las PDA que eran partes no comestibles, como las cáscaras en el caso de las piñas.

La principal ventaja que ofrece este método es la posibilidad de recolectar información muy detallada de las PDA. La razón es que se pueden hacer categorizaciones de alimentos tan específicas como se desee. Por ejemplo, separar las PDA según la causa que las genera, la marca, el tipo de alimento, el proveedor, etc. Otra ventaja importante es la posibilidad de usar este método como input de otros métodos. Es decir, se pueden calcular las PDA de una muestra con este método obteniendo de manera precisa el porcentaje de PDA de cada categoría para luego utilizar estos porcentajes como factores de una población mayor de PDA.

La principal desventaja de este método es su elevado coste ya que se requieren muchos recursos para su implementación. Otras desventajas relacionadas a aspectos prácticos son las complejidades logísticas, no se puede aplicar a algunos tipos de PDA - por ejemplo, pérdida y desperdicio de líquidos que son desechados a través del alcantarillado-, dependencia del clima si las PDA están a la intemperie, solo se puede aplicar a muestras pequeñas debido a su elevado coste, etc.

B) Aproximaciones

B.1.) Diarios

Este método consiste en el registro diario de la PDA por parte de una persona o un grupo de personas. Para realizar el registro de las PDA se pueden utilizar una serie de

mecanismos distintos -incluso algunos que han sido explicados anteriormente-, por ejemplo, pesaje directo, evaluación visual, jarros o cucharas para calcular el peso aproximado o el conteo directo de las unidades físicas que generan las PDA.

La principal ventaja de este método es que el registro de las PDA se hace en tiempo real. Por lo tanto, resulta sencillo recabar información cualitativa adicional, como por ejemplo las causas que generan las PDA. Asimismo, los diarios proporcionan una precisión mayor de la información ya que se puede contabilizar PDA que no es recolectada en los sistemas de PDA convencionales. Por ejemplo, las PDA que se depositan en los sistemas de alcantarillado, que se utilizan para alimentar animales domésticos o salvajes, que se utilizan como compost en los hogares, etc.

Una de las principales desventajas de este método es la subestimación de la cuantificación de las PDA. Con frecuencia las personas encargadas de registrar en los diarios tienden a registrar cantidades inferiores a las realmente desperdiciadas debido a que las PDA son consideradas como una práctica social indeseable. Otra razón para la subestimación es que cuando el volumen a registrar es alto el trabajo de registro se torna fatigoso y monótono, por lo que existen incentivos a que los registradores aproximen la PDA sin hacer un registro preciso. Finalmente, debido al alto coste en tiempo y personal que requiere este método, en la práctica es factible utilizarlo solo para hacer registros por un corto periodo de tiempo. Lo anterior provoca que no se capturen cambios en el comportamiento de las PDA en el largo plazo.

B.2.) Encuestas

Las encuestas aplicadas a la cuantificación de las PDA se pueden diseñar desde tres enfoques diferentes. El primero es solicitar a los encuestados que entreguen información de las PDA que ellos mismos hayan medido o aproximado. El segundo es solicitarles que entreguen información cuantitativa y cualitativa sobre el proceso en el que se producen las PDA y, a partir de esta información realizar estimaciones de las PDA. El tercer enfoque es solicitar a los encuestados que contesten acerca de sus percepciones del tipo y cantidad de PDA.

La primera ventaja que tiene este método es que el coste y tiempo para su implementación es reducido en comparación con otros métodos. Una segunda ventaja es que los encuestados sienten un mayor compromiso de participación que cuando solo deben medir las PDA. Lo anterior debido a que también se les suele preguntar por sus opiniones y pensamientos. Finalmente, una tercera ventaja es que a través de las encuestas es relativamente fácil solicitar y recopilar información adicional referente a las PDA.

Como en todo método donde se utilizan encuestas se tiene que una desventaja importante es la confiabilidad de las respuestas. Esta desventaja puede ser más pronunciada en el caso de encuestas relacionadas con las PDA debido a que no todas las personas tienen el mismo concepto o entienden claramente lo que se considera como PDA. Además, como las PDA son consideradas socialmente como un comportamiento indeseable, se introduce un incentivo a que los encuestados contesten subestimando las PDA que producen. Además, las encuestas por lo general son individuales por lo que se introducen sesgos al asumir que un encuestado conoce las PDA de todo el proceso. Por ejemplo, si se realiza la encuesta a un miembro de una familia para preguntar por la cantidad de PDA que se producen en el hogar, ese miembro en específico no tiene por qué conocer la cantidad de PDA que generan el resto de los integrantes. Un caso análogo se puede dar en una empresa donde se pregunta a un trabajador sobre la cantidad de PDA del proceso, cuando es altamente probable que él solo conozca las PDA de la parte del proceso donde él está involucrado. Es por esta razón que la utilización de este método en la cuantificación de las PDA debe ir acompañado de un riguroso y cuidadoso diseño de las encuestas.

C) Inferencias por cálculo²³

C.1.) Modelos

Un modelo es una representación simplificada de la realidad que se construye describiendo relaciones causales entre variables. Recurrentemente estas relaciones causales son representadas con un lenguaje matemático para permitir operaciones lógico-

²³ El método de balance de masas que pertenece a esta categoría se explicará en detalle en el epígrafe 4.3.1 puesto que es el método utilizado en esta tesis para estimar las PDA.

matemáticas. De esta manera, los modelos para cuantificar las PDA utilizan las relaciones causales entre la agricultura, el clima, los flujos de agua, entre otras.

La principal ventaja de este método es su bajo coste, sobre todo en comparación con los métodos de medición o aproximación. Además, es un método muy rápido de implementar si se utilizan modelos que ya han sido diseñados con anterioridad.

En contraposición con lo anterior, la principal desventaja es el elevado riesgo de hacer estimaciones inexactas debido a fallas en el diseño del modelo, supuestos que difieren de la realidad o a la falta de confiabilidad de los datos.

C.2.) Proxy data

Este método consiste en estimar las PDA utilizando datos que han sido diseñados previamente, pero con un propósito distinto. Cuando se utiliza *proxy data* es posible utilizar datos más antiguos para estimar las PDA de años más recientes. A su vez, es posible utilizar como proxy data, datos de países vecinos para estimar las PDA de un país específico.

La principal ventaja de este método es su bajo coste en comparación con los métodos de medición o aproximación. Mientras que su principal desventaja es su inexactitud debido a la cantidad de supuestos que es necesario utilizar.

4.2 Consideraciones metodológicas respecto a las bases de datos de las PDA

En esta sección se describirán una serie de pasos metodológicos referentes a las bases de datos recomendados por el “Food waste quantification manual to monitor food waste amounts and progression” (Tostivint et al., 2016). Estos pasos fueron seguidos para realizar la cuantificación de las PDA en esta tesis siendo éstos:

1. **Definición del objetivo y alcance del estudio** que se realizará. En este caso concreto como se ha expuesto antes, el objetivo es realizar una cuantificación de las PDA a nivel mundial y en China, por etapa de la cadena alimentaria, por grupo de alimento y considerando el nivel de SA.

2. **Identificación de la información** que se adapta mejor al objetivo y alcance del estudio. En este sentido, los datos sobre PDA pueden tomar dos formas distintas, a saber, estimaciones de PDA existentes o datos sin procesar. Los primeros tipos de datos hacen referencia a estimaciones de PDA hechas en estudios anteriores o datos recolectados previamente. Los segundos hacen referencia a datos sin procesar que no fueron recolectados con el propósito de estimar las PDA pero que se puede utilizar para esto²⁴. Con frecuencia trabajar con este último tipo de datos requiere menos recursos.

3. **Búsqueda de información.** Dependiendo de la forma de los datos que se quieren utilizar, se sugiere recurrir a tres tipos de fuentes distintas para encontrar la información disponible. La primera es la literatura académica y gris que contiene datos de PDA de estudios previos. La segunda es la información sin procesar de organismos gubernamentales, no gubernamentales e internacionales que trabajan en este tema. Finalmente, está la información recolectada por empresas del sector de alimentos o relacionados con este.

4. **Revisión de la información recolectada.** En este punto se debe estudiar cuidadosamente como ésta fue generada y el significado de las variables y parámetros. Algunos puntos importantes a considerar cuando se trabaja con datos sobre alimentos se explican en el cuadro 4.2 a continuación.

Cuadro 4.2: Conceptos a considerar para trabajar con datos sobre PDA.

Dimensión	Concepto	Definición
Alcance	Marco de tiempo (años)	Verificar el año de recolección de la información. Luego evaluar si el año de ésta sirve para los objetivos y alcances buscados. En caso que no se adapte bien verificar si hay opciones de actualizar la misma para adaptarla al objetivo del estudio.
	Marco de tiempo (Estaciones)	Verificar en que estación la información fue recolectada o si fue recolectada para el año completo. En caso de que haya sido recolectada para una estación específica revisar si puede ser ampliada para el año.
	Tipo de material	Verificar si la información considera todo el conjunto de PDA o establece la diferencia entre las partes comestibles y no comestibles.

²⁴ Cabe mencionar que no existe una línea claramente definida que diferencie estos dos tipos de datos. En ocasiones es posible encontrar información procesada pero recolectada con otro propósito que el de estimar las PDA. A su vez, también es posible encontrar datos recolectados con el propósito de estimar PDA, pero sin procesar. De todas maneras, establecer esta diferencia metodológica es útil a la hora de ordenar una estimación de las PDA.

	Destinación	Verificar si los datos consideran el destino de las PDA. Por ejemplo, composting, bioenergía, incineración, vertederos, etc.
	Categoría de alimentos	Verificar cuales son las categorías de alimentos en los cuales están divididos los datos y si esta considera los líquidos.
	Etapas de la cadena de alimentaria	Verificar si la información diferencia por etapa de la cadena alimentaria.
	Embalaje	Verificar si la información considera el embalaje como parte de las PDA.
	Otros materiales orgánicos	Verificar si la información considera otros materiales orgánicos como parte de las PDA.
Confiabilidad	Método de cuantificación	Verificar como la información fue recolectada o estimada. Que método se utilizó y la confiabilidad de este respecto de los sesgos introducidos.
	Procedimientos de muestreo	Verificar si se utilizaron métodos de muestreo para la recolección o estimación de la información. ¿Cómo se utilizó este método? ¿es un muestreo aleatorio?, etc.
	Factor de escalamiento	Si la información se escaló para obtener la estimación verificar que el factor de escalamiento es confiable. En este sentido se sugiere que el factor de escalamiento tenga una fuerte correlación con las PDA.
	Estratificación y ponderación	Si la información se escaló utilizando métodos de estratificación o ponderación verificar que estos sean representaciones cercanas o fieles de la estructura de la industria, grupo alimenticio o cualquier otra categoría que se haya utilizado para este procedimiento.
	Incertidumbre general de las estimaciones	Verificar los niveles de incertidumbre propios de uso de métodos de estimación, por ejemplo, errores de muestreo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Tostivint et al., (2016).

Existen otras recomendaciones metodológicas hechas en Tostivint et al., (2016) referentes a los datos específicos para la estimación de las PDA de cada etapa de la cadena alimentaria. Estas se resumen en el cuadro 4.3 a continuación.

Cuadro 4.3: Recomendaciones metodológicas para la recolección de datos por etapa de la cadena alimentaria.

Etapas de la cadena alimentaria	Recomendación metodológica
Producción agrícola y manejo postcosecha y almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Con frecuencia la información referente a PDA en esta etapa se encuentra en estudios económicos, operacionales o de energía que no fueron diseñados para estimar específicamente las PDA. Por esto normalmente la nomenclatura es distinta, por ejemplo, “pérdidas de productos”, “productos dañados”, etc. • Debido a la carencia de información de PDA en esta etapa específica, se sugiere consultar directamente la que se encuentra sin procesar y sin publicar de agricultores, cooperativas o empresas agrícolas o ganaderas, u otras entidades involucradas directamente en esta etapa del proceso.

	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere consultar la información de las empresas que realizan el tratamiento de las PDA. Por ejemplo, plantas de biogás, vertederos, etc. • Si se utilizan procedimientos de muestreo en esta etapa se sugiere considerar cuidadosamente al hacer el escalamiento las diferencias entre las características de los productores primarios de alimentos. En esta etapa las características entre productores y sus datos pueden presentar una alta variabilidad, por ejemplo, el tamaño del productor, la cantidad producida, si es orgánico o no, etc.
Procesamiento y envasado	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere para esta etapa calcular factores de PDA por grupo alimentario de las principales empresas del sector para luego aplicarlos al conjunto de producción de la industria.
Distribución	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere contactar directamente con los principales <i>minoristas</i> o con los organismos gubernamentales que los regulan para conseguir datos de las PDA o información con la que se puedan estimar. • Se sugiere revisar si los datos son representativos de la estructura de la industria de los <i>minoristas</i> y empresas de distribución. • Se sugiere revisar si los datos están diferenciados por PDA comestible, no comestible y embalaje. Con frecuencia en la etapa de distribución el embalaje juega un papel importante en los alimentos y estos son descartados por daños en este y no porque el alimento se encuentre en mal estado.
Consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Se sugiere revisar los datos de las empresas de reciclado que entregan servicios a hogares para hacer estimaciones de PDA. • Se sugiere hacer un análisis de composición del desperdicio debido a que las PDA que se producen a nivel de consumo con frecuencia no identifican si son partes comestibles, no comestibles o embalaje. Sin embargo, este tipo de análisis recurrentemente no es posible de ser realizado en la práctica. • Se sugiere revisar los métodos de recolección de los datos debido a que al nivel de consumo las personas tienden a sub-informar la cantidad de PDA por considerarlas un comportamiento no deseable. • Si se utilizan métodos de escalamiento se sugiere revisar cuidadosamente los factores de escalamiento, por ejemplo, la cantidad de personas que habitan en el hogar, la edad de los miembros, sus preferencias alimentarias, etc.

Fuente: Elaboración propia a partir de Tostivint et al., (2016).

4.3 Descripción de las metodologías utilizadas

En esta sección se describirá en detalle el método de balance de masas que pertenece al conjunto de métodos de inferencia por cálculo, ya que fue el método utilizado para realizar la estimación de las PDA en esta investigación. Luego se describirá la metodología utilizada para calcular el impacto ambiental de las PDA.

4.3.1 Descripción de las metodologías para cuantificar las PDA

El método de balance de masas consiste en inferir la cantidad de PDA a través de la diferencia entre los inputs y outputs de alimentos de un proceso, sus variaciones en las existencias y sus cambios de peso durante el proceso. Por ejemplo, si una familia compra 10 kg de manzanas (input), consume 6 kg (output) y en las existencias tiene 3 kg, entonces la diferencia es de 1 kg. Esta diferencia de 1 kg se puede atribuir a PDA.

Este método presenta varias ventajas. Una es que puede ser aplicado tanto a alimentos en estado sólido como líquido, en diferentes etapas de la cadena alimentaria o a distinto nivel, por ejemplo, a nivel nacional o en una empresa específica. Otra es que existen procedimientos establecidos y software de variación y control de existencias que se pueden utilizar para su implementación (Tostivint et al., 2016). Además, con frecuencia la información que se requiere para su uso está disponible y es de fácil acceso. Como por ejemplo estadísticas nacionales, registros de compras, registro de variación de existencias, etc.

Las principales desventajas de este método son las mismas que se tienen al trabajar con bases de datos. Con frecuencia es necesario juntar información de distintas fuentes y realizar conversiones para homogeneizarlas lo que introduce sesgos. Por otro lado, es recurrente que en las bases de datos se encuentren valores extremos o datos en blanco que distorsionan los resultados. Es muy común que en el caso específico de los datos referentes a PDA el dato esté en una unidad monetaria, por lo que es necesario convertirlo a unidades de peso lo que también introduce sesgos en la estimación.

Además, las diferencias de existencias no solamente ocurren por PDA, sino que también por otras razones. Siguiendo con el ejemplo anterior, la diferencia de 1 kg de manzanas no necesariamente puede atribuirse a PDA, también puede atribuirse a un error de envío, de contabilización de existencias o incluso a un hurto.

Pese a sus desventajas en esta investigación se ha elegido este método debido a las siguientes razones:

1. El alcance de la cuantificación de las PDA que se desea es a nivel mundial. Es decir, se desea cuantificar las PDA en cada país para los que existen datos disponibles para luego hacer comparaciones entre ellos.
2. Se desea cuantificar las PDA de todo el proceso de la cadena alimentaria, desde la etapa de producción agrícola hasta la etapa de consumo.
3. Se desea cuantificar las PDA para un amplio grupo de productos alimenticios.
4. El coste de aplicar este método principalmente depende del tiempo y trabajo del investigador y no de recursos externos.
5. Se considera que las principales desventajas del método que tienen relación con el trabajo con bases de datos son susceptibles de ser superadas utilizando técnicas estadístico-económicas.
6. Con el fin de corroborar la consistencia de los resultados, se pueden realizar comparaciones con cuantificaciones de PDA realizadas con otros métodos a escalas menores, como por ejemplo para un país o un grupo determinado de alimentos.
7. Debido a los objetivos de alcance y recursos disponibles resulta imposible utilizar los métodos de medición y aproximación.

Según el documento “Food Loss and Waste Protocol Accounting and Reporting Standard” elaborado por CGF et al., (2015) los pasos a seguir para utilizar este método son: definir el alcance del estudio, identificar y obtener la información disponible, identificar y corregir los problemas con los datos, verificar la estandarización de las variables, diseñar la estructura y fórmulas del método de balance de masas.

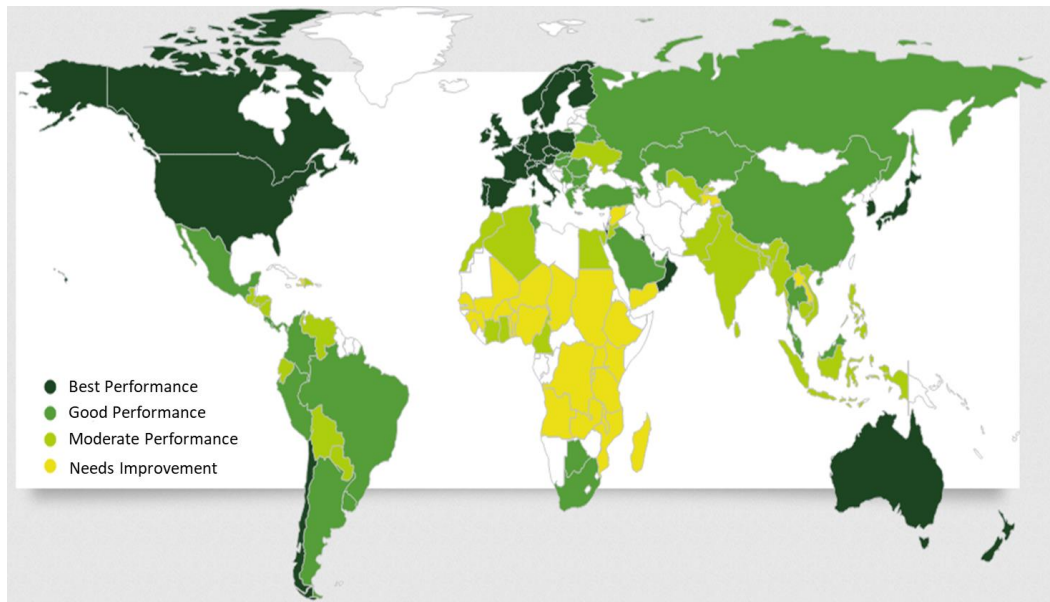
1. Objetivo y alcance del estudio

El objetivo de esta investigación es cuantificar las PDA para, posteriormente, con estos resultados determinar sus implicancias en la SA y el medio ambiente. Por su parte, el alcance se puede separar en tres dimensiones distintas: geográfica, grupo de alimentos y etapa del proceso de la cadena alimentaria.

En la *dimensión geográfica* se realizó una estimación de las PDA a nivel mundial y, posteriormente, para el caso específico de China. Para esto se hicieron dos formas de agrupación diferentes. La primera, es una agrupación por países tomando como referencia el índice de seguridad alimentaria creado por The Intelligence Economist Unit y DuPont.

De esta manera, se formaron seis grupos de países: “Muy débil”, “Débil”, “Moderado”, “Bueno” y “Muy bueno”. Puesto que el indicador de diciembre de 2019 solo fue calculado para 113 países, el resto de países se clasificaron dentro de la categoría “Sin Índice EUI/DuPont”. La figura 4.1, la tabla 4.1 y el cuadro 4.4 muestran el detalle de esta clasificación.

Figura 4.12: Mapa mundial con la clasificación de países por nivel de SA.



Fuente: The Economist Intelligence Unit (2019).

Tabla 2.1: Listado de países según índice de SA elaborado por The Economist Intelligence Unit y DuPont, diciembre del año 2019.

Muy bueno puntaje 100-80		Bueno puntaje 79.9-60		Moderado puntaje 59.9-40		Débil 39.9-20	
Singapur	87.4	Reino Unido	79.1	Algeria	59.8	Sierra Leona	39.0
Irlanda	84.0	Israel	79.0	Uzbekistan	59.0	Siria	38.4
Estados Unidos	83.7	Nueva Zelanda	78.8	India	58.9	Madagascar	37.9
Suiza	83.1	Portugal	77.8	Honduras	58.0	Chad	36.9
Finlandia	82.9	Japón	76.5	Paraguay	57.9	Congo	35.7
Noruega	82.9	Emiratos Árabes Unidos	76.5	Bolivia	57.7	Yemen	35.6
Suecia	82.7	Italia	75.8	Ucrania	57.1	Burundi	34.3
Canadá	82.4	Polonia	75.6	Myanmar	57.0	Venezuela	31.2
Países Bajos	82.0	Chile	75.5	Pakistan	56.8		
Austria	81.7	España	75.5	Nepal	56.4		
Alemania	81.5	Kuwait	74.8	Mali	54.4		
Australia	81.4	Malasia	73.8	Senegal	54.3		
Qatar	81.2	República de Corea	73.6	Nicaragua	54.2		
Dinamarca	81.0	Arabia Saudi	73.5	Bangladesh	53.2		
Bélgica	80.7	Grecia	73.4	Costa de Marfil	52.3		
Francia	80.4	República Checa	73.1	Benin	51.0		
		Uruguay	72.8	Kenia	50.7		
		Hungría	72.7	Burkina Faso	50.1		
		China	71.0	Camerún	49.9		
		Bielorusia	70.9	Niger	49.6		
		Argentina	70.8	Cambodia	49.4		
		Rumania	70.2	Etiopía	49.2		
		Brasil	70.1	Laos	49.1		
		Costa Rica	70.1	Tajikistan	49.0		
		Turquía	69.8	Nigeria	48.4		
		Rusia	69.7	Ruanda	48.2		
		Colombia	69.4	Tanzania	47.6		
		México	69.4	Guinea	46.7		
		Panamá	68.8	Uganda	46.2		
		Oman	68.4	Sudan	45.7		
		Eslovaquia	68.3	Angola	45.5		
		Kazajistán	67.3	Zambia	44.4		
		Sudafrica	67.3	Togo	44.0		
		Bahrain	66.6	Haiti	43.3		
		Bulgaria	66.2	Malawi	42.5		
		Tailandia	65.1	Mozambique	41.4		
		Azerbaijan	64.8				
		Vietnam	64.6				
		Egipto	64.5				
		República Dominicana	64.2				
		Botswana	63.8				
		Perú	63.3				
		Gana	62.8				
		Marruecos	62.8				
		Serbia	62.8				
		Indonesia	62.6				
		Ecuador	61.8				
		Jordania	61.0				
		Filipinas	61.0				
		Sri Lanka	60.8				
		El Salvador	60.7				
		Guatemala	60.6				
		Túnez	60.1				

Fuente: The Economist Intelligence Unit (2019).

Cuadro 4.4: Listado de países con la categoría “Sin Índice EUI/Dupont”.

Sin Índice EUI/Dupont			
Afganistán	Corea del Norte	Kiribati	Macedonia del Norte
Albania	Djibouti	Kirguizistán	República de Moldova
Antigua y Barbuda	Dominica	Letonia	San Cristóbal y Nieves
Armenia	Estonia	Líbano	Santa Lucía
Bahamas	Eswatini	Lesotho	San Vicente y las Granadinas
Barbados	Fiji	Liberia	Samoa
Belice	Polinesia Francesa	Lituania	Santo Tomé y Príncipe
Bermudas	Gabón	Luxemburgo	Eslovenia
Bosnia-Herzegovina	Gambia	Maldivas	Islas Salomón
Brunei Darussalam	Georgia	Malta	Sudán (antiguo)
Cabo Verde	Granada	Mauritania	Suriname
República Centroafricana	Guinea-Bissau	Mauricio	Timor-Leste
China, Hong Kong SAR	Guyana	Mongolia	Trinidad y Tobago
China, Macao SAR	Islandia	Montenegro	Turkmenistán
China, Taiwán de	Irán	Namibia	República Unida de Tanzania
Croacia	Irak	Antillas Neerlandesas (antigua)	Vanuatu
Cuba	Jamaica	Nueva Caledonia	Zimbabue
Chipre			

Fuente: Elaboración propia.

La segunda agrupación se hizo por área geográfica según la categorización de FAO (2012). Se obtuvieron las siguientes categorías (los cuadros 4.5 al 4.11 muestran los países pertenecientes a cada grupo):

- África del norte, Asia Occidental y Central
- África Subsahariana
- América del Norte y Oceanía
- América Latina
- Asia Industrializada
- Asia Meridional y Suroriental
- Europa

Cuadro 4.5: Listado de países por área geográfica: África del Norte, Asia Occidental y Central.

África del Norte, Asia Occidental y Central		
Argelia	Kirguizistán	Tayikistán
Egipto	Líbano	Túnez
Emiratos Arabes Unidos	Libia	Turquía
Irak	Mongolia	Turkmenistán
Israel	Marruecos	Uzbekistán
Jordania	Omán	Yemen
Kazajstán	República Árabe Siria	Mauritania
Kuwait	Arabia Saudí	Sudán

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.6: Listado de países por área geográfica: África Subsahariana.

África Subsahariana		
Angola	Guinea-Bissau	Senegal
Benin	Kenia	Sierra Leona
Botswana	Lesotho	Somalia
Burkina Faso	Liberia	Sudáfrica
Burundi	Malawi	Sudán (antiguo)
Costa de Marfil	Malí	Swazilandia
Camerún	Mauricio	Togo
Chad	Mozambique	Uganda
Congo	Namibia	Zambia
Eritrea	Níger	Zimbabue
Etiopía	Nigeria	Cabo Verde
Gabón	República Centroafricana	Djibouti
Gambia	República Unida de Tanzania	Madagascar
Ghana	Rwanda	Santo Tomé y Príncipe
Guinea		República Unida de Tanzania

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.7: Listado de países por área geográfica: América del Norte y Oceanía.

América del Norte y Oceanía		
Australia	Estados Unidos	Fiji
Canadá	Bahamas	Polinesia Francesa
Nueva Zelanda	Bermuda	Nueva Caledonia

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.8: Listado de países por área geográfica: América Latina.

América Latina		
Argentina	Guatemala	Uruguay
Belice	Guyana	Venezuela (República Bolivariana de)
Bolivia (Estado Plurinacional de)	Haití	Antigua y Barbuda
Brasil	Honduras	Barbados
Chile	Jamaica	Dominica
Colombia	México	Granada
Costa Rica	Nicaragua	Antillas Neerlandesas (antigua)
Cuba	Panamá	San Cristóbal y Nieves
República Dominicana	Paraguay	Santa Lucía
Ecuador	Perú	San Vicente y las Granadinas
El Salvador	Suriname	Trinidad y Tobago

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.9: Listado de países por área geográfica: Asia Industrializada.

Asia Industrializada		
China Continental	Japón	China, Macao SAR
República de Corea	China, Hong Kong SAR	China, Provincia de Taiwán de

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.10: Listado de países por área geográfica: Asia Meridional y Suroriental.

Asia meridional y suroriental		
Afganistán	Malasia	Brunei Darussalam
Bangladesh	Myanmar	Kiribati
Bhután	Nepal	Maldivas
Camboya	Pakistán	Samoa
India	Filipinas	Islas Salomón
Indonesia	Sri Lanka	Timor-Leste
Irán (República Islámica del)	Tailandia	Vanuatu
República Democrática Popular Lao	Vietnam	República Popular Democrática de Corea

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 4.11: Listado de países por área geográfica: Europa.

Europa		
Albania	Francia	Polonia
Armenia	Georgia	Portugal
Austria	Alemania	República de Moldova
Azerbaiyán	Grecia	Chequia
Bielorrusia	Hungría	Rumania
Bélgica	Islandia	Serbia
Bosnia-Herzegovina	Irlanda	Eslovaquia
Bulgaria	Italia	Eslovenia
Chipre	Letonia	España
Croacia	Lituania	Suecia
Dinamarca	Luxemburgo	Suiza
Estonia	La ex República Yugoslava de Macedonia	Ucrania
Federación de Rusia	Montenegro	Reino Unido
Finlandia	Países Bajos	Malta
	Noruega	

Fuente: Elaboración propia.

Respecto de los alimentos estos se agruparon en siete categorías de *productos* que, a su vez, se componen de veintiuna categorías de *subproductos*. El cuadro 4.12 a continuación muestra el detalle de estas categorías.

Cuadro 4.12: Categorías de productos y subproductos de alimentos.

Categorías	Producto	N° de subproducto	Subproducto	
1	Cereales	C1-1	Centeno y sus derivados	
			Trigo y sus derivados	
		C1-2	Cebada y sus derivados	
			Otros cereales	
			Avena	
		C1-3	Maíz y sus derivados	
		C1-4	Arroz	
		C1-5	Mijo y sus derivados	
Sorgo y sus derivados				
2	Raíces y tubérculos	C2-1	Yuca y sus derivados	
			Patatas y sus derivados	
			Otras raíces	
			Patatas dulces	
			Ñames	
3	Oleaginosas y legumbres	C3-1	Cocos - Incluido Copra	
			Nueces y sus derivados	
			Semilla	
			Cacahuetes)	
			Otras oleaginosas	
			Aceitunas (incluidas las conservadas)	
			Granos de palma	
			Mostaza	
			Semillas de sésamo	
			Soja	
		Semilla de girasol		
		C3-2	Frijoles	
			Guisantes	
			Otras legumbres y sus derivados	
			4	Frutas y vegetales
C4-2	Plátanos			
C4-3	Otros cítricos			
	Limones, limas y sus derivados			
	Naranjas y Mandarinas			
C4-4	Pomelo y sus derivados			
	Uvas y derivados (excluido vino)			
C4-5	Piñas y derivados			
	Otras frutas			
	Dátiles			
C4-6	Cebollas			
	Tomates y sus derivados			
	Otros vegetales			
5	Carnes	C5-1	Carne bovina	
		C5-2	Otras carnes	
			Carnes de cordero y cabra	

		C5-3	Cerdo
		C5-4	Carne de aves de corral
6	Pescados y mariscos	C6-1	Cefalópodos
			Crustáceos
			Pescado Demersal
			Pescado de agua dulce
			Otros pescados
			Otros moluscos
			Pescado pelágico
7	Productos Lácteos	C7-1	Huevos
		C7-2	Leche – Excluida
			Mantequilla

Fuente: Elaboración propia a partir de clasificación hecha en FAO (2013b).

Finalmente, se dividió el *proceso de la cadena alimentaria en cinco etapas* donde es posible que se produzcan las PDA: producción agrícola, manejo postcosecha y almacenamiento, procesamiento y envasado, distribución y consumo.

2. Identificar y obtener la información disponible

En primer lugar, se procedió a la identificación de las variables necesarias para la realización del análisis. Estas fueron: datos de la oferta de alimentos por país y por grupo alimenticio; los factores de cuantificación; y la agrupación por países.

En segundo lugar, se localizaron las fuentes de información empleadas. De esta manera, los datos de la oferta de alimentos por país y por grupo alimenticio se obtuvieron de las nuevas hojas de balance alimentario de FAO del año 2017. En concreto, las variables que se obtuvieron de esta fuente fueron la producción nacional de alimentos de un país, el volumen de alimentos importados y exportados, la variación de las existencias de alimentos, el volumen de alimentos destinados a piensos y semillas, el volumen de alimentos destinado a consumo humano y el volumen de alimentos destinados a otros usos²⁵. La descripción detallada de estas variables se realizará en la página 154, donde se expongan las ecuaciones para el cálculo del volumen de PDA. Además, para los cálculos per cápita se utilizaron los datos de la población de la base de datos del Banco Mundial del año 2017²⁶.

²⁵ Esta información es de dominio público y se encuentra en FAOSTAT, en el siguiente enlace: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

²⁶ Esta información es de dominio público y es publicada por el Banco Mundial en el siguiente enlace: <https://datos.bancomundial.org/>.

Respecto de los factores para la cuantificación de las PDA, tanto los factores de asignación²⁷ y conversión²⁸ como los factores de las PDA en cada etapa de la cadena alimentaria, se utilizaron los mismos que en FAO (2012). La tabla 4.2 muestra el detalle de los factores de asignación y conversión y las referencias desde donde los obtuvo el estudio de FAO (2012). Mientras que en las tablas 4.3 a 4.9 se muestran los factores de las PDA en cada etapa de la cadena alimentaria, por grupo alimenticio y región. Cabe destacar que estos son los que se utilizaron en FAO (2012), a excepción de los factores de cereales de la etapa de procesamiento y envasado para las regiones de Europa, América del Norte y Oceanía, Asia Industrializada, África del Norte, Asia Occidental y Central y América Latina para los cuales el estudio de la FAO utilizó rangos de porcentajes, por lo cual, en esta estimación se realizó utilizando el punto medio de ese rango.

Tabla 4.2: Factores de conversión y asignación para la estimación de las PDA.

Producto	Fuente	Factor de conversión	Factores de asignación para las pérdidas durante la producción agrícola y el manejo postcosecha y almacenamiento
Cereales	(1) Wirsenius, Azar y Berndes (2010)	(1) Trigo y centeno = 0,78 (1) Maíz, mijo y sorgo = 0,79 (países de ingresos bajos) y 0,69 (países de ingresos altos y medianos) (1) Arroz = 1 Avena, cebada y otros cereales = 0,78	(1) Europa = 0,35 (1) América del Norte y Oceanía = 0,50 (1) Asia industrializada = 0,60 (1) África subsahariana = 0,75 (1) África del Norte, Asia occidental y central = 0,60 (1) Asia meridional y sudoriental = 0,67 (1) América Latina = 0,40.
Raíces y tubérculos	(1) UNICEF (1990) (2) Mattsson (2001) (3) Westby (2002) (4) Brabet, Bricas, Hounhouigan,	(1) Pelado a mano = 0,74; (2) Pelado industrial = 0,90.	(3) Supuesta proporción media de mandioca que se utiliza fresca en el África subsahariana = 50 %. (4) Supuesta proporción media de mandioca que se utiliza fresca en América Latina = 20%. (5) Supuesta proporción media de patata que se utiliza fresca en Europa y América del Norte y Oceanía = 27 %.

²⁷ El factor de asignación determina la parte del producto agrícola que se destina al consumo humano.

²⁸ El factor de conversión determina la parte del producto agrícola que es comestible.

	<p>Nago y Wack (1998)</p> <p>(5) USDA (2010a)</p> <p>(6) Potatoes South Africa (2010)</p> <p>(7) Pendey (2009)</p> <p>(8) Keijbets, (2008)</p> <p>(9) FAOSTAT (2010a)</p>		<p>(6) Supuesta proporción media de patata que se utiliza fresca en África del Norte y Asia occidental y central = 81 %.</p> <p>(7) y (8) Supuesta proporción media de patata que se utiliza fresca en Asia meridional y sudoriental = 90%.</p> <p>(8) y (9) Supuesta proporción media de patata que se utiliza fresca en Asia industrializada = 85%.</p>
Oleaginosas y legumbres	(1) FAOSTAT (2010b)		<p>(1) África subsahariana = 0,63</p> <p>(1) África del Norte y Asia occidental y central = 0,12</p> <p>(1) Asia meridional y sudoriental = 0,63</p> <p>(1) América Latina = 0,12</p> <p>(1) Europa = 0,20</p> <p>(1) América del Norte y Oceanía = 0,17</p> <p>(1) Asia industrializada = 0,24.</p>
Frutas y hortalizas	<p>(1) ONUDI (2004)</p> <p>(2) Mungai (2000)</p> <p>(3) Guajardo (2008)</p> <p>(4) USDA (2010b)</p> <p>(5) Cheng (2008)</p>	<p>(1) Pelado a mano = 0,8;</p> <p>(1) Pelado industrial = 0,75; media = 0,77.</p>	<p>(2) Supuesta proporción media de frutas y hortalizas que se utilizan frescas en el África subsahariana = 99 %.</p> <p>(3) Supuesta proporción media de frutas y hortalizas que se utilizan frescas en África del Norte, Asia occidental y central = 50 %.</p> <p>(3) Supuesta proporción media de frutas y hortalizas que se utilizan frescas en Asia meridional y sudoriental = 95 %.</p> <p>(3) Supuesta proporción media de frutas y hortalizas que se utilizan frescas en América Latina = 50 %.</p> <p>(4) Supuesta proporción media de frutas y hortalizas que se utilizan frescas en Europa y América del Norte y Oceanía = 40 %.</p>

			(5) Supuesta proporción media de frutas y hortalizas que se utilizan frescas en Asia industrializada = 96 %
Pescado y mariscos	(1) FAO (1989) (2) FAO (2009)	(1) Factor medio de conversión para pescado y mariscos = 0,5.	(2) Supuesta proporción media de pescado y mariscos que se utilizan frescos en los países de ingresos bajos = 60 %; en los países de ingresos medianos y altos = 4 %.

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.3: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: Europa.

Europa

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	2,0%	4,0%	5,3%	2,0%	25,0%
Raíces y tubérculos	20,0%	9,0%	15,0%	7,0%	17,0%
Oleaginosas y legumbres	10,0%	1,0%	5,0%	1,0%	4,0%
Frutas y hortalizas	20,0%	5,0%	2,0%	10,0%	19,0%
Carne	3,1%	0,7%	5,0%	4,0%	11,0%
Pescado y mariscos	9,4%	0,5%	6,0%	9,0%	11,0%
Productos lácteos	3,5%	0,5%	1,2%	0,5%	7,0%

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.4: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: América del Norte y Oceanía.

América del Norte y Oceanía

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	2,0%	2,0%	5,3%	2,0%	27,0%
Raíces y tubérculos	20,0%	10,0%	15,0%	7,0%	30,0%
Oleaginosas y legumbres	12,0%	0,0%	5,0%	1,0%	4,0%
Frutas y hortalizas	20,0%	4,0%	2,0%	12,0%	28,0%
Carne	3,5%	1,0%	5,0%	4,0%	11,0%
Pescado y mariscos	12,0%	0,5%	6,0%	9,0%	33,0%
Productos lácteos	3,5%	0,5%	1,2%	0,5%	15,0%

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.5: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: Asia Industrializada.

Asia Industrializada

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	2,0%	10,0%	5,3%	2,0%	20,0%
Raíces y tubérculos	20,0%	7,0%	15,0%	9,0%	10,0%
Oleaginosas y legumbres	6,0%	3,0%	5,0%	1,0%	4,0%
Frutas y hortalizas	10,0%	8,0%	2,0%	8,0%	15,0%
Carne	2,9%	0,6%	5,0%	6,0%	8,0%
Pescado y mariscos	15,0%	2,0%	6,0%	11,0%	8,0%
Productos lácteos	3,5%	1,0%	1,2%	0,5%	5,0%

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.6: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: Asia meridional y sudoriental.

Asia meridional y sudoriental

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	6,0%	7,0%	3,5%	2,0%	3,0%
Raíces y tubérculos	6,0%	19,0%	10,0%	11,0%	3,0%
Oleaginosas y legumbres	7,0%	12,0%	8,0%	2,0%	1,0%
Frutas y hortalizas	15,0%	9,0%	25,0%	10,0%	7,0%
Carne	5,1%	0,3%	5,0%	7,0%	4,0%
Pescado y mariscos	8,2%	6,0%	9,0%	15,0%	2,0%
Productos lácteos	3,5%	6,0%	2,0%	10,0%	1,0%

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.7: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: África Subsahariana.

África Subsahariana

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	6,0%	8,0%	3,5%	2,0%	1,0%
Raíces y tubérculos	14,0%	18,0%	15,0%	5,0%	2,0%
Oleaginosas y legumbres	12,0%	8,0%	8,0%	2,0%	1,0%
Frutas y hortalizas	10,0%	9,0%	25,0%	17,0%	5,0%
Carne	15,0%	0,7%	5,0%	7,0%	2,0%
Pescado y mariscos	5,7%	6,0%	9,0%	15,0%	2,0%
Productos lácteos	6,0%	11,0%	0,1%	10,0%	0,1%

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.8: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: África del Norte, Asia Occidental y Central.

África del Norte, Asia Occidental y Central

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	6,0%	8,0%	4,5%	4,0%	12,0%
Raíces y tubérculos	6,0%	10,0%	12,0%	4,0%	6,0%
Oleaginosas y legumbres	15,0%	6,0%	8,0%	2,0%	2,0%
Frutas y hortalizas	17,0%	10,0%	20,0%	15,0%	12,0%
Carne	6,6%	0,2%	5,0%	5,0%	8,0%
Pescado y mariscos	6,6%	5,0%	9,0%	10,0%	4,0%
Productos lácteos	3,5%	6,0%	2,0%	8,0%	2,0%

Fuente: FAO (2012).

Tabla 4.9: Factores de las PDA por etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos: América Latina.

América Latina

Etapa Cadena Alimentaria/ Grupo Alimentario	Producción agrícola	Manejo poscosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo
Cereales	6,0%	4,0%	4,5%	4,0%	10,0%
Raíces y tubérculos	14,0%	14,0%	12,0%	3,0%	4,0%
Oleaginosas y legumbres	6,0%	3,0%	8,0%	2,0%	2,0%
Frutas y hortalizas	20,0%	10,0%	20,0%	12,0%	10,0%
Carne	5,3%	1,1%	5,0%	5,0%	6,0%
Pescado y mariscos	5,7%	5,0%	9,0%	10,0%	4,0%
Productos lácteos	3,5%	6,0%	2,0%	8,0%	4,0%

Fuente: FAO (2012).

Por último, para hacer la *agrupación de países* en función de su nivel de SA se utilizó el índice de seguridad alimentaria creado por The Intelligence Economist Unit y DuPont.

3. Identificar y corregir los problemas con los datos y estandarización de las variables

El primer problema que se abordó fue el de la confiabilidad de la información de FAOSTAT. Debido a que la cuantificación que se hizo en este trabajo tiene un alcance amplio en países, grupos alimentarios y etapas de la cadena alimentaria, los datos de FAOSTAT no para todos los países tiene el mismo nivel de precisión y confiabilidad. Esto puede deberse a múltiples razones, por ejemplo, no todos los países tienen los mismos incentivos a entregar información precisa y fidedigna. Además, no todos ellos cuentan con un organismo encargado de realizar las estadísticas nacionales o, hay algunos

que lo tienen, pero con un presupuesto muy limitado que impide el desarrollo de información precisa. Con el fin de abordar los problemas de confiabilidad de la información se han comparado el resultado de las estimaciones hechas aquí con estimaciones de nivel local hechas con otros métodos con el fin de ver la consistencia de los resultados.

El segundo problema que se abordó fue uno derivado del índice de seguridad alimentaria creado por The Intelligence Economist Unit y DuPont. Este índice, en diciembre del año 2019, fue calculado para 113 países, sin embargo, en esta investigación se utilizaron un total de 176 países. Además, hay seis países para los que hay índice de seguridad alimentaria pero que no se encuentran dentro de los 176 países de la base de datos de FAOSTAT. Por lo que se utilizó el índice de seguridad alimentaria solo para 107 países. Para los restantes 69 países de la base de datos de FAOSTAT sin índice de seguridad alimentaria se asignó la categoría “Sin Índice EU/Dupont”.

El tercer problema abordado fue agrupar los ítems de alimentos de FAOSTAT en productos y subproductos. Para esto se hizo una selección de los ítems de alimentos dejando algunos de ellos fuera. Por ejemplo, el caso de bebidas alcohólicas y tabacos.

El cuarto problema en ser abordado fue el de los factores de conversión, asignación y de PDA. Estos factores fueron recopilados por FAO (2012) de diferentes estudios por lo que fue necesario realizar supuestos para su utilización. Los supuestos utilizados son los siguientes:

- Los factores de PDA en FAO (2012) fueron recopilados por región y etapa de la cadena alimentaria. Sin embargo, aquí la cuantificación de las PDA se realizó para los diferentes países para los cuales FAOSTAT dispone de Hojas de Balance Alimentario. Por lo tanto, aquí se asume que los factores de PDA son los mismos para cada país que pertenece a la región según la clasificación de FAO (2012). Por ejemplo, el factor de PDA para América Latina en la etapa de producción agrícola y para el grupo de alimentos de cereales es del 6%, aquí se asume que este es el mismo para Chile y para Ecuador.

- Los factores de PDA en FAO (2012) fueron recopilados por productos, pero aquí el cálculo se hizo por subproductos. Por lo tanto, similarmente al caso anterior se asumió que los factores de PDA son los mismos para cada subproducto que pertenece al mismo producto.
- Los expertos de FAO consideran que los factores de PDA recopilados en FAO (2012) para el grupo de pescados y mariscos son cuestionables FAO (2013b). La principal razón es que la pesca comercial devuelve importantes cantidades de peces al mar muertos, muriendo o severamente dañados que no son contabilizados dentro del proceso. Esta situación genera que no haya datos confiables disponibles. Sin embargo, en este estudio debido a la carencia de datos al respecto se utilizaron los mismos factores de PDA para este grupo de alimentos que en FAO (2012).
- Se analizó si utilizar factores de conversión o no. Finalmente, se decidió cuantificar las PDA con y sin factores de conversión. El volumen de PDA con factores de conversión se utilizó para hacer el análisis de las PDA, mientras que el volumen de PDA sin ellos se utilizó para hacer la cuantificación del impacto medioambiental de las PDA. Se decidió de esta manera debido a que las partes orgánicas no comestibles de alimentos, como las cáscaras de plátano, que son desechadas, causan los mismos impactos ambientales que las partes orgánicas comestibles. La razón es que el gasto de recursos naturales, como agua y tierra es el mismo para producir el plátano y su cáscara, a la vez, el impacto ambiental de depositar la cáscara de plátano en un vertedero es la misma que la de depositar la parte comestible del plátano.

El último problema que se abordó fue la utilización de una serie de operaciones menores de estandarización en los cálculos para homogeneizar variables y unidades de medidas. Por ejemplo, se convirtieron variables cuya unidad principal era la tonelada a kilogramos. Es importante destacar que estas operaciones de estandarización fueron lineales por lo que no sesgaron en mayor medida los datos disponibles.

4. Diseñar la estructura y fórmulas del método de balance de masas.

El cálculo de las PDA se realizó según el país, el grupo de alimentos, el índice de SA y etapa de la cadena alimentaria. Para ellos se utilizó la información del volumen de la oferta de alimentos de las Hojas de Balance Alimentario de FAOSTAT y los factores de PDA, conversión y asignación recopilados en FAO (2012).

Las hojas de Balance Alimentario de FAOSTAT contienen información sobre la oferta de alimentos de un país en un año determinado (FAOSTAT, 2020). Los ítems que las componen son los siguientes:

- *Producción Nacional (P_i)*: Se refieren a la producción nacional total, ya sea dentro o fuera del sector agrícola, es decir, incluye la producción no comercial y la producción de huertos familiares.
- *Cantidad Importada (M_i)*: Todo movimiento de un ítem de alimentos hacia dentro de un país o región.
- *Variación de existencias (SV_i)*: Comprende los cambios ocurridos en las existencias durante el periodo de referencia en todos los niveles entre las etapas de producción y la venta minorista, es decir, comprende los cambios en las existencias gubernamentales, de los fabricantes, de los importadores, de los exportadores, de otros comerciantes mayoristas y minoristas, de empresas de transporte y almacenamiento y, en existencias en las granjas.
- *Cantidad exportada (X_i)*: Todo movimiento hacia fuera de un país o región de un ítem de alimentos.
- *Pienso (F_i)*: Cantidad de un ítem de alimentos utilizada como pienso para animales
- *Semillas (S_i)*: Cantidad de un ítem de alimentos utilizada con fines reproductivos, por ejemplo, semillas, plantas, huevos, etc.
- *Procesado (Pr_i)*: Cantidad de un ítem de alimentos para consumo humano que forma parte de productos alimenticios procesados.
- *Otras Utilidades (Ou_i)*: Cantidad de ítem de alimentos desperdiciado durante la etapa de recolección, almacenaje o transporte entre las etapas de producción y distribución. En esta categoría también están la cantidad de ítem de alimentos destinados a otros consumos no humanos, por ejemplo, alimentos para bioenergía.

- *PDA en las etapas anteriores de la cadena alimentaria* (L_i)= Pérdidas y desperdicio de alimentos del país i en las etapas anteriores de la cadena alimentaria.
- *Cantidad de suministro doméstico* (DS_i): $DS_i = P_i + M_i + / - SV_i - X_i$;
- *Alimentos disponibles para el consumo* (FAC_i): $FAC_i = DS_i - F_i - S_i - L_i - Pr_i - Ou_i$

La siguiente ecuación representa de modo general la lógica del cálculo.

$$PDA = \sum_{i=1}^n QA_{ij} * \alpha_{jk} * \beta_{jk} * \gamma_{jk}$$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2012 y Gustavsson et al., 2013.

Donde

i = País;

j = Etapa de la cadena alimentaria;

k = Grupo de alimentos;

QA_{ij} = Cantidad de alimentos disponibles del país i en la etapa j de la cadena alimentaria;

α_{jk} = Factor de las PDA para el grupo de alimentos k , en la etapa j de la cadena alimentaria;

β_{jk} = Factor de conversión para el grupo de alimentos k , en la etapa j de la cadena alimentaria;

γ_{jk} = Factor de asignación para el grupo de alimentos k , en la etapa j de la cadena alimentaria.

Con esta información se calcularon las PDA de la siguiente manera: multiplicando la cantidad de alimentos disponibles (QA_{ij}) en cada etapa de la cadena alimentaria por los factores de asignación (γ_{jk}), que representan la proporción de alimentos disponibles para consumo humano, con el fin de obtener el volumen total de alimentos que se destinan a consumo humano por cada etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos. A su vez, se multiplicó este resultado por los factores de conversión (β_{jk}), que representan la proporción de alimentos que es comestible, con el fin de obtener el volumen de alimentos que se destina a consumo humano y que es comestible. Finalmente, este resultado se multiplica por los factores de PDA (α_{jk}), que representan la proporción de alimentos que

se desperdicia, con el fin de obtener el volumen de alimentos que se destina a consumo humano y que es comestible pero que se desperdicia, considerando la etapa de la cadena alimentaria y grupo de alimentos.

Esta ecuación que representa, de modo general, la lógica del cálculo de las PDA, pero, a continuación, se especifica para cada grupo de alimentos y etapa de la cadena alimentaria en las siguientes tablas 4.10 a 4.13. La razón es que en cada etapa de la cadena alimentaria el volumen de alimentos varía y, a su vez, cada grupo de alimentos tiene factores de conversión y asignación distintos.

La tabla 4.10 muestra **las ecuaciones para el cálculo de las PDA de carnes y lácteos**. Cabe mencionar que para las carnes y lácteos no se utilizan factores de asignación o conversión porque se asume que toda carne producida se destina a consumo humano y que, toda carne destinada a consumo humano es comestible, a diferencia de otros grupos alimenticios donde, por ejemplo, las cáscaras no son comestibles. Las etapas de producción agrícola y manejo postcosecha y almacenamiento tienen la misma ecuación de cálculo, donde las PDA son calculadas al multiplicar el volumen de producción nacional de carnes y lácteos P_i por la proporción de alimentos que se desperdicia α_{jk} . Para la etapa de procesamiento y envasado, la ecuación cambia debido a que en esta etapa el volumen de alimento no está representado por la producción nacional, sino que por el volumen de carnes y lácteos que se utiliza para ser procesado y envasado Pr_i . La razón es que no todas las carnes y lácteos que hay en la producción nacional son procesadas y envasadas, solo una parte de ellas. Para la etapa de distribución, el volumen de carnes y lácteos está representado por la ecuación $(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i)$. El significado de esta ecuación es que el volumen de alimentos que se distribuye es la cantidad de suministro doméstico DS_i , a la cual se le debe descontar lo que se destina a pienso para animales F_i , otros usos Ou_i , semillas o nuevas crías en el caso de los animales S_i , lo que se procesó Pr_i y, las PDA ocurridas en las etapas previas de la cadena de alimentos L_i . Este volumen de carnes y lácteos restantes que se distribuye se multiplica por la proporción de carnes y lácteos que se pierde o se desperdicia (α_{jk}) para obtener las PDA de la etapa de distribución ($PDAD$). Finalmente, en la etapa de consumo, la lógica del cálculo de las PDA es la misma que para la etapa de distribución, pero al volumen de

carnes y lácteos de la etapa de consumo se le debe descontar las PDA producidas en la etapa de distribución, representadas en la ecuación por $PDAD_i$.

Tabla 4.3: Ecuaciones de cálculo de las PDA de carnes y lácteos.

Carnes y lácteos	Ecuación
Producción agrícola	$PDAP = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk}$
Manejo postcosecha y almacenamiento	$PDAM = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk}$
Procesamiento y envasado	$PDAPr = \sum_{i=1}^n Pr_i * \alpha_{jk}$
Distribución	$PDAD = \sum_{i=1}^n (DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * \alpha_{jk}$
Consumo	$PDAC = \sum_{i=1}^n [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) - PDAD_i] * \alpha_{jk}$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2012 y Gustavsson et al., 2013.

Donde i = País;

j = Etapa de la cadena alimentaria;

k = Grupo de alimentos

DS_i = Oferta doméstica del país i ;

F_i = Pienso del país i ;

L_i = Pérdidas del país i en las etapas anteriores de la cadena alimentaria;

Ou_i = Otros usos de los alimentos en el país i ;

Pr_i = Procesamiento y envasado del país i ;

S_i = Semillas del país i ;

$PDAD_i$ = PDA distribución;

α_{jk} = Factor de las PDA en la etapa j de la cadena alimentaria y por el grupo de alimentos k ;

P_i = Producción del país i

La tabla 4.11 muestra las ecuaciones para el **cálculo de las PDA de cereales**. En este grupo alimentario a diferencia de las carnes y lácteos, se considera los factores de asignación ya que, parte de los cereales que se producen son destinados a otros usos, como, por ejemplo, piensos. Además, también se consideran los factores de conversión ya que no todas las partes de los cereales producidos son comestibles. Las etapas de producción agrícola y manejo postcosecha y almacenamiento tienen la misma ecuación

de cálculo, donde las PDA son calculadas al multiplicar el volumen de producción nacional de cereales P_i por la proporción de cereales que se destinan a consumo humano y la proporción de cereales que es comestible, obteniendo el volumen de alimentos para consumo humano que es comestible. A su vez, este resultado se multiplica por la proporción de cereales que se desperdicia α_{jk} con el fin de obtener el volumen de PDA en estas etapas. Para la etapa de procesamiento y envasado, la ecuación cambia debido a que en esta etapa el volumen de cereales no está representado por la producción nacional, sino que por el volumen de cereales que se utiliza para ser procesado y envasado Pr_i . La razón es que no todos los cereales que hay en la producción nacional son procesados y envasados, solo una parte de ellos. Además, no se utiliza el factor de asignación debido a que el total del volumen de cereales destinados a ser procesados son destinados a consumo humano. Para la etapa de distribución, el volumen de cereales está representado por la ecuación $(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i)$. El significado de esta ecuación es que el volumen de cereales que se distribuye es la cantidad de suministro doméstico DS_i , a la cual se le debe descontar lo que se destina a pienso para animales F_i , otros usos Ou_i , semillas S_i , lo que se procesó Pr_i y, las PDA ocurridas en las etapas previas de la cadena de alimentos L_i . Este volumen de cereales restantes que se distribuye se multiplica por la proporción de cereales comestibles β_{jk} y la proporción de cereales que se pierde o se desperdicia (α_{jk}) para obtener las PDA de la etapa de distribución ($PDAD$). Finalmente, en la etapa de consumo, la lógica del cálculo de las PDA es la misma que para la etapa de distribución, pero al volumen de cereales de la etapa de consumo se le debe descontar las PDA producidas en la etapa de distribución, representadas en la ecuación por $PDAD_i$.

Tabla 4.41: Ecuaciones de cálculo de las PDA de cereales.

Cereales	Ecuación
Producción agrícola	$PDAP = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk} * \gamma_{jk}$
Manejo postcosecha y almacenamiento	$PDAM = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk} * \gamma_{jk}$
Procesamiento y envasado	$PDAPr = \sum_{i=1}^n Pr_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$
Distribución	$PDAD = \sum_{i=1}^n (DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$
Consumo	$PDAC = \sum_{i=1}^n [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) - PDAD_i] * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2012 y Gustavsson et al., 2013.

Donde i = País;

j = Etapa de la cadena alimentaria;

k = Grupo de alimentos

DS_i = Oferta doméstica del país i ;

F_i = Pienso del país i ;

L_i = Pérdidas del país i en las etapas anteriores de la cadena alimentaria;

Ou_i = Otros usos de los alimentos en el país i ;

Pr_i = Procesamiento y envasado del país i ;

S_i = Semillas del país i ;

$PDAD_i$ = PDA distribución;

α_{jk} = Factor de las PDA en la etapa j de la cadena alimentaria y por el grupo de alimentos k ;

β_{jk} = Factor de conversión;

P_i = Producción del país i ;

γ_{jk} = Factor de asignación.

La tabla 4.12 muestra las ecuaciones para el **cálculo de las PDA de fruta y hortalizas, pescados y mariscos y raíces y tubérculos**. En estos grupos alimentarios a diferencia de las carnes y lácteos o los cereales, se considera que el volumen total de alimentos se destina a consumo humano, por lo que, no es necesario incluir los factores de asignación. Se incluyen los factores de conversión ya que, no todas las partes de estos alimentos producidos son comestibles. Las etapas de producción agrícola y manejo postcosecha y almacenamiento tienen la misma ecuación de cálculo, donde las PDA son calculadas al multiplicar el volumen de producción nacional de alimentos P_i por la proporción de alimentos que es comestible, obteniendo el volumen de alimentos que es comestible. A su vez, este resultado se multiplica por la proporción de alimentos que se desperdicia α_{jk} con el fin de obtener el volumen de PDA en estas etapas. Para la etapa de procesamiento y envasado, la ecuación cambia debido a que en esta etapa el volumen de alimentos no está representado por la producción nacional, sino que por la siguiente ecuación $[(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i]$. El significado de esta ecuación es que el volumen de alimentos que se procesa es la cantidad de suministro doméstico DS_i , a la cual se le debe descontar lo que se destina a pienso para animales F_i , otros usos Ou_i , semillas S_i , lo que se procesó Pr_i y, las PDA ocurridas en las etapas previas de la cadena

de alimentos L_i . Este volumen de alimentos se debe multiplicar por $(1 - \delta_i)$ que representa la proporción de alimentos que no se utilizan frescos, con el fin de calcular el volumen de alimentos que será procesado. Además, se suma Pr_i que representa la cantidad de alimentos que se utiliza para ser procesado y envasado. Este volumen total de alimentos que será procesado y envasado se multiplica por la proporción de alimentos comestibles β_{jk} y la proporción de alimentos que se pierde o se desperdicia (α_{jk}) para obtener las PDA de la etapa de procesado y envasado ($PDAPr$).

Para la etapa de distribución, el volumen de alimentos está dividido en dos partes, los alimentos que se consumen procesados y los alimentos que se consumen frescos. Los primeros están representados por la fórmula $[(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] - PDAPr$. Esta fórmula sigue la misma lógica que se explicó en el caso de la etapa de procesamiento y envasado, solo se añade el término $PDAPr$ con el fin de restar las pérdidas y desperdicios de alimentos de la etapa de procesado y envasado. Los alimentos que se consumen frescos están representados por la fórmula $(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * \delta_i$, que básicamente es el volumen de alimentos de suministro doméstico DS_i , a la cual se le debe descontar lo que se destina a pienso para animales F_i , otros usos Ou_i , semillas S_i , lo que se procesó Pr_i y, las PDA ocurridas en las etapas previas de la cadena de alimentos L_i . Este resultado se multiplica por δ_i , que representa la proporción de alimentos que se utilizan frescos con el fin de obtener el volumen de alimentos que se utilizan frescos. Este volumen de alimentos se multiplica por la proporción de alimentos comestibles β_{jk} y la proporción de alimentos que se pierde o se desperdicia (α_{jk}) para obtener las PDA de la etapa de distribución ($PDAD$). Finalmente, en la etapa de consumo, la lógica del cálculo de las PDA es la misma que para la etapa de distribución, pero al volumen de alimentos de la etapa de consumo se le debe descontar las PDA producidas en la etapa de distribución, representadas en la ecuación por $PDAD_i$.

Tabla 4.52: Ecuaciones de cálculo de las PDA de frutas y hortalizas, pescados y mariscos y raíces y tubérculos.

Frutas y hortalizas, pescados y mariscos y raíces y tubérculos	Ecuación
Producción agrícola	$PDAP = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$

Manejo postcosecha y almacenamiento	$PDAM = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$
Procesamiento y envasado	$PDAPr = \sum_{i=1}^n [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$
Distribución	$PDAD = \sum_{i=1}^n \{ [[[(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] - PDAPr] * \alpha_{jk} * \beta_{jk}] + [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * \delta_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}] \}$
Consumo	$PDAC = \sum_{i=1}^n \{ [[[(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] - PDAPr - PDAD^{29}] * \alpha_{jk} * \beta_{jk}] + [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) - PDAD^{30}] * \delta_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk} \}$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2012 y Gustavsson et al., 2013.

Donde i = País;

j = Etapa de la cadena alimentaria;

k = Grupo de alimentos

DS_i = Oferta doméstica del país i ;

F_i = Pienso del país i ;

L_i = Pérdidas del país i en las etapas anteriores de la cadena alimentaria;

Ou_i = Otros usos de los alimentos en el país i ;

Pr_i = Procesamiento y envasado del país i ;

S_i = Semillas del país i ;

α_{jk} = Factor de las PDA en la etapa j de la cadena alimentaria y por el grupo de alimentos k ;

β_{jk} = Factor de conversión;

δ_i = Proporción de alimentos que se utilizan frescos;

P_i = Producción del país i

La tabla 4.13 muestra las ecuaciones para el **cálculo de las PDA de oleaginosas y legumbres**. En este grupo alimentario se considera los factores de asignación ya que, parte de las oleaginosas y legumbres que se producen son destinadas a otros usos. Además, no se consideran los factores de conversión ya que todas las partes de las

²⁹ Corresponde solo a la parte de PDAD que se genera en los alimentos procesados.

³⁰ Corresponde solo a la parte de PDAD que se genera en los alimentos frescos.

oleaginosas y legumbres que son producidas son comestibles. Las etapas de producción agrícola y manejo postcosecha y almacenamiento tienen la misma ecuación de cálculo, donde las PDA son calculadas al multiplicar el volumen de producción nacional de oleaginosas y legumbres P_i por la proporción de oleaginosas y legumbres que se destinan a consumo humano, obteniendo el volumen de alimentos para consumo humano. A su vez, este resultado se multiplica por la proporción de oleaginosas y legumbres que se desperdicia α_{jk} con el fin de obtener el volumen de PDA en estas etapas. Para la etapa de procesamiento y envasado, la ecuación cambia debido a que en esta etapa el volumen de oleaginosas y legumbres no está representado por la producción nacional, sino que por el volumen de oleaginosas y legumbres que se utiliza para ser procesada y envasada Pr_i . La razón es que no todas las oleaginosas y legumbres que hay en la producción nacional son procesadas y envasadas, solo una parte de ellas. Además, no se utiliza el factor de asignación debido a que el total del volumen de oleaginosas y legumbres destinadas a ser procesadas son destinadas a consumo humano. Para la etapa de distribución, el volumen de oleaginosas y legumbres está representado por la ecuación $(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i)$. El significado de esta ecuación es que el volumen de oleaginosas y legumbres que se distribuye es la cantidad de suministro doméstico DS_i , a la cual se le debe descontar lo que se destina a pienso para animales F_i , otros usos Ou_i , semillas S_i , lo que se procesó Pr_i y, las PDA ocurridas en las etapas previas de la cadena de alimentos L_i . Este volumen de oleaginosas y legumbres restantes que se distribuye se multiplica por la proporción de oleaginosas y legumbres comestibles β_{jk} y la proporción de oleaginosas y legumbres que se pierde o se desperdicia (α_{jk}) para obtener las PDA de la etapa de distribución ($PDAD$). Finalmente, en la etapa de consumo, la lógica del cálculo de las PDA es la misma que para la etapa de distribución, pero al volumen de oleaginosas y legumbres de la etapa de consumo se le debe descontar las PDA producidas en la etapa de distribución, representadas en la ecuación por $PDAD_i$.

Tabla 4.63: Ecuaciones de cálculo de las PDA de oleaginosas y legumbres.

Oleaginosas y legumbres	Ecuación
Producción agrícola	$PDAP = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \gamma_{jk}$
Manejo postcosecha y almacenamiento	$PDAM = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \gamma_{jk}$

Procesamiento y envasado	$PDAPr = \sum_{i=1}^n Pr_i * \alpha_{jk}$
Distribución	$PDAD = \sum_{i=1}^n (DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * \alpha_{jk} * \gamma_{jk}$
Consumo	$PDAC = \sum_{i=1}^n [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) - PDAD_i] * \alpha_{jk} * \gamma_{jk}$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2012 y Gustavsson et al., 2013.

Donde i = País;

j = Etapa de la cadena alimentaria;

k = Grupo de alimentos;

DS_i = Oferta doméstica del país i ;

F_i = Pienso del país i ;

L_i = Pérdidas del país i en las etapas anteriores de la cadena alimentaria;

Ou_i = Otros usos de los alimentos en el país i ;

Pr_i = Procesamiento y envasado del país i ;

S_i = Semillas del país i ;

$PDAD_i$ = PDA distribución;

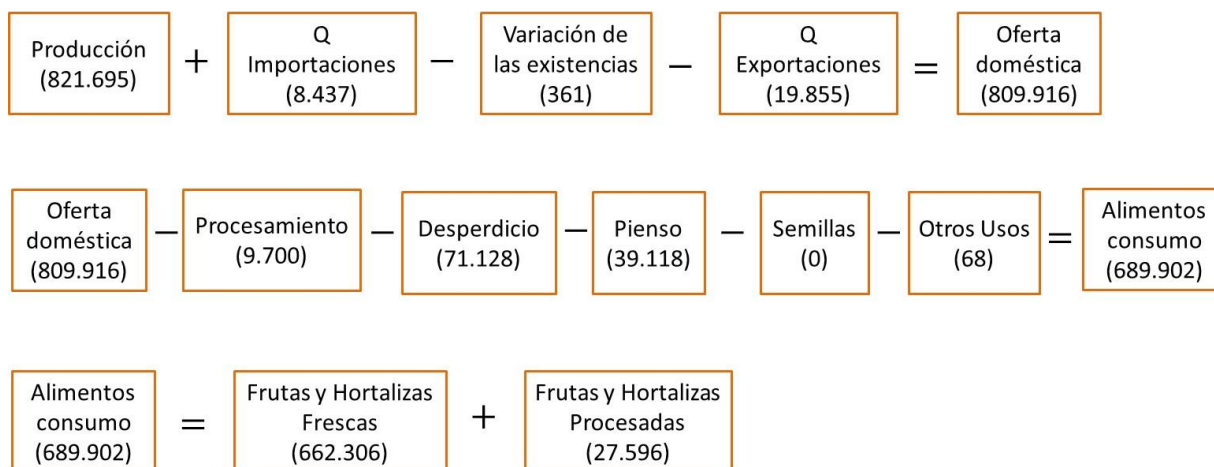
α_{jk} = Factor de las PDA en la etapa j de la cadena alimentaria y por el grupo de alimentos k ;

γ_{jk} = Factor de asignación;

P_i = Producción del país i .

De acuerdo a la lógica de las ecuaciones expuestas anteriormente, a continuación, se expone un ejemplo de cálculo de las PDA tomando como referencia China continental, para el grupo alimenticio de frutas y hortalizas. Primero, se calcula el flujo del volumen de frutas y hortalizas para China, como se observa en la siguiente figura 4.2.

Figura 4.2: Flujo del volumen de frutas y hortalizas (1.000 toneladas) para China, según datos de las hojas del balance alimentario FAO, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2020.

Luego se exponen los valores de los factores de conversión y PDA que se obtuvieron de FAO (2012).

γ_{jk} = Factor de conversión pelado a mano = 0,8

γ_{jk} = Factor de conversión pelado industrial = 0,75

γ_{jk} = Factor de conversión promedio = 0,775

α_{jk} = Factor de PDA de la etapa de producción agrícola = 10%

α_{jk} = Factor de PDA de la etapa de manejo postcosecha y almacenamiento = 8%

α_{jk} = Factor de PDA de la etapa de procesamiento y envasado = 2%

α_{jk} = Factor de PDA de la etapa de distribución de frutas y hortalizas = 8%

α_{jk} = Factor de PDA de la etapa de consumo de frutas y hortalizas = 15%

δ_i = Proporción de frutas y hortalizas que se utilizan frescas = 96%

Posteriormente, se utilizan las ecuaciones de cálculo de las PDA para el grupo de frutas y hortalizas con el fin de estimar las PDA de frutas y hortalizas para China.

Tabla 4.74: Ejemplo de cálculo de las PDA de frutas y hortalizas en China continental, volumen de frutas y hortalizas en 1000 Tn, año 2017.

Frutas y hortalizas, pescados y mariscos y raíces y tubérculos	Ecuación
Producción agrícola	$PDAP = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$ <p>PDAP = 821.695*10%*0,775 = 63.681 = 64 millones de toneladas.</p>
Manejo postcosecha y almacenamiento	$PDAM = \sum_{i=1}^n P_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$ <p>PDAM = 821.695*8%*0,775 = 50.945 = 51 millones de toneladas</p>
Procesamiento y envasado	$PDAPr = \sum_{i=1}^n [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] * \alpha_{jk} * \beta_{jk}$ <p>PDAPr = [(809.916 - 39.118 - 71.128 - 68 - 9.700 - 0) * (1 - 0.96) + 9.700]*2%*0,75 = 578 = 0,578 millones de toneladas</p>
Distribución	$PDAD = \sum_{i=1}^n \{ [[(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] - PDAPr] * \alpha_{jk} * \beta_{jk} \} + [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * \delta_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk}]$ <p>PDAD = [[[(809.916 - 39.118 - 71.128 - 68 - 9.700 - 0) * (1 - 0.96) + 9.700] - 578] * 8% * 0,775] + [(809.916 - 39.118 - 71.128 - 68 - 9.700 - 0) * 0.96 * 8% * 0,775] = 43.339 = 43,3 millones de toneladas</p>
Consumo	$PDAC = \sum_{i=1}^n \{ [[[(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) * (1 - \delta_i) + Pr_i] - PDAPr - PDAD] * \alpha_{jk} * \beta_{jk}] + [(DS_i - F_i - L_i - Ou_i - Pr_i - S_i) - PDAD] * \delta_i * \alpha_{jk} * \beta_{jk} \}$ <p>PDAC = [[[(809.916 - 39.118 - 71.128 - 68 - 9.700 - 0) * (1 - 0.96) + 9.700] - 578 - 2.276] * 15% * 0,775] + [(809.916 - 39.118 - 71.128 - 68 - 9.700 - 0) - 43.339] * 0.96 * 15% * 0,775] = 76.160 = 76,1 millones de toneladas</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2020 y FAO, 2012.

4.3.2 Descripción de la metodología para cuantificar el impacto medioambiental de las PDA en China.

En este epígrafe se describe el método que se utilizó para cuantificar el impacto ambiental de las PDA en China. Para ello, se han escogido tres variables que representan este impacto: la huella hídrica, la huella de la tierra y la huella de carbono. La idea subyacente que hay detrás de este procedimiento es que todo recurso utilizado para producir alimentos, que luego serán desperdiciados, son también recursos

desaprovechados. De esta manera, el objetivo es medir el agua y la tierra que se utilizó en la producción de PDA. Por otro lado, las PDA generan GEI, lo cual también produce impactos ambientales, específicamente contribuyen al cambio climático.

Siguiendo esta lógica se utilizaron factores de impactos según el estudio de FAO (2014) según el cual en todos los alimentos:

- La huella de carbono tiene un factor de impacto medido en $Ton. CO_2 Eq./Ton$ de PDA
- La huella hídrica, un factor de impacto medido en m^3/Ton de PDA
- La huella de la tierra, un factor de impacto medido en $Ha./Ton$ de PDA.

Con respecto a esta elección, hay una excepción para el caso de los factores de la categoría “Otras carnes” en el que se utilizó un promedio de los factores del resto de las categorías de carne.

La tabla 4.15 muestran los valores de estos factores de impacto.

Tabla 4.85: Factores de impacto ambiental de las PDA en China continental.

Grupo de producto	Producto	IF huella de carbono Ton.CO2 Eq./Ton de PDA	IF huella hídrica azul m3/Ton de PDA	IF huella hídrica verde m3/Ton de PDA	IF huella de tierra arable Ha./Ton de PDA	IF huella de la tierra no arable Ha./Ton de PDA
Cereales	Cebada y sus derivados + Otros cereales + Avena	0,93	25	845	0,45	-
	Maíz y sus derivados	0,57	74	791	0,19	-
	Mijo y sus derivados + Sorgo y sus derivados	0,93	41	1236	0,39	-
	Arroz	2,88	246	549	0,16	-
	Trigo y sus derivados + Centeno y sus productos	0,59	463	827	0,22	-
Raíces y tubérculos	Raíces y tubérculos	0,18	5	233	0,06	-
Oleaginosas y legumbres	Legumbres	0,37	146	1723	0,68	-
	Oleaginosas	0,51	202	1784	0,37	-
Frutas y hortalizas	Manzanas y sus derivados	0,22	142	612	0,07	-
	Bananas	0,56	98	903	0,08	-
	Cítricos	0,17	116	491	0,07	-
	Otras frutas	0,25	302	960	0,11	-
	Uvas y sus derivados (excluido el vino)	0,62	114	409	0,12	-
	Vegetales	0,96	5	232	0,05	-
Carnes	Bovino	22,54	350	9085	2,91	23,1
	Otras carnes	11,3	293	4664	2,78	12,17
	Cordero y cabra	12,61	328	3671	0,73	17,42
	Cerdo	5,57	286	3686	1,94	2,13
	Aves	4,48	209	2212	5,54	6,03
Pescados y mariscos	Pescados y mariscos	4,04	-	-	-	-
Leche - (Excluida mantequilla) y Huevos	Huevos	5,2	217	2211	2,02	2,15
	Leche excluida mantequilla	1,03	188	1203	0,46	4,49

Fuente: FAO (2014).

En lo que sigue se expone como se realizó el cálculo para cada huella ambiental en particular.

1. Huella Hídrica

La huella hídrica es un indicador que cuantifica el consumo de agua dulce de una persona, comunidad o empresa en un lugar y tiempo determinado y para cierto tipo de agua. Según Hoekstra, Chapagain, Aldaya, Mekonnen (2011) la huella hídrica se compone de tres tipos de agua utilizadas por los seres humanos: el agua azul, verde y gris.

El agua azul hace referencia al consumo del agua acumulada en la superficie y al agua subterránea. Específicamente los casos de consumo de agua azul son:

- Agua evaporada.

- Agua incorporada en la producción de algún producto.
- Agua que no es retornada a su flujo natural.
- Agua que no es retornada en el mismo periodo de tiempo que fue tomada.

Por su parte, el agua verde es el agua de las precipitaciones que permanece en la superficie del suelo o la vegetación. Finalmente, el agua gris es el agua que es contaminada en los procesos que realizan los seres humanos. Normalmente el agua gris es definida como la cantidad de agua dulce que se debe utilizar para diluir los contaminantes con el fin de que se mantengan o superen los niveles de calidad del agua.

En esta tesis se calculó el agua azul y verde solo para la etapa de producción agrícola de la cadena alimentaria en China. La razón es que estudios recientes como Hoekstra y Mekonnen (2012) sobre la huella hídrica sostienen que el mayor consumo humano de agua se genera en la agricultura. En este sentido, en el mismo estudio se menciona que el consumo de agua de los productos agrícolas contribuye con el 92% de la huella hídrica de la humanidad. Por otro lado, se calculó solo la huella hídrica del agua azul y del agua verde ya que el agua gris representa la medida de un consumo teórico de agua.

Las siguientes ecuaciones describen el cálculo de la huella hídrica azul y verde respectivamente, mientras que la figura 4.3 describe la información utilizada.

$$HHAZ = \sum_{i=1}^n PDA_{ig} * fia_{z_{ig}}$$

$$HHAV = \sum_{i=1}^n PDA_{ig} * fia_{v_{ig}}$$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2014.

Donde:

HHAZ = Huella Hídrica Agua Azul

HHAV = Huella Hídrica Agua Verde

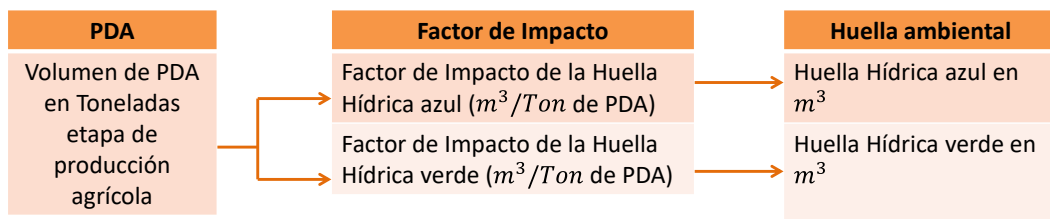
i = País, en este caso concreto China; g = grupo de alimentos

$fiaz_{ig}$ = Factor de impacto ambiental del agua azul para China del grupo de alimentos g

$fiav_{ig}$ = Factor de impacto ambiental del agua verde para China del grupo de alimentos g

PDA_{ig} = PDA de la etapa de producción agrícola de China medido en Tn y para el grupo de alimentos g .

Figura 13.3: Modelo de cuantificación de la huella hídrica de las PDA.



Fuente: FAO (2013b).

Para realizar el cálculo de la huella hídrica se utilizaron los diferentes supuestos que se exponen a continuación:

- No se calculó la huella hídrica del grupo de pescados y mariscos debido a la falta de datos disponible de los factores de impacto. Sin embargo, es importante señalar que expertos en huella hídrica sostienen que este grupo de alimentos es de un bajo o nulo consumo de agua FAO (2013b).
- Se utilizó el volumen de PDA calculado sin factores de conversión para hacer la cuantificación de la huella hídrica de las PDA. Se decidió de esta manera debido a que las partes no comestibles de alimentos que son desechadas utilizan cantidades iguales de agua para su producción que las partes comestibles.
- Se supuso que los alimentos desperdiciados en China son producidos también en China. De esta manera se multiplicaron los factores de impacto de la huella hídrica de China por su cantidad de PDA. Este supuesto introduce sesgos a la estimación debido a que no considera el intercambio internacional de alimentos. Por ejemplo, si un kilo de carne es producido en Chile, pero desperdiciado en China, lo lógico sería calcular

la huella hídrica de este kilo de carne con el factor de impacto de Chile. Sin embargo, aquí se ha utilizado el de China. Lo anterior es debido a múltiples razones, las principales son la falta de datos y la complejidad de cálculo para llevar a cabo una estimación que considere esta diferencia.

2. Huella de la tierra

Antes de comenzar a explicar la metodología de cuantificación de la huella de la tierra es necesario primero especificar algunos conceptos que tienen que ver con su uso. Estos conceptos y sus definiciones se detallan en el siguiente cuadro 4.10.

Cuadro 4.130: Conceptos y definiciones relacionados al uso de la tierra.

Término	Definición
Cobertura de la tierra	Se refiere al material biofísico con el que está cubierto el suelo. Por ejemplo, bosques, infraestructura, etc.
Uso de suelo	Se refiere al uso funcional del suelo, es decir, si tiene un uso urbano, agrícola, forestal, etc.
Cambio de uso de suelo	Se refiere al cambio de uso del suelo desde una categoría a otra. Por ejemplo, si el suelo cambia de un uso agrícola a un uso urbano.
Ocupación de suelo	Se refiere a la superficie física del suelo expresada en alguna unidad de medida, por ejemplo, en hectáreas.
Ocupación de suelo arable	Se refiere a las hectáreas de tierra de cultivo para consumo humano o alimentación animal.
Ocupación de suelo no arable	Se refiere a las hectáreas de pastizales o prados.
Degradación del suelo	Se refiere a la reducción de la capacidad de la tierra para proveer ecosistemas funcionales para sus beneficiarios en un periodo de tiempo determinado.

Fuente: FAO (2013b).

De todos estos conceptos referentes al uso del suelo se ha escogido la ocupación del suelo como indicador para cuantificar el impacto ambiental de las PDA. La razón es que es un indicador que está expresado en una unidad de medida física, por ejemplo, hectáreas, lo que lo hace fácil de entender y de calcular. Por lo tanto, en esta tesis se considera la ocupación del suelo como la superficie de tierra en hectáreas utilizada para la producción de comida que luego se desperdicia.

Es importante mencionar que este indicador no muestra de ninguna manera todas las consecuencias ambientales que tienen las PDA referentes a la tierra. Por ejemplo, no captura el impacto ambiental de la deforestación al transformar suelo con uso forestal a suelo de uso agrícola. Tampoco logra especificar si el uso agrícola del suelo es positivo

o negativo para los nutrientes de la tierra ya que no considera los efectos de degradación del suelo. Sin embargo, de todas maneras, la superficie de tierra utilizada para la producción de alimentos que luego se desperdicia es un indicador de la cantidad de tierra que podría destinarse a otros usos. En términos económicos utilizar terreno para la producción de alimentos que luego serán PDA tiene un importante coste de oportunidad.

Con respecto al ciclo de la cadena alimentaria se calculó la huella de la tierra solo para la etapa de producción agrícola. La razón es que en esta etapa es donde existe la mayor ocupación de la tierra para la producción de los alimentos. Las otras etapas de la cadena alimentaria tienen un bajo nivel de ocupación de la tierra, básicamente esta es solo para bodegas de almacenamiento, fábricas, entre otras infraestructuras. Estas infraestructuras tienen dimensiones menores en comparación con la tierra ocupada en la producción agrícola.

Las siguientes ecuaciones describen el cálculo de la huella de la tierra arable y no arable respectivamente, mientras que la figura 4.4 describe la información utilizada.

$$HTA = \sum_{i=1}^n PDA_{ig} * fita_{ig}$$

$$HTNA = \sum_{i=1}^n PDA_{ig} * fitna_{ig}$$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2014.

Donde:

HTA = Huella de la tierra arable

HTNA = Huella de la tierra no arable

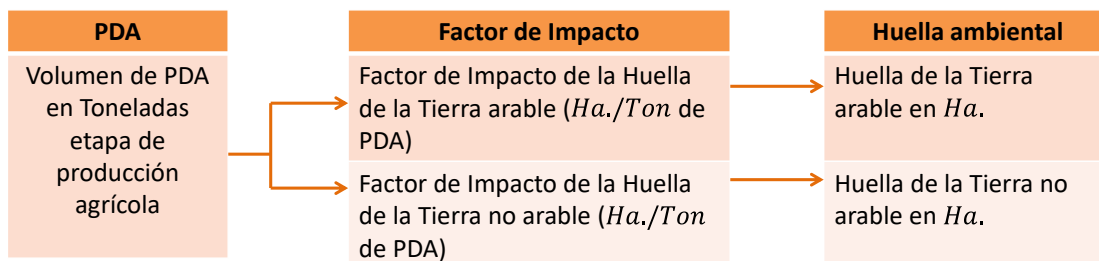
i = País, en este caso concreto China; *g* = grupo de alimentos

fita_{ig} = Factor de impacto ambiental de la tierra arable para China del grupo de alimentos *g*

fitna_{ig} = Factor de impacto ambiental de la tierra no arable para China del grupo de alimentos *g*

PDA_{ig} = PDA de la etapa de producción agrícola de China medido en Tn y para el grupo de alimentos g.

Figura 4.4: Modelo de cuantificación de la huella de la tierra de las PDA.



Fuente: FAO (2013b).

Para realizar el cálculo de la huella de la tierra se utilizaron diferentes supuestos los cuales se exponen a continuación:

- No se calculó la huella de la tierra del grupo de pescados y mariscos debido a que este tipo de alimentos utilizan de manera marginal o no utilizan tierra para su producción. En algunos casos referentes a la acuicultura se alimentan los peces con piensos producidos en tierras agrícolas, sin embargo, no se consideró la cuantificación de estos casos. La primera razón es debido a la falta de información disponible. La segunda razón es que la cantidad de tierra agrícola utilizada con estos propósitos es marginal respecto de la superficie total de tierra agrícola utilizada para producir otros alimentos.
- Se utilizó el volumen de PDA calculado sin factores de conversión para hacer la cuantificación de la huella de la tierra de las PDA. Se decidió de esta manera debido a que las partes no comestibles de alimentos que son desechadas utilizan cantidades iguales de tierra para su producción que las partes comestibles.
- Se supuso que los alimentos desperdiciados en China son producidos también en China. De esta manera se multiplicaron los factores de impacto de la huella de la tierra de China por su cantidad de PDA. Este supuesto introduce sesgos a la estimación debido a que no considera el intercambio internacional de alimentos. Por ejemplo, si un kilo de carne es producido en Chile, pero desperdiciado en China, lo lógico sería

calcular la ocupación de la tierra de este kilo de carne con el factor de huella de la tierra de Chile. Sin embargo, aquí se ha utilizado el de China. Lo anterior es debido a múltiples razones, las principales son la falta de datos y la complejidad de cálculo para llevar a cabo una estimación que considere esta diferencia.

3. Huella de carbono

Se define la huella de carbono de un alimento como el total de GEI³¹ emitidos durante todo el ciclo de vida de ese producto. La unidad de medida es kilogramos de CO_2 equivalentes³².

Los GEI emitidos por las PDA se pueden clasificar en los GEI que provienen de los organismos vivos o vegetales en el proceso de producción de alimentos -por ejemplo, de la descomposición en los vertederos- y los que provienen de recursos externos que se utilizan para producir los alimentos – por ejemplo, combustibles fósiles utilizados en los procesos de manufacturación-. En este sentido, los GEI relacionados a las PDA tienen como característica común que las emisiones de CO_2 fósil³³ son menos importantes en la mayoría de los productos manufacturados que las emisiones de GEI biogénico³⁴ tales como el metano (CH_4) y óxido de nitrógeno (N_2O) que son más importantes. En este aspecto, los GEI CH_4 y N_2O son GEI muy fuertes, en efecto el metano tiene un factor 25 veces más alto que el CO_2 mientras que el N_2O 298 veces más (FAO 2013b).

Lo anterior se puede observar en el caso de los vegetales que producen una alta emisión de N_2O debido al uso de fertilizantes. Lo mismo ocurre en el caso del N_2O producido por los gases gástricos de los animales como los cerdos y las gallinas que son alimentados con fertilizantes. En el caso de los rumiantes el GEI dominante es el CH_4 debido a los procesos de fermentación que ellos realizan al alimentarse. En el grupo de pescados y mariscos los GEI de CO_2 fósil también son elevados principalmente al uso de

³¹ Los gases de efecto invernadero (GEI) son gases atmosféricos que absorben y emiten radiación dentro de un rango infrarrojo. Los principales GEI que se producen en la atmósfera terrestre son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido de nitrógeno (N_xO_y) y el ozono (O_3).

³² El CO_2 Equivalente es una medida en toneladas de la huella de carbono que consiste en medir todos los GEI en relación a su equivalencia en CO_2 . De esta manera, una unidad de Tn CO_2 eq. Supone una emisión de GEI iguales a una tonelada de CO_2 .

³³ Se refiere al CO_2 proveniente de los combustibles fósiles.

³⁴ Se refiere a los GEI provenientes de organismos vivos o vegetales.

combustibles fósiles como fuente de energía de barcos y botes. Finalmente, las PDA abandonadas en campos emiten fuertes cantidades de CH_4 debido a que se descomponen de manera anaeróbica³⁵ (FAO, 2013b).

La huella de carbono también se calculó solo para la etapa de producción agrícola de la cadena alimentaria. En la mayoría de las cuantificaciones de la huella de carbono la fase de producción agrícola se presenta como la fase donde se generan mayores GEI. En efecto se calcula que alrededor del 70% de los GEI se producen esta fase (FAO, 2014).

La siguiente ecuación describe el cálculo de la huella de carbono de las PDA, mientras que la figura 4.5 describe la información utilizada.

$$HC = \sum_{i=1}^n PDA_{ig} * fihc_{ig}$$

Fuente: Adaptación de las ecuaciones de FAO, 2014.

Donde:

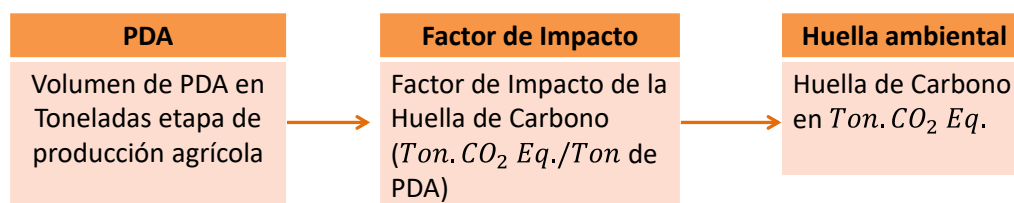
HC = Huella de carbono

i = País, en este caso concreto China; g = grupo de alimentos.

$fihc_{ig}$ = Factor de impacto del carbono para China del grupo de alimentos g medido en kilogramos de CO_2 equivalentes.

PDA_{ig} = PDA de la etapa de producción agrícola de China medido en kilogramos y para el grupo de alimentos g .

Figura 4.514: Modelo de cuantificación de la huella de carbono de las PDA.



Fuente: FAO (2013b).

³⁵ La descomposición anaeróbica es un proceso biológico de degradación en el cual parte de la materia orgánica contenida en un sustrato es convertida en una mezcla de gases, principalmente en metano y dióxido de carbono. Se diferencia de la descomposición aeróbica donde se produce la oxidación completa del sustrato descompuesto transformándose en materia inorgánica.

Para realizar el cálculo de la huella de carbono se utilizaron diferentes supuestos los cuales se exponen a continuación:

- Se utilizaron los factores de impacto de carbono recopilados por FAO (2013c). Para esto FAO revisó un total de 131 publicaciones de las cuales se seleccionaron 47 para recolectar los factores de impacto por cumplir con los criterios de selección ³⁶.
- Para los subproductos “trigo + centeno” se utilizó el factor de impacto solo del tipo de alimentos “trigo” debido a que representa el 98% de la producción mundial de este subproducto (FAOSTAT, 2017).
- Para los subproductos “Avena + Cebada + otros cereales” se utilizó el factor de impacto solo del tipo de alimentos “Cebada” debido a que representa el 76% de la producción mundial de este subproducto (FAOSTAT, 2017).
- Para los subproductos “Mijo + Sorgo” se utilizó el factor de impacto del tipo de alimentos “Cebada” debido a la falta de datos de factores de impacto para estos alimentos. De todas maneras, los subproductos “Mijo + Sorgo” solo representa el 4% de la producción mundial de cereales (FAOSTAT, 2017).
- Para el subproducto “Raíces y tubérculos” se utilizó el factor de impacto de “Patatas” debido a que las patatas y las patatas dulces representan el 60% de la producción mundial de este subproducto. (FAOSTAT, 2017)
- Para el subproducto “Oleaginosas” se utilizó un factor de impacto construido con los alimentos “Frijoles de soya+ Semillas de algodón + Semillas de colza” debido a que juntos representan el 72% de la producción mundial de “Oleaginosas”. Para construir el factor de impacto se ponderó por el peso en la producción de cada uno de estos alimentos (FAOSTAT, 2017).
- Para el subproducto “Legumbres” se utilizó el factor de impacto de “Frijoles verdes”
- Para los subproductos “Manzanas”, “Bananas”, “Uvas” se utilizó factores de impacto específicos para estos productos. Mientras que para el caso de los “Cítricos” se utilizó el factor de impacto de “Naranjas” debido a que representan el 80% de la producción mundial de citrus. (FAOSTAT, 2017).
- El subproducto “Otras frutas” está compuesto por una amplia variedad de alimentos distintos. Por esta razón, se utilizó un factor de impacto construido con los alimentos

³⁶ Para revisar los criterios de elección de las 47 publicaciones seleccionadas por FAO ver anexo VIII de FAO (2013b).

“melocotón + pera + fresa + mango” debido a que juntos representan el 40% de la producción mundial de este subproducto. Además, para estos alimentos existen datos confiables para extraer los factores de impacto. (FAO, 2013b).

- Para el subproducto “carnes” se utilizó factores de impacto específicos para cada tipo de carne dependiendo del tipo de forma de alimentación de los animales. Es decir, si son alimentados con pienso, con pastizales, etc. (FAO, 2013b).
- Para el subproducto “pescado y mariscos” se utilizó factores de impacto específicos para estos productos dependiendo de las especies de captura y acuicultura más representativas de cada región. Para extraer la información sobre la composición de las especies por región se utilizó el Fishstatj software³⁷ (FAO, 2013b).
- Para los subproductos “leche” y “huevos” se utilizó el factor de impacto de las regiones de Europa y Norte América y Oceanía debido a la falta de datos disponibles para las otras regiones. (FAO, 2013b).
- Para el subproducto “vegetales” se utilizó un factor de impacto construido con los alimentos “tomates”, “cebollas” y “Otros vegetales”. Para construir el factor de impacto se ponderó por el peso en la producción de cada uno de estos alimentos por región (FAO, 2013b).

4.4 Bases de datos consultadas

Con respecto a las bases de datos consultadas, se describen a continuación cuáles han sido para cada uno de los ítems:

- a) **Seguridad Alimentaria:** Los datos referentes al panorama de la seguridad alimentaria que se expondrán en los epígrafes 5.3 y 5.8 se obtuvieron de la base de datos de indicadores de seguridad alimentaria de la FAO³⁸, los cuales se encuentran agrupados por dimensiones de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, uso y estabilidad.

³⁷ FishStatJ software es una aplicación para Windows y Mac que todos los usuarios pueden usar para acceder a las estadísticas de pesca y acuicultura de la FAO. Se incluyen datos sobre producción, comercio y consumo. Los datos se pueden extraer y agregar según diversos niveles de detalles y clasificaciones estándares internacionales.

³⁸ Para ver el conjunto de indicadores sobre seguridad alimentaria recopilados en la base de datos de la FAO ver el siguiente link: http://www.fao.org/economic/ess/ess-fs/indicadores-de-la-seguridad-alimentaria/es/#.WT8m_GiLTIU.

- b) **Pérdida y Desperdicio de Alimentos:** Para realizar la estimación de las pérdidas y desperdicios de alimentos a nivel mundial que se expondrá en los epígrafes 5.1 y 5.2 se utilizó la metodología diseñada por FAO (2012) con algunas modificaciones utilizadas en FAO (2013b). Sin embargo, en este caso, todos los datos se obtuvieron de las hojas de balance alimentario de FAOSTAT del año 2017, a diferencia de las estimaciones de FAO (2012) donde se utilizó el Anuario Estadístico de la FAO (2009) para todos los grupos alimenticios excepto para el grupo de oleaginosas y legumbres donde se utilizaron las hojas de balance alimentario. Además, para los cálculos per cápita se utilizaron los datos de la población de la base de datos del Banco Mundial del año 2017.

Por su parte, para agrupar los países en función del nivel de SA se utilizó como referencia el índice de seguridad alimentaria de diciembre del año 2019 creado por The Intelligence Economist Unit y DuPont³⁹. Puesto que el indicador solo es calculado para 113 países, el resto de países se clasificaron dentro de la categoría “Sin Índice EU/DuPont” como se explicó en detalle en la sección referente a la metodología de cuantificación de las PDA.

Respecto de los factores para la cuantificación de las PDA, tanto los factores de asignación y conversión como los factores de las PDA en cada paso de la cadena alimentaria, se utilizaron los mismos que en FAO (2012).

- c) **Impacto ambiental:** Para la cuantificación del impacto medioambiental de las PDA se utilizaron los factores de impacto ambiental de FAO (2014) que fueron expuestos en la tabla 4.15.

³⁹ Este índice está construido en función de 28 indicadores que consideran las dimensiones de acceso, disponibilidad y calidad de los alimentos. Además, utiliza para su construcción indicadores que miden la exposición de los países a los impactos del cambio climático y a los riesgos derivados del uso de sus recursos naturales.

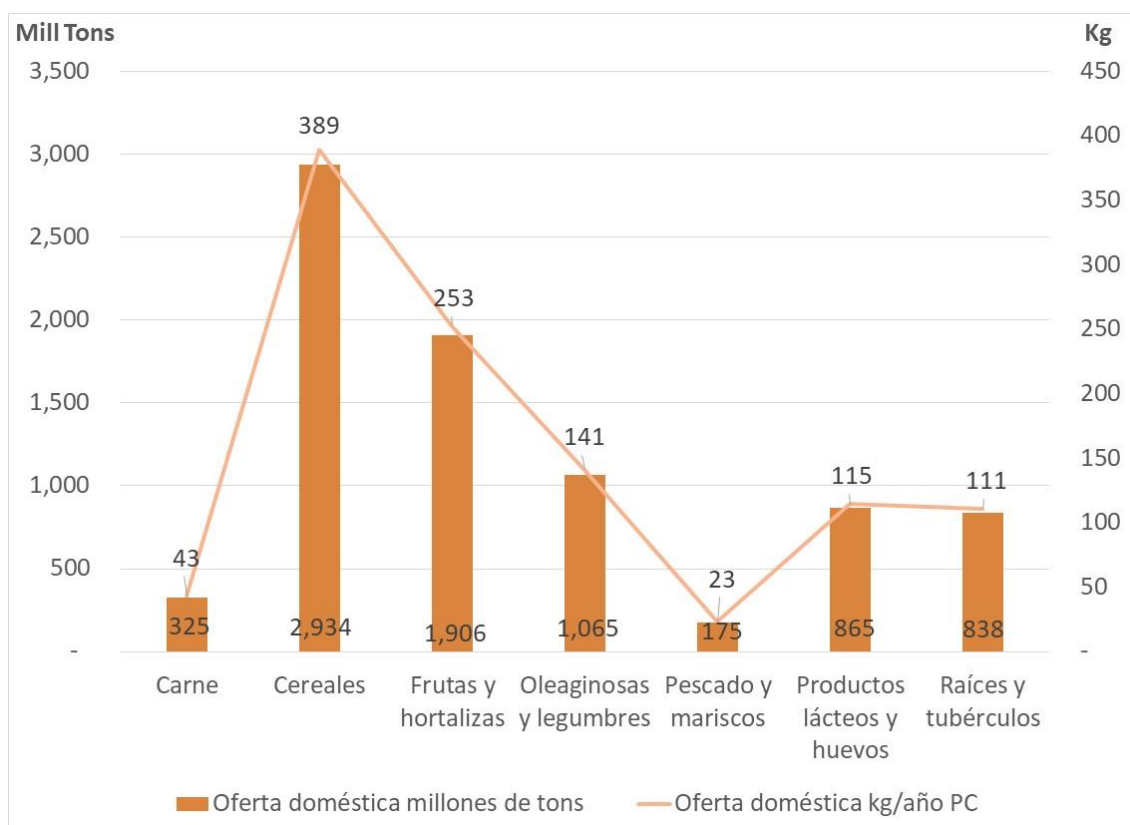
5. Resultados empíricos

5.1 Resultados de la cuantificación de las PDA a nivel mundial

Siguiendo la metodología de balance de masas, que se expuso en capítulo anterior, en el presente epígrafe se expondrá una estimación de la pérdida y desperdicio de alimentos a nivel mundial, agrupadas por grupo alimenticio y fase de la cadena alimentaria en la que se producen. Con ello, se quiere observar cuánta es la cantidad de PDA cuya reducción puede contribuir a: 1) el aumento de la seguridad alimentaria en los países con inseguridad alimentaria; 2) la reducción del impacto ambiental que genera la PDA; 3) en qué etapa de la cadena alimentaria se pueden diseñar políticas públicas para producir el mayor impacto en la reducción de las PDA.

La oferta doméstica mundial de alimentos según FAOSTAT (2020) fue de 8.109 millones de toneladas en el año 2017. Entre ellas, como se observa en el Gráfico 5.1 la mayor parte corresponde a cereales (2.934 millones de toneladas), seguido por frutas y hortalizas que en total suman 1.906 millones de toneladas. Los productos lácteos y huevos y las raíces y tubérculos están en torno a los 865 y 838 millones de toneladas respectivamente. Finalmente, los productos con menor oferta doméstica son las carnes y los pescados y mariscos con 325 y 175 millones de toneladas. Si se dividiera esta cantidad de comida en partes iguales en la población mundial se tendría que el alimento con mayor disponibilidad para una persona son los cereales con 389 kg al año. En una cantidad comparativamente menor cada persona dispondría de 43 kg de carne y 23 kg de pescado per cápita por año.

Gráfico 5.1: Oferta doméstica medida en millones de Tn/año y oferta doméstica per cápita de alimentos medida en kg/año, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FAOSTAT, 2020 y Banco Mundial, 2020.

Por otro lado, según la estimación realizada en esta tesis, a nivel mundial, en el año 2017, se desperdiciaron 1.498 millones de toneladas de alimentos, este cálculo es considerando los factores de conversión. Si estos no se consideran, la suma de PDA aumenta a 1.863 millones de toneladas (ver tablas 5.1 y 5.2). En el análisis por grupo alimenticio se observó que las mayores PDA se concentraron en el grupo de frutas y hortalizas, 631 millones de toneladas, equivalentes al 42% del total de PDA. Con volúmenes similares están los grupos alimenticios de raíces y tubérculos y cereales con 272 y 248 millones de toneladas respectivamente, lo que equivale al 18% y 17% del total de PDA. Luego siguen los productos lácteos y huevos con PDA de 136 millones de toneladas, 9% del total. Finalmente, con volúmenes menores respecto a los de los grupos mencionados anteriormente están las oleaginosas y legumbres, carnes y pescados y mariscos.

Estas cifras están en línea con los resultados de los estudios revisados en la sección anterior. En concreto FAO (2012), considerando factores de conversión, estimó un

volumen de PDA, para el año 2007, de 1300 millones de toneladas. Por su parte, Porter et al., (2016), sin considerar los factores de conversión, estimó, para el año 2011, un volumen de PDA de 1.626 millones de toneladas. La diferencia al alza en los resultados obtenidos en esta tesis se debe a que los datos utilizados para la estimación son del año 2017, mientras que los datos utilizados en los estudios previos son de los años 2009 (FAO, 2012) y 2011 (Porter et al., 2016). Esto implica que, la producción de alimentos sobre los cuales se calculan las PDA, en la mayoría de los grupos, son mayores en el año 2017 que en los años anteriores.

Tabla 5.9: Estimación de PDA agrupadas por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año, con factor de conversión, a nivel mundial, año 2017.

Grupo de alimentos	Producción agrícola	Manejo postcosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo	Total grupo de alimentos
Carne	14.3	2.4	0.1	16.5	23.8	57.1
Cereales	48.2	76.9	3.5	22.4	96.6	247.6
Frutas y hortalizas	207.2	123.1	27.5	127.0	146.0	630.8
Oleaginosas y legumbres	31.7	36.2	56.1	1.0	0.7	125.6
Pescado y mariscos	9.1	2.9	3.7	8.7	5.2	29.6
Productos lácteos y huevos	32.5	30.5	0.0	35.8	36.8	135.6
Raíces y tubérculos	101.6	95.8	22.9	26.4	25.1	271.9
Total etapa de la cadena alimentaria	444.8	367.8	113.7	237.7	334.1	1498.2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020).

Tabla 5.10: Estimación de PDA agrupadas por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año, sin factor de conversión, a nivel mundial, año 2017.

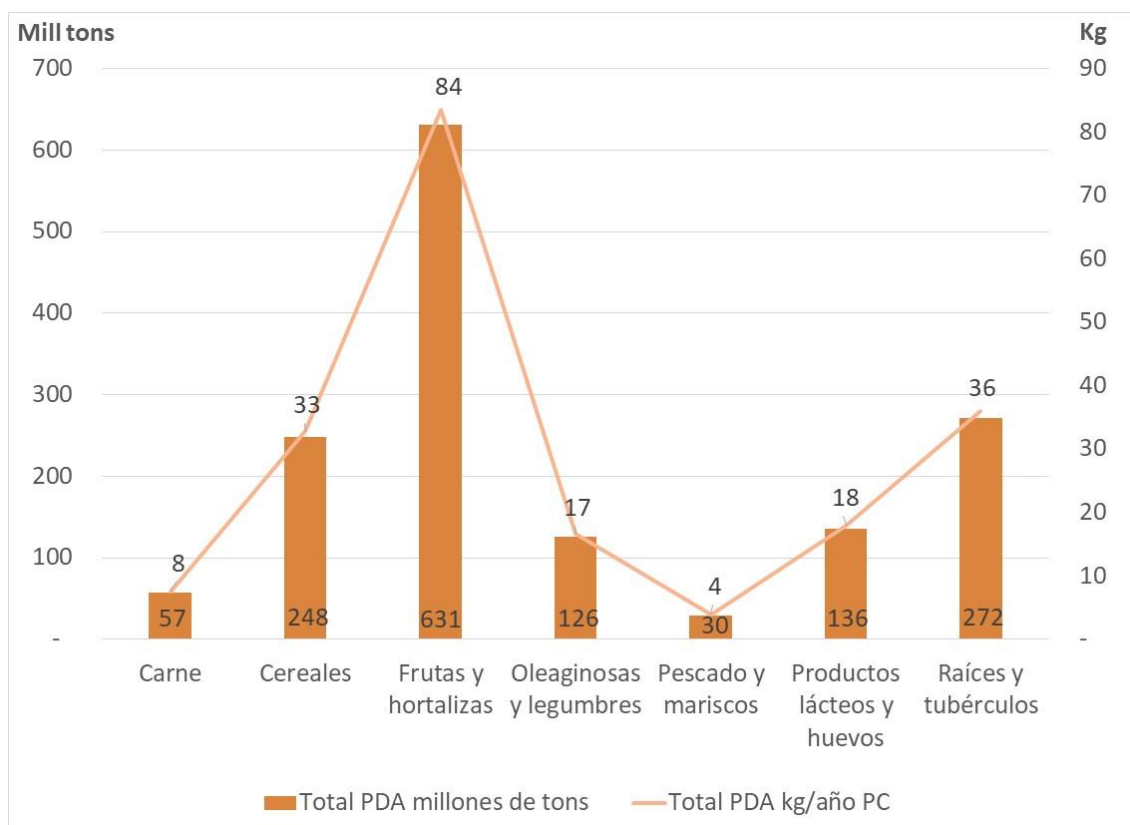
Grupo de alimentos	Producción agrícola	Manejo postcosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo	Total grupo de alimentos
Carne	14.3	2.4	0.1	16.5	23.8	57.1
Cereales	63.8	104.5	5.0	31.9	135.1	340.3
Frutas y hortalizas	267.4	158.9	35.4	163.8	188.4	813.9
Oleaginosas y legumbres	31.7	36.2	56.1	1.0	0.7	125.6
Pescado y mariscos	18.3	5.8	7.3	17.4	10.3	59.2
Productos lácteos y huevos	32.5	30.5	0.0	35.8	36.8	135.6
Raíces y tubérculos	124.0	116.9	27.9	32.2	30.6	331.6
Total etapa de la cadena alimentaria	552.0	455.1	131.8	298.6	425.8	1863.3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020).

A nivel per cápita se estimó que en el año 2017 cada persona desperdició 198 kg de alimentos. De estos, 84 kg correspondieron a frutas y hortalizas, 36 kg a raíces y

tubérculos y 33 kg a cereales. En cantidades menores, cada persona desperdició 8 kg de carnes y 4 kg de pescados y mariscos. A nivel per cápita los resultados no difieren mayormente con los estimados por Porter et al., (2016) 240 kg per cápita en 2011 y con los estimados por FAO (2012) entre 120 y 300 kg/año dependiendo de la región.

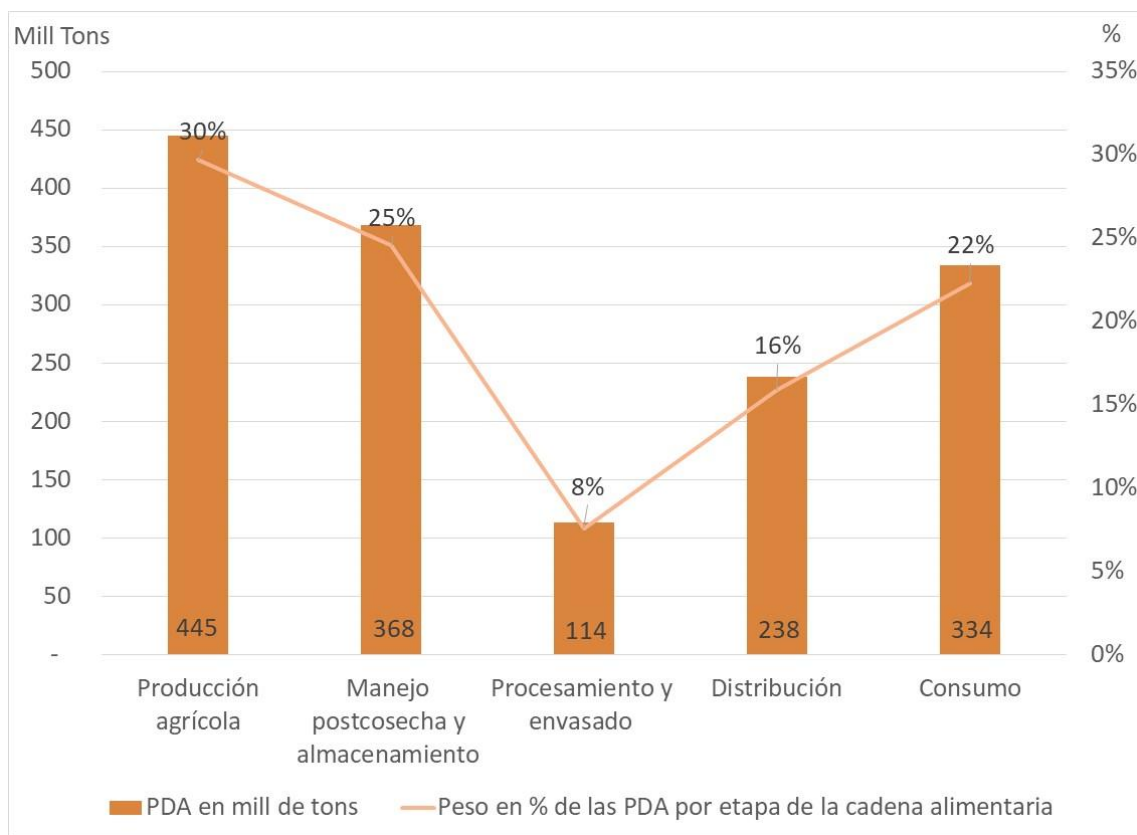
Gráfico 5.2: PDA agrupadas por grupo alimenticio en millones de Tn/año y PDA per cápita por grupo alimenticio en kg, con factor de conversión, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2020 y Banco Mundial, 2020.

Si el análisis se realiza en función de las fases de la cadena alimentaria se observa que el 30% (444 millones de toneladas) de las PDA se producen en la primera fase, es decir, en la etapa de la producción agrícola. Con valores similares siguen las fases de manejo, postcosecha y almacenamiento y consumo con 25% (367 millones de toneladas) y 22% (334 millones de toneladas) respectivamente. Luego sigue la etapa de distribución con 16% (237 millones de toneladas). La etapa que menos PDA produce es la de procesamiento y envasado, 113 millones de toneladas equivalentes al 8% del total de PDA.

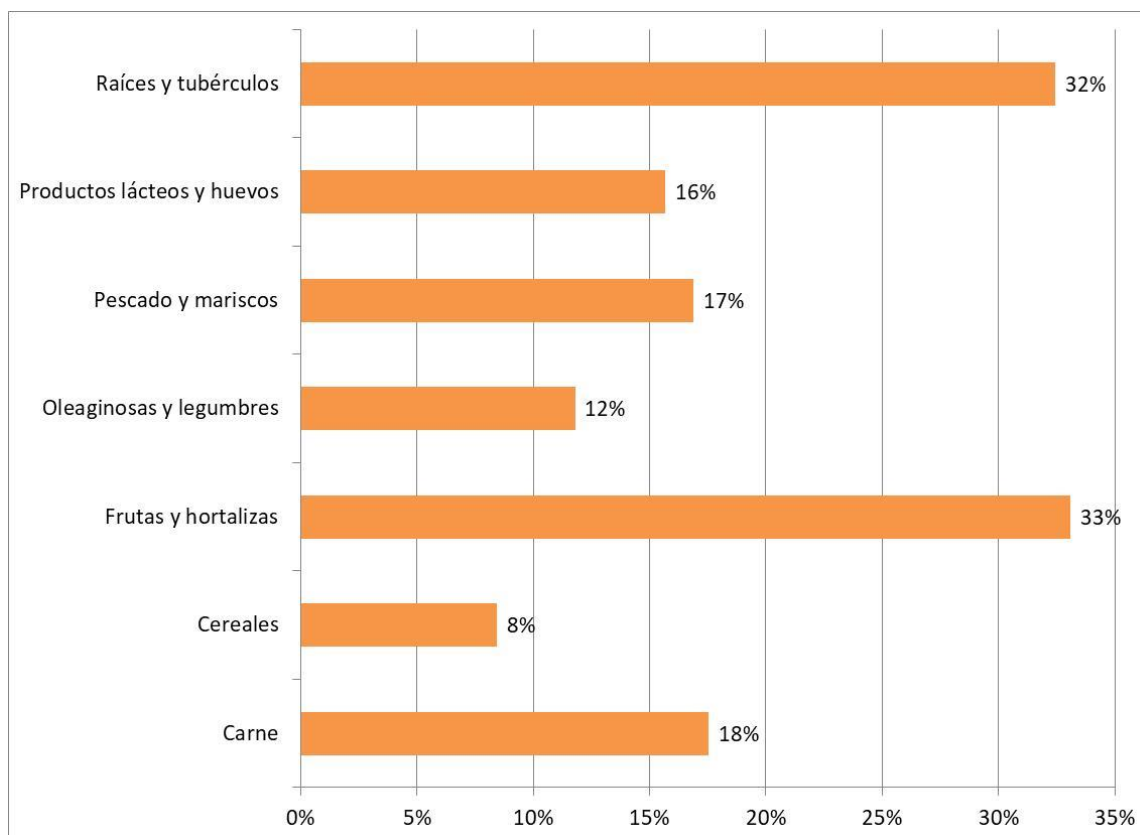
Gráfico 5.3: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año y % de participación de cada etapa en el total de PDA, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2020 y Banco Mundial, 2020.

A pesar de que, en términos per cápita, el volumen de PDA no parece sorprendente, si se compara con la oferta doméstica mundial la situación cambia. En este aspecto, se observa que el 33% del total de frutas y hortalizas que, dispondría una persona si los alimentos se repartieran por igual, es PDA. El 32% de las raíces y tubérculos y en torno al 17% de las carnes, pescado y mariscos y productos lácteos y huevos. Finalmente, el 8% de cereales y el 12% de oleaginosas y legumbres. Por lo tanto, se observa que existe un amplio margen para, a partir de la reducción de las PDA, contribuir a la SA.

Gráfico 5.4: PDA per cápita por grupo alimenticio como % de participación del total de la oferta de alimentos, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT, 2020 y Banco Mundial, 2020.

5.2 Resultados de la estimación de las PDA según nivel de SA

En la presente sección se expondrá una estimación de la pérdida y desperdicio de alimentos a nivel mundial, agrupadas por grupo alimenticio, por países según su grado de seguridad alimentaria y, la fase de la cadena alimentaria en la que se producen. Con ello, al igual que en la primera parte de este capítulo, se quiere observar cuánta es la cantidad de PDA cuya reducción puede contribuir al aumento de la seguridad alimentaria en los países con inseguridad alimentaria y, en qué parte de la cadena alimentaria la intervención puede producir el mayor impacto en la reducción de la PDA.

Como se ha expuesto anteriormente en la sección de metodología de esta tesis, los países se han clasificado según su nivel de seguridad alimentaria de acuerdo con la clasificación del índice mundial de seguridad alimentaria, a saber, muy bueno, bueno, moderado y débil. Además, se añadió una nueva categoría para los países en los que The Economist Intelligence Unit no calificó el nivel de seguridad alimentaria. Esta categoría

fue etiquetada como países "sin índice EIU". Así, un total de 171 países fueron considerados en esta investigación, en conjunto reúnen una población de 7.369 millones de personas en 2017. El número de países por categoría de seguridad alimentaria se muestra en la tabla 5.3. Con la excepción de los países sin índice EUI (63 países), el mayor número de países se encuentra en la categoría de nivel bueno y moderado de seguridad alimentaria, en total 88 países. La mayoría de la población mundial también vive en estos dos tipos de países, 6.345 millones de personas, el 86% de la población total mundial. Una enorme contribución a la población proviene de China (1.452 millones de personas) y de la India (1.338 millones de personas) para las categorías de nivel bueno y moderado de seguridad alimentaria, respectivamente.

Tabla 11: Oferta doméstica en millones de toneladas, por nivel de seguridad alimentaria del país y por cada grupo alimentario, año 2017.

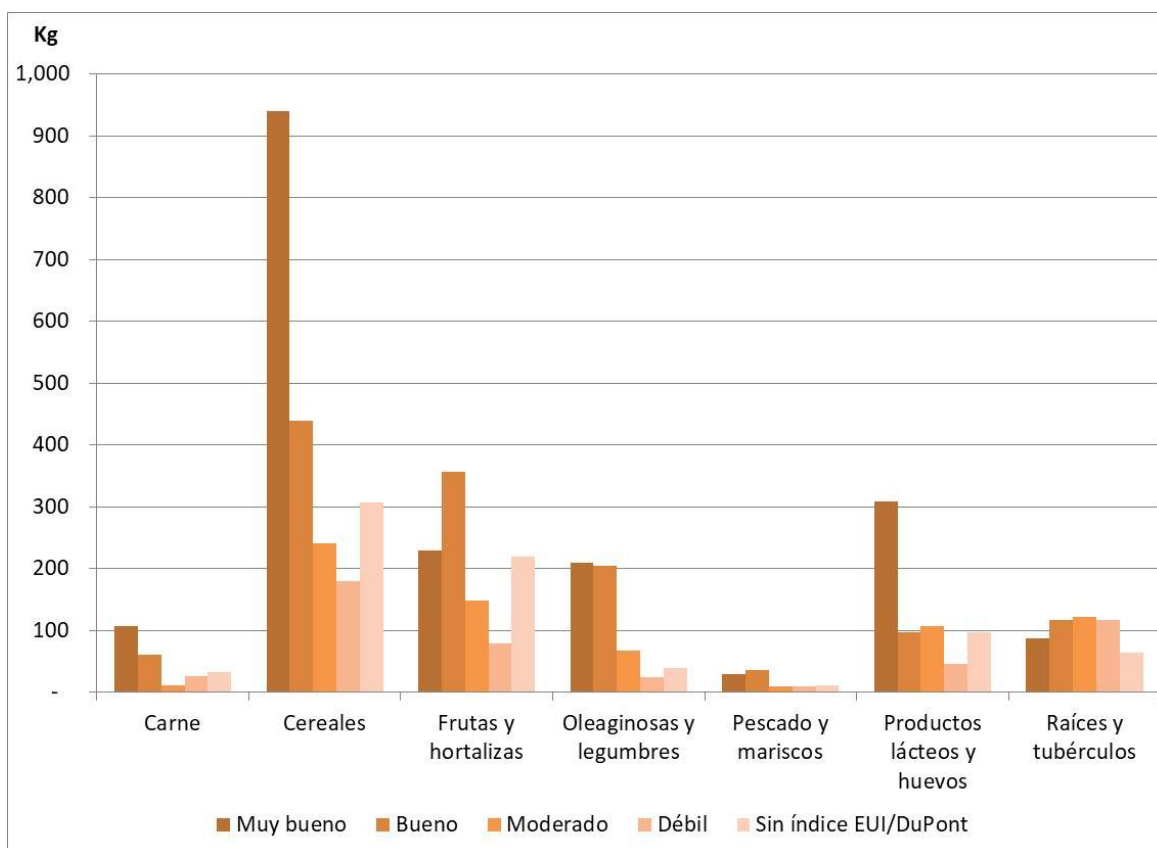
Grupo de alimentos	Nivel de seguridad alimentaria					Total
	Muy bueno	Bueno	Moderado	Débil	Sin índice EUI/DuPont	
Cereales	940.4	439.2	241.4	179.8	305.8	2106.6
Productos lácteos y huevos	308.6	97.0	106.7	45.7	97.0	655.0
Pescados y mariscos	29.2	35.3	9.3	9.2	10.9	93.9
Frutas y hortalizas	229.0	355.9	148.0	79.0	218.9	1030.8
Carne	107.1	60.1	10.8	25.3	32.4	235.8
Oleaginosas y legumbres	209.8	204.2	67.0	24.5	39.4	544.9
Raíces y tubérculos	87.3	116.3	121.7	117.6	64.0	506.8
Total	1911.5	1307.9	704.8	481.0	768.6	5173.9
N° de países	14	52	36	6	63	171
Población (millón de personas)	610.8	3619.7	2725.6	110.4	302.8	7369.3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Como se observa en el gráfico 5.5 los países que tienen una mayor oferta doméstica per cápita de alimentos -medida en kg/año- son aquellos que tienen un mayor nivel de SA. En este sentido, en los países que según el índice EUI/DuPont están clasificados con un ambiente “Muy bueno” su oferta doméstica per cápita es de 1.912 kg/año, seguido por los países con ambiente “Bueno” con 1.308 kg/año, luego están los países con ambiente “Moderado” y “Débil” con 705 y 481 kg/año per cápita de alimentos respectivamente, por lo tanto, los países con peor SA tienen solo un 25% de la disponibilidad de alimentos per cápita que tienen los países con mejor SA.

Por su parte, si se desagrupa la disponibilidad doméstica de alimentos por grupo alimenticio se tiene que, en seis de los siete grupos alimenticios, la tendencia se repite, es decir, los países con mayor oferta doméstica per cápita son los que tienen mayor SA. Una excepción es el grupo de raíces y tubérculos donde los países con moderado y peor nivel de SA son los que tienen una mayor oferta doméstica per cápita de este grupo 122 y 118 kg/año. Luego están los países con ambiente “Bueno” y “Muy bueno” con 116 y 87 kg/año respectivamente. Esto no es de sorprender puesto que los países de ingresos bajos que, suelen ser los mismos que tienen un elevado grado de inseguridad alimentaria, su nivel de consumo de raíces y tubérculos es elevado debido a que es un alimento de bajo precio. Varias razones explican esta situación, según Sanginga (2015) y Eke-Okoro et al., (2014), entre ellas: (i) el precio de los productos de raíz con almidón es bajo, por lo tanto, es asequible para las personas de estratos socioeconómicos menores; (ii) son alimentos básicos nutricionalmente ricos que proporcionan proteínas, vitamina C, vitamina A, zinc y hierro; (iii) son productos básicos versátiles que producen más alimentos por unidad de superficie de tierra en comparación con muchos otros cultivos; (iv) la patata y la batata son cultivos de ciclo corto, de tres a cuatro meses; (v) el ñame y la yuca son vitales en el ciclo anual de disponibilidad de alimentos debido a su adaptación agroecológica más amplia, diverso período de madurez y en capacidad de almacenamiento en tierra; (vi) son mucho menos susceptibles a las perturbaciones del mercado a gran escala y a la especulación de precios experimentada por productos básicos más comercializados, como los granos. Además, los países con un nivel moderado y débil de seguridad alimentaria tienen una baja disponibilidad de productos lácteos y carne, lo que corrobora la dieta insuficiente que tienen (Schonfeldt y Gibson, 2012). Esto apoya el argumento de que los países con alto nivel de seguridad alimentaria suelen ser aquellos con altos ingresos per cápita, entonces tienen acceso a una dieta más variada, equilibrada y saludable que aquellos con bajo nivel de seguridad alimentaria (Schonfeldt y Gibson, 2012)

Gráfico 5.5: Oferta doméstica per cápita de alimentos, medida en kg/año, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

Según la estimación realizada en esta tesis, a nivel mundial, en el año 2017, se desperdiciaron 1.498 millones de toneladas de alimentos considerando los factores de conversión, es decir, descontando la parte de los alimentos que no es comestible. El mayor desperdicio se concentró en los países clasificados con ambiente “Bueno” donde las PDA fueron de 894 millones de toneladas al año, lo que equivale al 60% de las PDA a nivel mundial. Con una PDA comparativamente menor les siguieron los países clasificados con un ambiente “Moderado” con PDA estimadas de 388 millones de toneladas año. Con PDA 5,6 veces menores (160 millones de toneladas) que los países con ambiente “Bueno” están los países clasificados con ambiente “Muy bueno”. Finalmente, los países con ambiente débil fueron los que inferiores PDA tuvieron (11 millones de toneladas año). Estas cifras muestran que, en todos los grupos de países, según su SA, existen PDA considerables, donde su reducción puede ser utilizada como una medida de aumento del nivel de seguridad alimentaria.

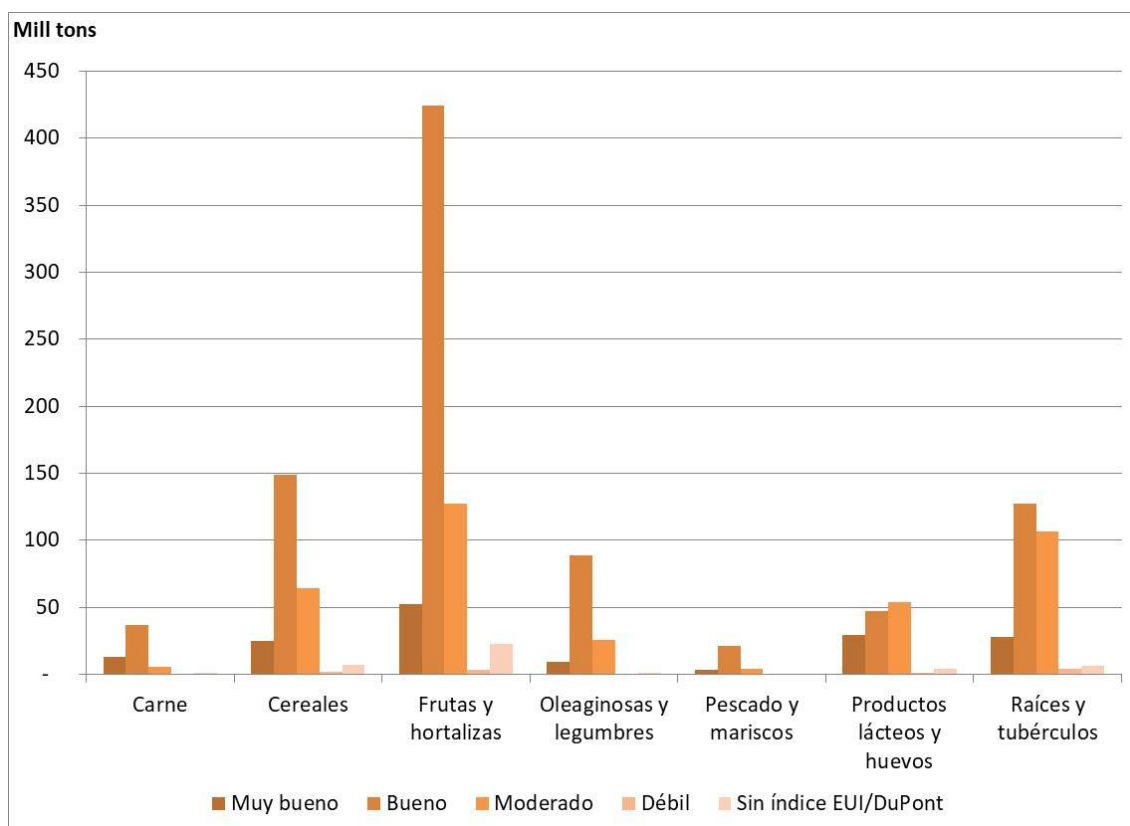
Tabla 12: Estimación de las PDA en millones de toneladas, por nivel de seguridad alimentaria del país y por cada grupo alimentario, año 2017.

Grupo de alimentos	Muy bueno	Bueno	Moderado	Débil	Sin índice EUI/DuPont	Total Grupo de alimentos
Carne	12.8	36.7	5.4	0.6	1.6	57.1
Cereales	25.1	149.1	64.6	1.8	7.0	247.6
Frutas y hortalizas	52.8	424.2	127.7	3.3	22.8	630.8
Oleaginosas y legumbres	9.2	88.7	26.1	0.4	1.2	125.6
Pescado y mariscos	3.4	21.3	4.2	0.1	0.6	29.6
Productos lácteos y huevos	29.5	47.1	53.7	1.0	4.3	135.6
Raíces y tubérculos	27.8	127.2	106.6	4.1	6.1	271.9
Total nivel de seguridad alimentaria	160.5	894.3	388.3	11.4	43.7	1498.2

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Respecto del grupo de alimentos se tiene que el 42% (631 millones de toneladas) de las pérdidas se produce en frutas y hortalizas, un 18% (272 millones de toneladas) en raíces y tubérculos y, un 17% (248 millones de toneladas) en cereales. El caso más excepcional es el de PDA producidas en los países con ambiente “Bueno” en el grupo de frutas y hortalizas (424 millones de toneladas), esto se explica porque China se encuentra en esta categoría. Solo en China se producen el 45% (401 millones de toneladas) de las PDA de la categoría de países “Ambiente bueno” y el 54% (229 millones de toneladas) de las PDA en frutas y hortalizas de esta misma categoría de países.

Gráfico 5.6: PDA agrupadas por grupo alimenticio, en mills. de Tn/año, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

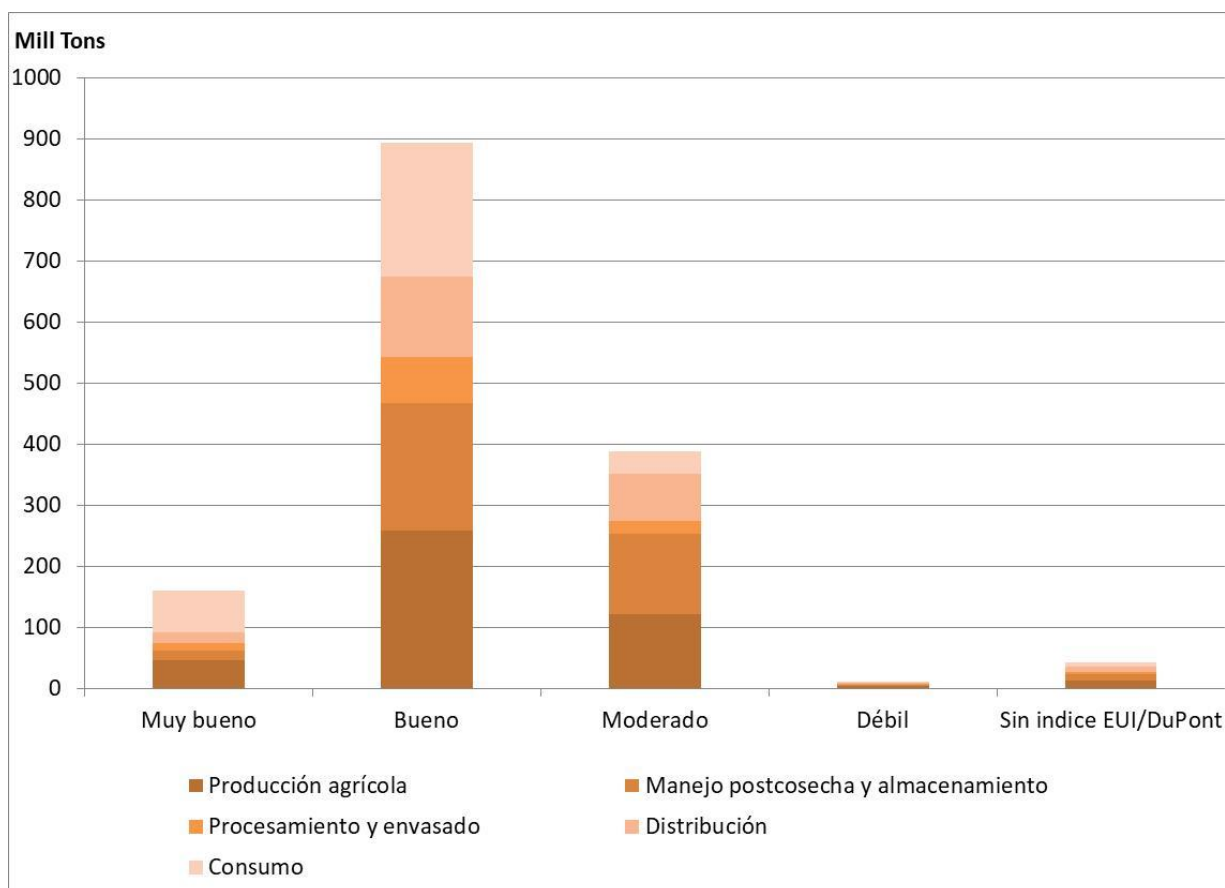
Si el análisis se realiza en función de las fases de la cadena alimentaria se observa que el 30% (444 millones de toneladas) de las PDA se producen en la primera fase, es decir, en la etapa de la producción agrícola. Con valores similares siguen las fases de manejo, postcosecha y almacenamiento y consumo con 25% (367 millones de toneladas) y 22% (334 millones de toneladas) respectivamente. Luego sigue la etapa de distribución con 16% (237 millones de toneladas). La etapa que menos PDA produce es la de procesamiento y envasado, 113 millones de toneladas equivalentes al 8% del total de PDA.

Tabla 13: Estimación de las PDA en millones de toneladas, por nivel de seguridad alimentaria y etapa de la cadena alimentaria, año 2017.

Nivel de seguridad alimentaria	Oferta doméstica (Millones de Tn)	Pérdida y desperdicio de alimentos mill Tn					Total PDA por nivel de SA	PDA/Oferta doméstica
		Producción agrícola	Manejo postcosecha y almacenamiento	Procesamiento y envasado	Distribución	Consumo		
Muy bueno	1167.6	46.3	15.7	11.9	18.2	68.3	160.5	14%
Bueno	4734.3	259.3	207.9	75.8	132.2	219.1	894.3	19%
Moderado	1921.1	122.3	130.5	22.3	76.5	36.8	388.3	20%
Débil	53.1	3.5	3.3	1.0	2.1	1.5	11.4	21%
Sin índice EUI/DuPont	232.7	13.5	10.3	2.7	8.8	8.4	43.7	19%
Total	8108.8	444.8	367.8	113.7	237.7	334.1	1498.2	18%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Gráfico 5.7: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria, en millones de Tn/año, año 2017.



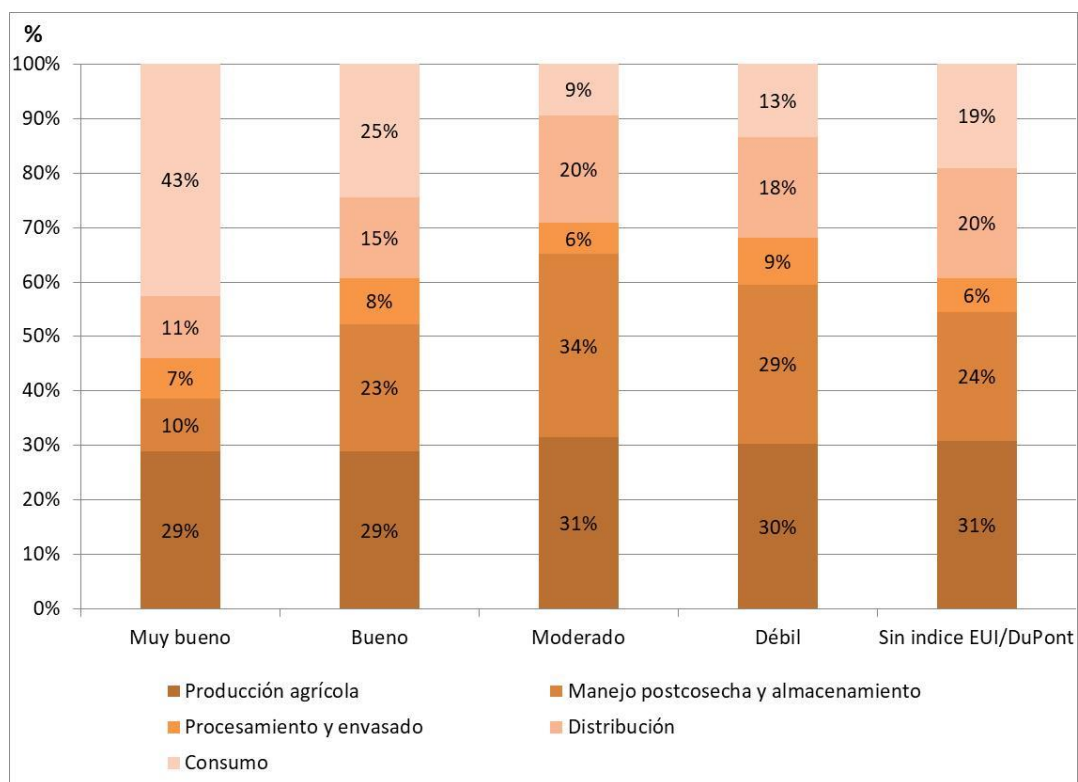
Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

A su vez, se observa que el 60% de las PDA en los países con clasificación “Débil” se produce en las primeras dos fases de la cadena alimentaria, es decir, en la producción

agrícola y manejo, postcosecha y almacenamiento. En estas mismas dos fases se produce el 65% de las PDA de los países con un ambiente moderado de SA. Lo contrario ocurre con los países clasificados como “Muy bueno” quienes producen el 43% de las PDA en la etapa de consumo. En el caso de los países con ambiente “Bueno” las PDA se concentran en los extremos de la cadena alimentaria, un 29% y un 25% en la fase de producción agrícola y consumo respectivamente.

No es de sorprender que los países con problemas de SA concentren las PDA en las primeras fases de la cadena alimentaria y los países con alta SA lo hagan en el consumo. Esto es principalmente debido a que los países con problemas de SA también son los de más bajos ingresos, por lo tanto, en su mayoría carecen de la técnica y tecnología suficiente para ejecutar de manera eficiente los procesos de producción, elaboración y envasado de alimentos. A su vez, los países sin problemas de SA suelen ser los de más altos ingresos y, por lo tanto, cuentan con la técnica y tecnología más eficiente de la industria. Sin embargo, sus estándares de calidad y estética de los alimentos hacen que la población genere mucha PDA en la etapa de consumo.

Gráfico 5.8: Peso en % de las PDA en cada etapa de la cadena alimentaria, año 2017.

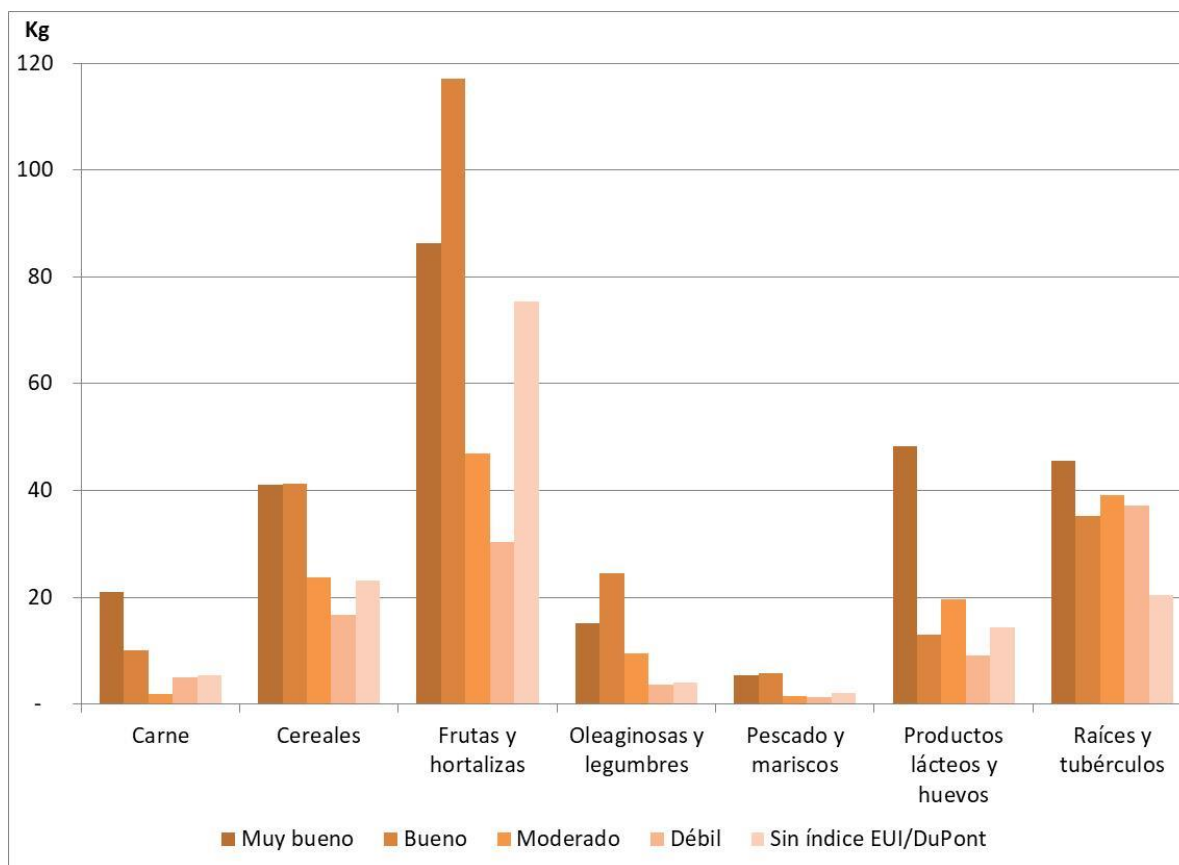


Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

En términos per cápita se tiene que existe una correlación positiva entre los países con más SA y las PDA, es decir, mientras más SA mayores son las PDA. En este aspecto, los países con ambiente “Muy bueno” son los que tienen mayor cantidad de PDA per cápita (263 kg/año), seguido por los países con ambiente “Bueno” con 247 kg/año, luego están los países con ambiente “Moderado” (142 kg/año) y los países con peor SA, 103 kg/año. A su vez, se observa que la mayor cantidad per cápita de PDA se genera en el grupo alimentario de frutas y hortalizas. Según Massimo (2017) algunas de las razones que explican las PDA en este grupo de alimentos son: i) incertidumbres en la predicción del volumen de la oferta y la demanda, lo que provoca sobreproducción en la oferta y volatilidad en la demanda, especialmente en alimentos perecederos, como, las raíces y tubérculos y, frutas y hortalizas; (ii) uso inapropiado de refrigeradores y sistemas de almacenamiento en los hogares que mantienen frescas las frutas y hortalizas por más tiempo; (iii) bajos precios de las frutas y hortalizas en comparación con el salario en los países desarrollados; (iv) normas de comercialización de frutas y hortalizas; (v) sobreproducción agrícola relacionada con subvenciones gubernamentales; (vi) diferencias en la aplicación de las normas de calidad entre los países; (vii) controles fitosanitarios sobre las importaciones; (viii) alimentos que no cumplen las normas de comercialización; (ix) hogares formados por pocos miembros o por una sola persona; (x) comportamiento selectivo de los consumidores con respecto a la frescura de los alimentos. (xi) condiciones climáticas, heladas, sequías, roedores, picaduras de aves o enfermedades de frutas y hortalizas. Esta situación induce a los agricultores a sobre plantar con el fin de evitar riesgos de no cumplir con las condiciones contractuales. Como consecuencia, se generan productos no vendidos que, luego se convierten en PDA (Buchner et al., 2012). (xii) la naturaleza suave de muchos tipos de frutas y verduras las hace susceptibles a daños mecánicos durante la cosecha debido a la manipulación automatizada o manual (Canali et al., 2016).

Como se observa en estas cifras las PDA per cápita de alimentos son considerables, por lo que su reducción puede contribuir a mejorar algunas dimensiones de la SA, como la disponibilidad y el acceso.

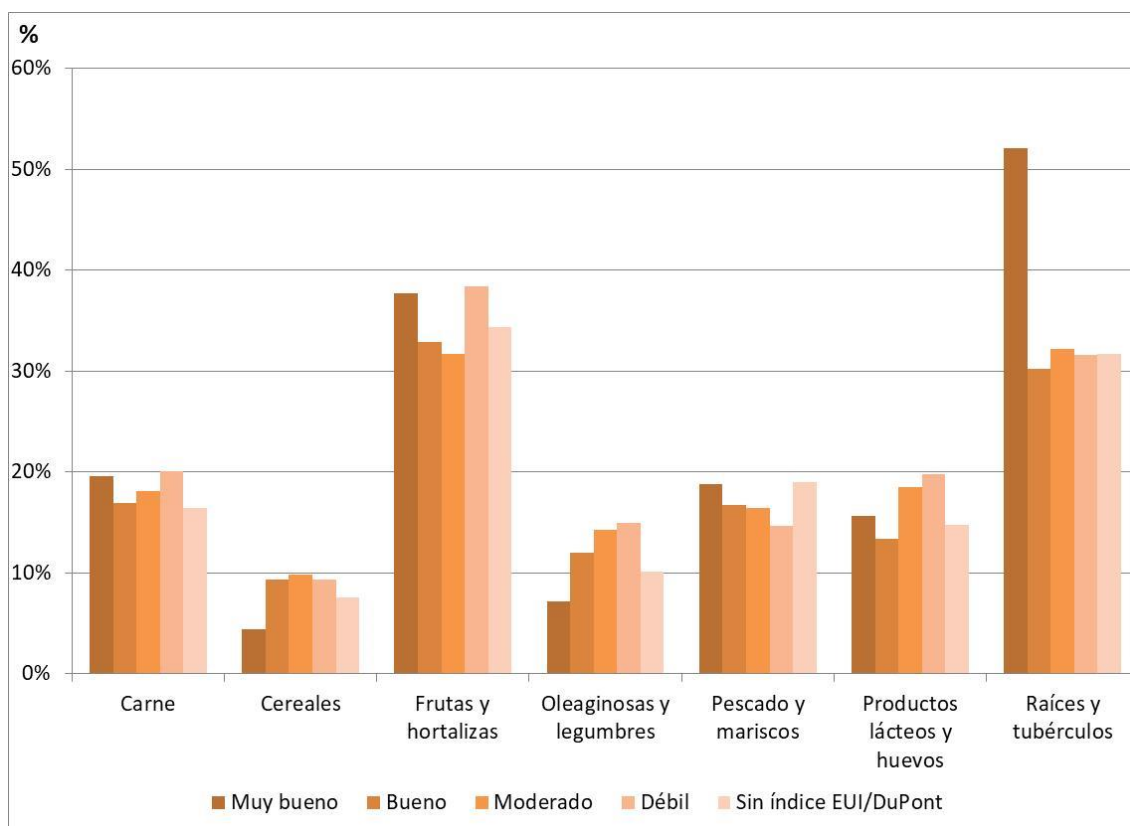
Gráfico 5.9: PDA per cápita de alimentos agrupada por grupo alimenticio, medida en kg/año, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

Si se observan las PDA per cápita como porcentaje de la oferta doméstica de alimentos se tiene que existe una brecha importante para contribuir a la SA a partir de la reducción de las PDA. En este aspecto, se observa que los países con mayor problema de SA en el grupo alimentario de frutas y hortalizas tienen PDA del 38% de la oferta alimentaria doméstica, mientras que en el grupo de raíces y tubérculos la situación no difiere mucho ya que ascienden al 32%. Los países que están clasificados con un ambiente de SA moderado, para estas categorías de alimentos, tienen un 32%. Por su parte, el caso de los países con ambientes “Muy bueno” y “Bueno” es más preocupante ya que, las PDA alcanzan el 52% y 30% en el grupo de raíces y tubérculos y el 38% y 33% en frutas y hortalizas. Otros grupos de alimentos donde el porcentaje de PDA respecto de la oferta doméstica de alimentos es alto son el de carnes y el de productos lácteos huevos. En este caso los países con problemas de SA tienen PDA de alrededor del 20% de la oferta doméstica.

Gráfico 5.10: % de PDA respecto de la oferta doméstica de alimentos, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

En el capítulo siguiente se abordará el caso concreto de las PDA en China. Las razones por la que se eligió este caso en particular son, primero, debido al volumen de la población con problemas de SA que, como se expuso, ascienden a 122 millones de personas lo que sitúa a China como el segundo país con más cantidad de personas subalimentadas después de India. En segundo lugar, porque China concentra el 27% de las PDA que se producen a nivel mundial, lo cual genera impactos medioambientales importantes.

5.3 Estado de la SA a nivel mundial

En términos empíricos, pese a que en el mundo las personas subalimentadas desde el periodo 2000-02 hasta el periodo 2016-18 se han reducido en 119,9 millones, el número total de personas subalimentadas sigue siendo de 809,9 millones (FAOSTAT, 2020). Sin embargo, a pesar de esta preocupante realidad, el indicador de prevalencia de la

subalimentación⁴⁰ ha disminuido de 14,9% a 10,7%, lo que indica que aún en un contexto de creciente población mundial, la reducción de personas subalimentadas es aún mayor (Ver tabla 5.6 a continuación).

Tabla 14: Subalimentación en el mundo, años 2000-02 a 2016-18. Número de personas subalimentadas en millones y prevalencia de la subalimentación en %.

Región/Subregión/País	2000-02		2005-07		2010-12		2015-17		2016-18	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Global	929,8	14,9	913,1	13,8	814,3	11,6	797,9	10,7	809,9	10,7
Economías de ingresos bajos	162,3	34,4	159,7	29,5	164,3	26,6	195,5	27,4	202,8	27,7
Economías de ingresos medio-bajo	447,4	19,5	461,1	18,5	412,4	15,4	405,3	13,8	409,1	13,8
Economías de ingresos medio-alto	296,3	12,9	266,9	11,2	210,9	8,5	182,7	7,1	183,4	7,1
Economías de ingresos altos	n.r.*	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5
África	200,8	24	195,9	20,7	201,6	18,7	233,7	19,1	246,4	19,6
África del Norte	9,5	6,5	9,3	5,9	8,6	4,9	16	7	16,5	7,1
África Subsahariana	182,3	27,8	177	23,7	182,2	21,3	217,7	21,9	229,9	22,5
África Oriental	113,1	38,3	114,3	33,6	119,4	30,6	125,3	30,6	129,9	30,9
África Media	37,7	38,1	36,3	31,4	36,6	27	40,8	25,7	43	26,3
África del Sur	3,7	7	3,8	6,8	4,2	7	5,3	8,2	5,4	8,3
África occidental	36,7	15,2	32,1	11,6	32,9	10,4	46,3	12,8	51,6	13,9
Asia	652,1	17,3	659,1	16,4	563,5	13,3	514,5	11,5	512,9	11,4
Asia Central	7,8	13,8	5,8	9,8	4,3	6,7	3,9	5,6	4	5,6
Asia Oriental	220,2	14,5	213,6	13,7	169,5	10,6	138	8,4	137,6	8,4
Asia Oriental (excluida China)	11,9	5,7	12,8	6,1	14,6	6,8	15	7	15,4	7,2
Asia Sudoriental	114,5	21,5	100,1	17,6	71	11,7	61,6	9,6	61,2	9,4
Asia Meridional	290,6	19,6	320	19,9	297	17,2	280,3	15,2	277,7	14,9
Asia Meridional (excluida India)	82,4	20,2	78,9	17,7	79,1	16,4	83,4	16	83,4	15,7
Asia Occidental	19	10,1	19,6	9,3	21,8	9,2	30,7	11,7	32,3	12,1
Latinoamérica y el Caribe	60,6	11,4	47,6	8,4	39,6	6,6	40,4	6,3	41,5	6,5
Caribe	8,9	23,7	8,9	22,6	7,9	19,5	7,6	18,1	7,7	18,1
América Central	11	7,9	11,7	7,8	11,7	7,2	10,7	6,1	10,8	6,1
América del Sur	40,7	11,5	27,1	7,2	20	5	22	5,2	23,1	5,4
Oceanía	1,7	5,4	1,8	5,3	2	5,3	2,4	6	2,5	6,1
América del Norte	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5
Europa	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5	n.r.	<2.5

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020).

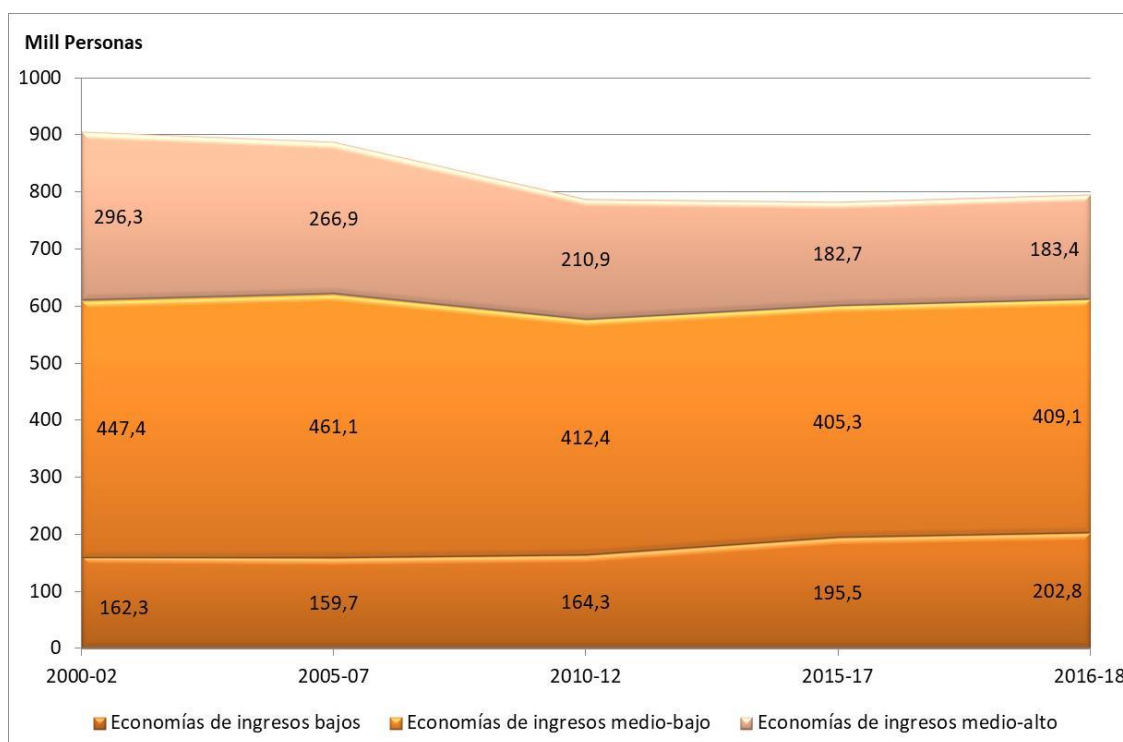
*n.r. significa "no registra".

⁴⁰ La prevalencia de subalimentación es un indicador desarrollado por FAO que mide la proporción de personas subalimentadas con respecto a la población total.

En el periodo 2016-18, el 98% de la población subalimentada se encuentra en los países con economías de bajo, medio y medio alto ingreso, mientras que solo el 2% (14,6 millones) se ubica en los países con economías de altos ingresos.

Por su parte, como se puede observar en el gráfico 5.11, desde el periodo 2005-07, los países con economías de bajos ingresos presentan una tendencia al alza en el número de personas subalimentadas, pasando de 159,7 millones de personas en el 2005-07 a 202,8 en el período 2016-18. La misma tendencia al alza, aunque no tan pronunciada como en el caso anterior, se observa en los países con economías de medio-bajo y medio-alto ingreso. Pese a esta tendencia al alza, la prevalencia de la subalimentación en los tres tipos de economías básicamente se ha mantenido desde el 2015.

Gráfico 5.11: Trayectoria del número de personas (mills.) subalimentadas en el mundo, desagregado por países según el tipo de economía, años 2000-02 a 2016-18.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FAOSTAT (2020).

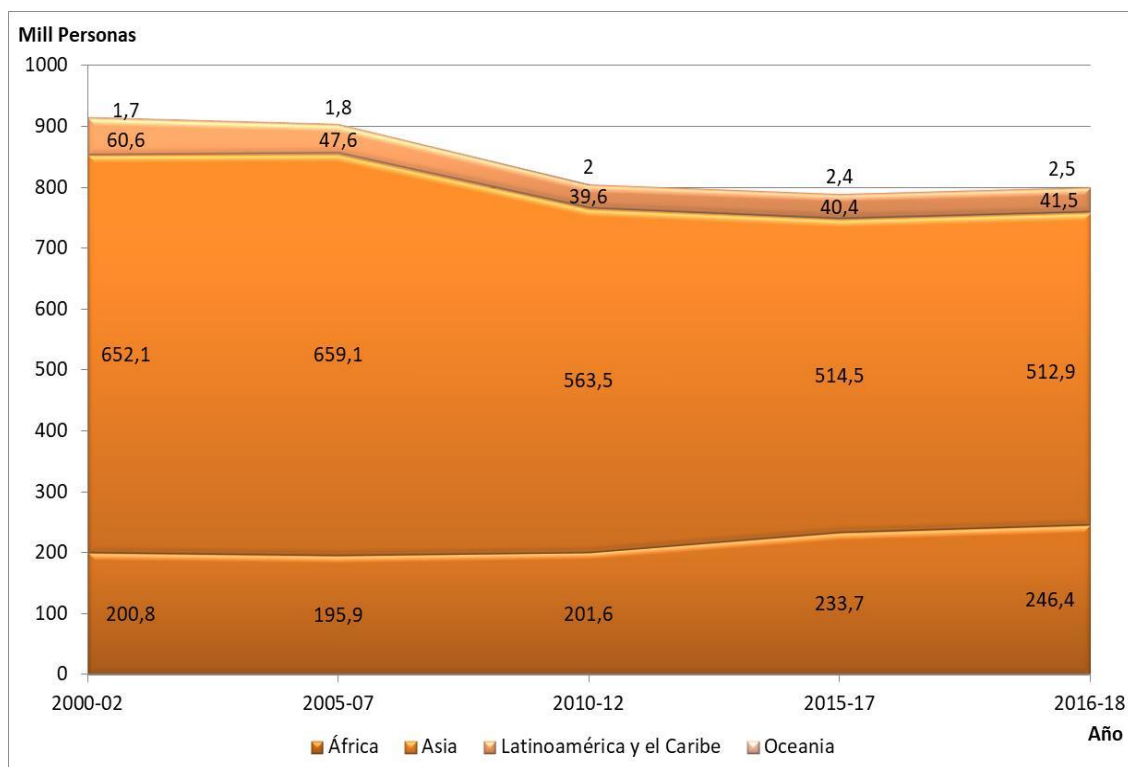
Al desagregar por regiones el indicador de subalimentación, se observa que Asia es donde se concentra el mayor número de personas subalimentadas, un total de 512,9 millones en 2016-18. Con una cantidad no menos considerable sigue África con 246,4 millones. Finalmente, muy lejos, están Latinoamérica y el Caribe y Oceanía con 41,5 y

2,5 millones respectivamente. Pese a la cantidad elevada que tiene Asia de personas subalimentadas es importante hacer notar que, debido a su tamaño poblacional, solo India y China concentran 316,5 millones de personas (194,3 y 122,2 millones respectivamente), es decir, el 62% de personas subalimentadas de Asia.

La trayectoria dinámica en la reducción de las personas subalimentadas ha sido muy distinta por región. En la primera mitad del decenio 2000-2010, Asia aumentó desde 652,1 a 659,1 millones las personas subalimentadas, mientras que América Latina y el Caribe continuo un descenso sostenido hasta el periodo 2015-17. No obstante, este aumento, en Asia desde la segunda mitad del decenio se retomó de manera acelerada la senda de reducción de la subalimentación pasando de 659,1 en 2005-07 a 512,9 millones en 2016-18.

Por su parte, África es un caso preocupante debido a que ha aumentado sostenidamente el número de personas subalimentadas desde 2005-07. En este aspecto, a principios del periodo analizado, África tenía 195,9 millones de personas subalimentadas y, en el periodo 2016-18, había aumentado a 246,4 millones, lo que equivale a un aumento de 50,5 millones de personas. Por último, en Oceanía también ha aumentado la población subalimentada, sin embargo, las cifras son muy marginales en términos de magnitud comparadas con las demás regiones.

Gráfico 5.12: Trayectoria del número de personas (millones) subalimentadas en países en desarrollo, desagregado por regiones, años 1990-92 a 2014-16.

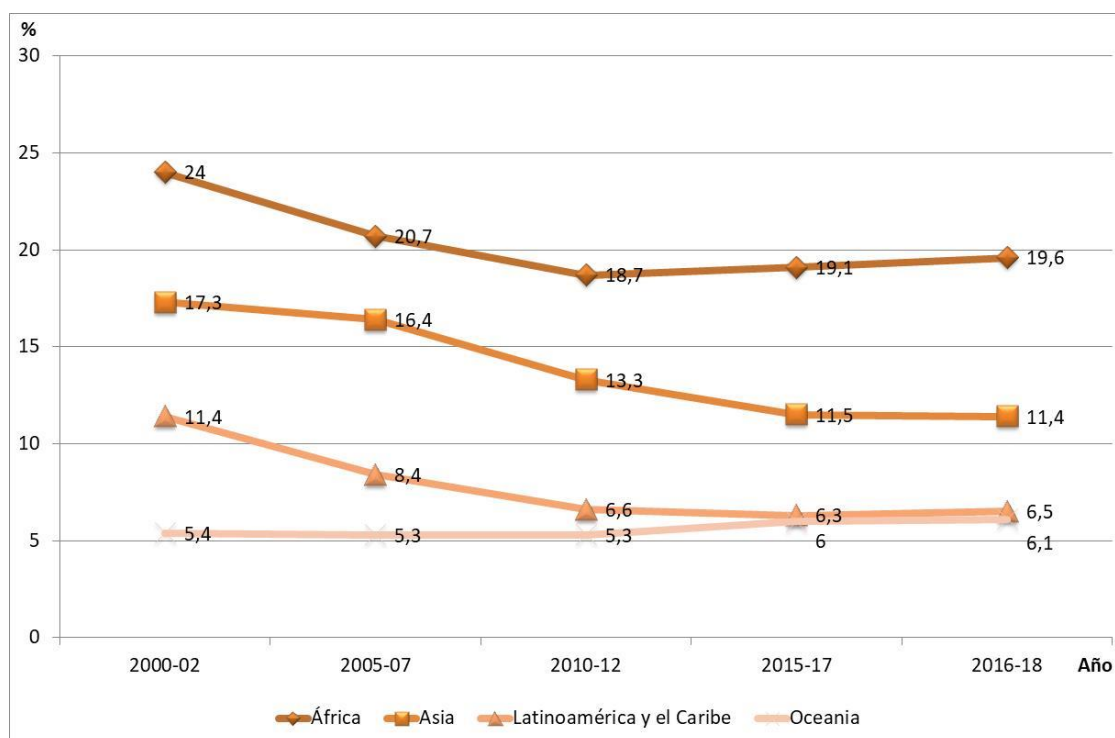


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FAOSTAT (2020).

Referente a la prevalencia de la subalimentación, se tiene que la región que presentó una mayor prevalencia en el periodo 2016-18 fue África, con un 19,6%, seguido por Asia con un 11,4%. Con una tasa de prevalencia cada vez convergiendo más a la de los países desarrollados está Latinoamérica y el Caribe y Oceanía con tasas de 6,5% y 6,1% respectivamente.

En términos dinámicos se observa que tanto Asia como Latinoamérica y el Caribe han disminuido sostenidamente su tasa de prevalencia desde el periodo 2000-02. Por su parte, África después de un sostenido descenso en entre 2000-02 y 2010-12, ha comenzado a aumentar nuevamente su tasa de prevalencia. Por último, se observa que en Oceanía ha habido una ligera tendencia al alza.

Gráfico 5.13: Trayectoria de la prevalencia de la subalimentación (%) en países desagregado por regiones, años 2000-02 a 2016-18.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FAOSTAT (2020).

Al realizar el análisis por países se observa que, en el periodo 2016-18, solo 13 países del mundo concentran el 72% de las personas subalimentadas. A su vez, es interesante hacer notar que debido a su tamaño poblacional solo India y China concentran el 42,1% de las personas subalimentadas totales en el mundo. Respecto del índice de seguridad alimentaria de estos países, se observa que los 3 países con mayor número de personas subalimentadas, India, China y Pakistán están clasificados en el rango de “ambiente bueno” y “ambiente moderado”, además de que, desde el 2012, –año de construcción del índice- han experimentado avances. Sin embargo, son 5 los países que aún se encuentran en una situación crítica “necesita mejora”.

Tabla 15.7: Número de personas subalimentadas (millones) y prevalencia (%), periodo 2016-18 e índice de seguridad alimentaria (año 2019) de 13 países con mayor número de personas subalimentadas.

País	N° de personas subalimentadas (millones)	Acumulado (millones)	Acumulado (%)	Prevalencia de subalimentación (%)	Índice de SA ⁴¹	Clasificación según índice de SA
India	194,4	194,4	25,8%	14,5	50,1	Moderado
China	122,4	316,8	42,1%	8,5	65,1	Bueno
Pakistán	40	356,8	47,4%	20,3	49,1	Moderado
Nigeria	25,6	382,4	50,8%	13,4	38	Moderado
Bangladesh	24,2	406,6	54,1%	14,7	43,3	Moderado
Indonesia	22	428,6	57,0%	8,3	54,8	Bueno
Etiopia	21,6	450,2	59,9%	20,6	36	Moderado
Uganda	17,6	467,8	62,2%	41	41,4	Moderado
Tanzania	17,6	485,4	64,5%	30,7	37,1	Moderado
Kenia	14,6	500	66,5%	29,4	41,9	Moderado
Filipinas	13,9	513,9	68,3%	13,3	51,5	Bueno
Corea del Norte*	12,2	526,1	69,9%	47,8	N.A.	N.A.
Madagascar	11,4	537,5	71,5%	44,4	27	Débil

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de FAOSTAT (2020) y The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020).

* The Economist Intelligence Unit/DuPont calculó, en diciembre del año 2019, el índice de seguridad alimentaria para 113 países entre los que no se encuentra Corea del Norte debido a su situación política que impide la obtención de datos.

Ahora que se dimensionó en este apartado el problema de la inseguridad alimentaria a nivel regional y de país, en el epígrafe siguiente se expondrá una estimación de las PDA a nivel mundial en función del nivel de SA de cada país o región con el fin de determinar en qué medida la reducción de la PDA puede contribuir con el aumento de la SA.

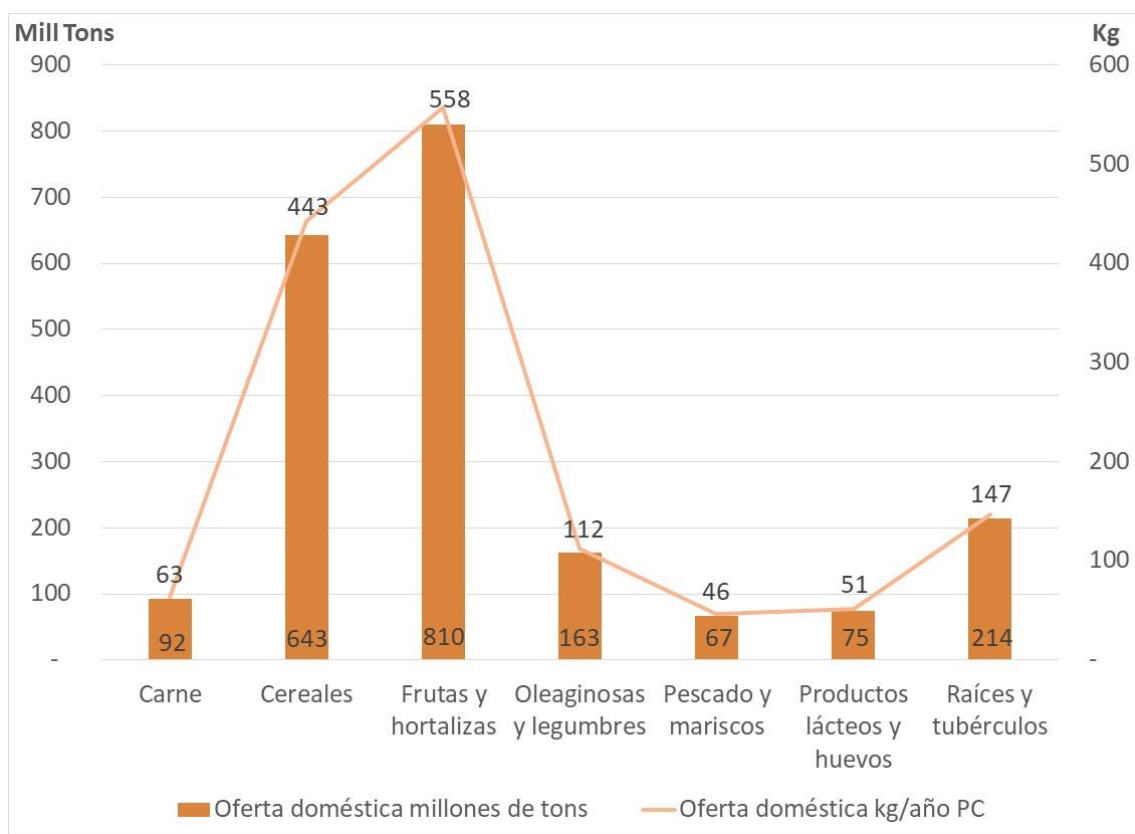
⁴¹ El índice de seguridad alimentaria de The Economic Intelligence Unit/DuPont considera la asequibilidad, disponibilidad y calidad de los alimentos para un conjunto de 113 países. El índice está calculado como un modelo dinámico de benchmarking cuantitativo y cualitativo, construido a partir de 34 indicadores que miden estas dimensiones de la seguridad alimentaria tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados. Además, el índice incluye un factor de ajuste de los recursos naturales y su resiliencia. Este factor evalúa la exposición de un país a los impactos del cambio climático; su susceptibilidad a los riesgos de los recursos naturales; y cómo el país se está adaptando a estos riesgos.

5.4 Resultados de la cuantificación de las PDA en China

En este apartado se expondrá una estimación de la pérdida y desperdicio de alimentos en China, agrupadas por grupo alimenticio y fase de la cadena alimentaria en la que se producen. Con ello, se quiere observar cuánta es la cantidad de PDA cuya reducción puede contribuir a: 1) aumentar la seguridad alimentaria en China; 2) reducir impacto ambiental que genera la PDA en este país asiático; 3) clarificar en qué etapa de la cadena alimentaria se pueden diseñar políticas públicas para producir el mayor impacto en la reducción de las PDA.

La oferta doméstica de alimentos en China en el año 2017 fue de 2.064 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). Entre ellas, como se observa en el gráfico 5.14 la mayor parte corresponde a frutas y hortalizas 810 millones de toneladas, seguido por cereales que en total suman 643 millones de toneladas. Las raíces y tubérculos y oleaginosas y legumbres están en torno a los 214 y 163 millones de toneladas respectivamente. Finalmente, los productos con menor oferta doméstica son las carnes, productos lácteos y huevos y los pescados y mariscos con 92, 75 y 67 millones de toneladas. Estas cifras sugieren que, en términos per cápita, la población dispone de 1.421 kg de alimentos, siendo frutas y hortalizas y cereales los alimentos de los que más se dispone a nivel per cápita con 558 y 443 kg.

Gráfico 5.14: Oferta doméstica medida en millones de toneladas/año y oferta doméstica per cápita de alimentos medida en kg/año, China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Según la estimación realizada en esta tesis, China en el año 2017, si se considera las PDA con factor de conversión, desperdició 401 millones de toneladas de alimentos. Esta cifra aumenta a 526 millones de toneladas si no se considera el factor de conversión. Si se hace el análisis por grupo alimenticio se observa que el mayor desperdicio se concentró en el grupo de frutas y hortalizas, 230 y 297 millones de toneladas con y sin factor de conversión respectivamente, lo que equivalente al 57% del total de PDA. Con volúmenes similares, pero mucho menores que el grupo anterior, están los grupos alimenticios de cereales y raíces y tubérculos con 74-107 y 57-69 millones de toneladas con y sin factor de conversión respectivamente. Finalmente, con volúmenes menores respecto a los de los grupos mencionados anteriormente están los demás grupos de alimentos.

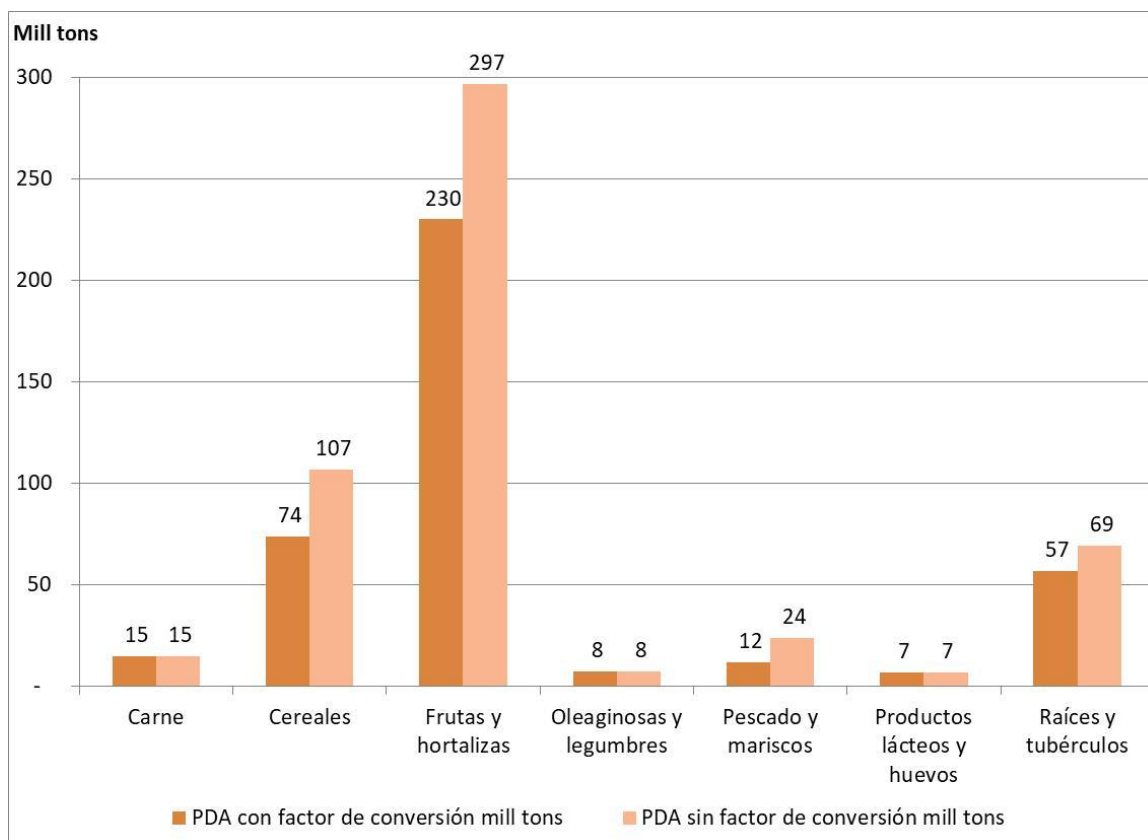
Tabla 16: Estimación de las PDA agrupadas por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria, en millones de Tn/año con factor de conversión, China, año 2017.

Grupo de alimentos	Oferta doméstica en millones de Tn	PDA millones de toneladas					Total PDA por grupo de alimentos	PDA/Oferta doméstica
		Producción agrícola	Manejo		Procesamiento y envasado	Consumo		
			postcosecha y almacenamiento	Distribución				
Cereales	643.2	5.1	25.7	0.3	3.9	38.7	73.7	11%
Productos lácteos y huevos	74.8	2.5	0.7	0.0	0.3	3.4	6.9	9%
Pescados y mariscos	66.9	4.7	0.6	1.6	3.0	2.0	11.9	18%
Frutas y hortalizas	809.9	63.7	50.9	0.6	43.3	71.4	229.9	28%
Carnes	92.1	2.6	0.5	0.0	5.3	6.6	14.9	16%
Oleaginosas y legumbres	163.1	1.0	0.5	5.8	0.0	0.2	7.5	5%
Raíces y tubérculos	213.8	29.2	10.2	2.7	7.5	7.2	56.8	27%
Total PDA por etapa de la FSC	2063.9	108.8	89.2	11.0	63.3	129.4	401.7	19%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Estas cifras están en línea con los resultados de los estudios previos revisados en secciones anteriores. En concreto, Porter et al., (2016) estimó para el año 2011, que el volumen de PDA en China fue de 411 millones de toneladas. Por su parte, Liu et al., (2013) estimó que el volumen de PDA en el año 2010 en granos, vegetales y frutas fue de 82, 135 y 31 millones de toneladas. Las discrepancias que existen entre estos estudios y la estimación realizada en esta tesis son debido a la diferencia de la producción entre los años de las estimaciones.

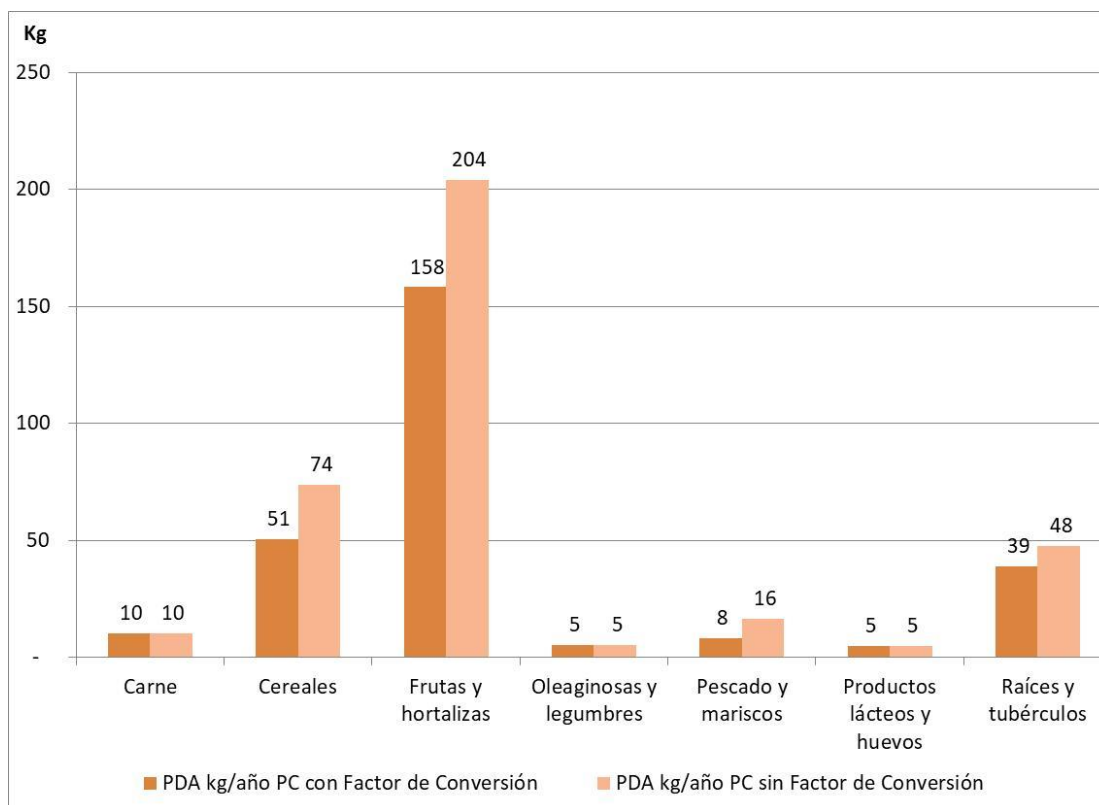
Gráfico 5.15: PDA agrupadas por grupo alimenticio en millones de Tn/año con y sin factor de conversión, China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Si se dividen estos resultados en el total de la población China, que al año 2017 era de 1.452 millones de personas según datos de FAOSTAT (2020), se obtiene que, en el año 2017, cada persona desperdició, considerando los factores de conversión, 277 kg de alimentos. De estos, 158 kg correspondieron a frutas y hortalizas, 51 kg a cereales y 39 kg a raíces y tubérculos. Si el cálculo se realiza sin considerar los factores de conversión la cifra de PDA per cápita total aumenta a 362 kg de alimentos. Estos resultados concuerdan con las estimaciones hechas por Porter et al., (2016) quienes estimaron PDA per cápita por 284 kg en el para el año 2011.

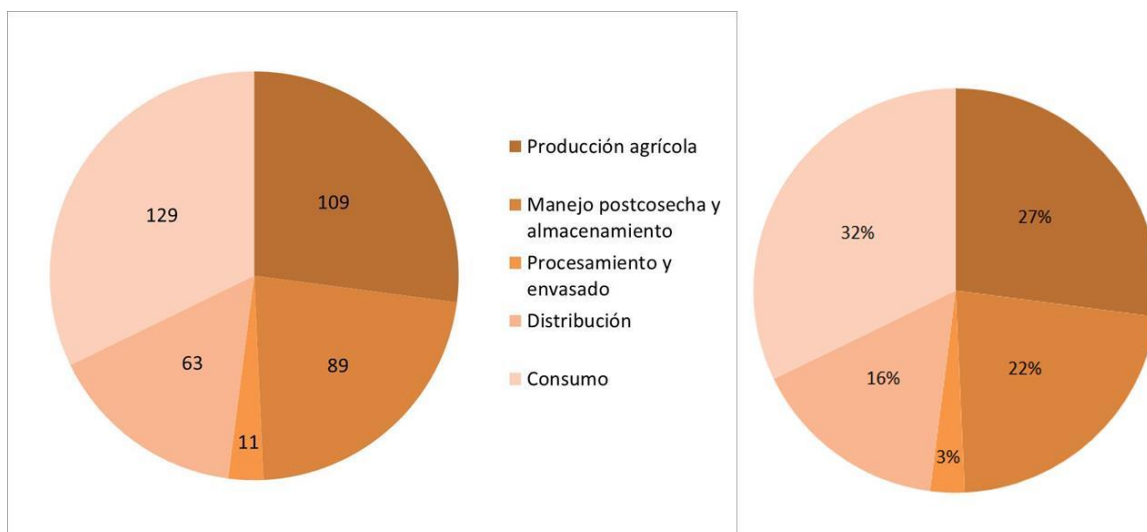
Gráfico 5.16: PDA per cápita agrupadas por grupo alimenticio en kg/año con y sin factor de conversión, China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Si el análisis se realiza en función de las fases de la cadena alimentaria se observa que el 32% (129 millones de toneladas) de las PDA se producen en la etapa de consumo. Sigue de muy cerca la fase de producción agrícola con 109 millones de toneladas, equivalente al 27% del total de PDA. La fase de manejo, postcosecha y almacenamiento y de distribución representan el 22% y 16% respectivamente. Finalmente, la fase de procesamiento y envasado muestra volúmenes bastante menores, solo 11 millones de toneladas, 3% del total.

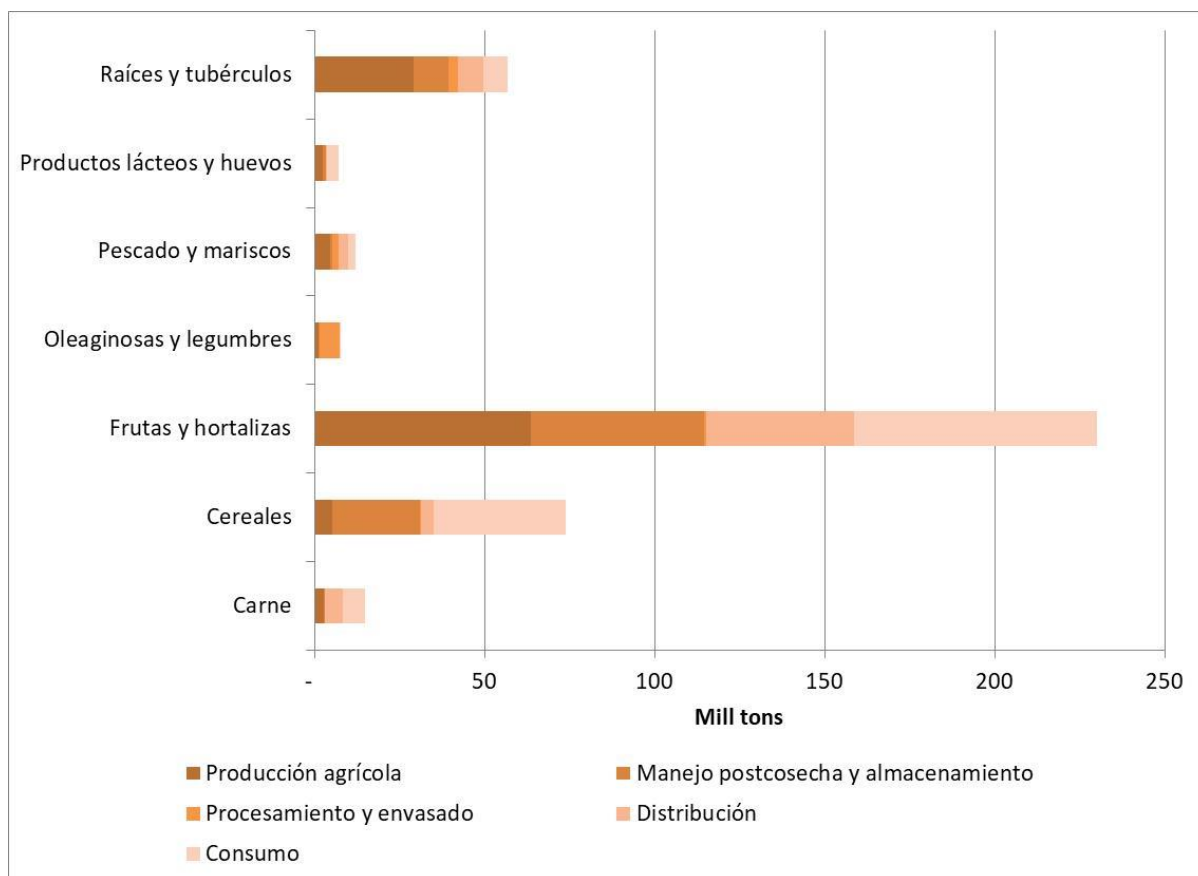
Gráfico 5.17: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria en millones de Tn/año y % de participación de cada etapa en el total de PDA, China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Al realizar el análisis por grupo alimenticio y etapa de la cadena alimentaria, se observó que en el grupo de frutas y hortalizas las PDA se producen principalmente en los extremos de la cadena alimentaria, 64 (28%) y 71 (31%) millones de toneladas. Aunque en este grupo en la etapa de manejo postcosecha y distribución también se generan PDA considerables, 51 (22%) y 43 (19%) millones respectivamente. El grupo de cereales muestra una situación diferente debido a que las PDA principalmente se producen en la etapa de consumo y manejo postcosecha y almacenamiento, 39 (52%) y 26 (35%) millones de toneladas. El tercer grupo con mayor volumen de PDA, que es el de raíces y tubérculos, produce las PDA en la etapa producción agrícola, 29 (51%) millones de toneladas. No es posible hacer comparaciones en volumen o porcentaje entre estos cálculos y los estudios anteriores debido a las diferentes metodologías y unidades de medida utilizadas. Sin embargo, también en Liu et al., (2013) se sugiere que en cereales el mayor volumen de PDA se produce en la etapa de consumo y manejo postcosecha y almacenamiento.

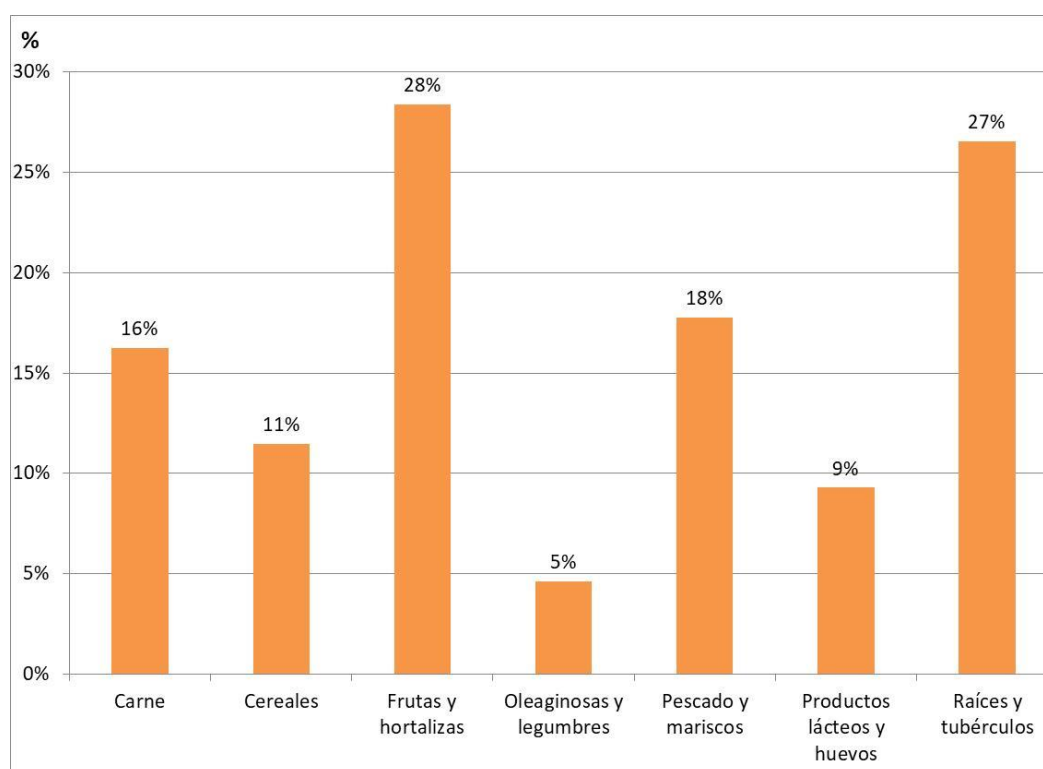
Gráfico 5.18: PDA agrupadas por etapa de la cadena alimentaria y grupo alimenticio en millones de Tn/año, China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

A pesar de que en términos per cápita el volumen de PDA no parece sorprendente, si se compara con la oferta doméstica de alimentos en China la situación cambia. En este aspecto, se observa que el 28% y 27% del total de frutas y hortalizas y raíces y tubérculos del que dispondría una persona si los alimentos se repartieran por igual, se desperdicia. Con porcentajes igual de considerables están pescados y mariscos, carnes y cereales con 18%,16% y 11% respectivamente.

Gráfico 5.19: PDA per cápita por grupo alimenticio como % de participación del total de la oferta de alimentos, China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020), The Economist Intelligence Unit/DuPont, (2020) y Banco Mundial (2020).

5.5 Comparación de las PDA en China con las PDA en otros países

Las PDA per cápita en China, equivalentes a 277 kg en 2017, fueron superiores a las PDA per cápita mundiales estimadas por Porter et al., (2016), equivalente a 240 kg por año y las estimadas en esta investigación, equivalentes a 198 kg en 2017. En tanto, las PDA per cápita en China fueron muy similares a las estimadas para América del Norte y Europa. FAO (2011) estimó que en América del Norte las PDA per cápita por año equivalen a 280 kg, mientras que varias estimaciones basadas en fuentes de datos primarios y secundarios sugirieron que en Europa las PDA per cápita están en un rango de entre 158 a 298 kg por año (Alexander et al., 2017; Brautigam et al., 2014; EUROSTAT, 2017; Gustavsson et al., 2013; Kemna et al., 2017; Monier et al., 2010; Porter et al. 2016; Vanham et al., 2015; Caldeira, De Laurentiisa, Corrado, van Holsteijnb, y Sala, 2019) . Sin embargo, las PDA per cápita en China fueron más altas que en África subsahariana y Asia meridional y sudoriental. En estos países se estima que las PDA varían en un rango entre 120 y 170 kg por año (FAO, 2011).

En China, el volumen absoluto de las PDA fue de 402 millones de toneladas en 2017, lo que equivale al 27% de las PDA a nivel mundial. De todas maneras, lo anterior concuerda con el elevado volumen de la oferta doméstica de alimentos de China respecto de la oferta mundial de alimentos, equivalente al 25% en 2017 (FAOSTAT, 2020). Por lo tanto, una de las razones que explican que las PDA de China sean 27% de las PDA mundiales es el volumen que representa la oferta doméstica China respecto de la oferta mundial de alimentos. Sin embargo, al mismo tiempo, China albergaba el 20% de la población mundial en 2017 (FAOSTAT, 2020). Según Porter et al., (2016), en 2011 las PDA a nivel global fueron de 1.629 millones de toneladas. Los países en desarrollo representaron el 75 por ciento de las PDA a nivel mundial, equivalentes a 1.218 millones de toneladas, y Asia industrializada, incluida China, generó 443 millones de toneladas (Porter et al., 2016). Por consiguiente, en China se originó una parte significativa de las PDA de los países asiáticos industrializados. Sin embargo, la tasa de PDA como porcentaje de la oferta doméstica en China fue inferior al promedio mundial, 33% (FAO, 2011) comparada con el 19%, respectivamente.

Desagregando por región, en muchos casos China mostró una tasa de PDA más baja que otras regiones. Por ejemplo, Gustavsson et al., (2013) señalaron que, en Europa, América del Norte, Oceanía y Asia industrializada tienen una tasa de PDA de alrededor del 35% considerando toda la cadena de suministro de alimentos. Incluso muchos países en desarrollo en África del Norte, Asia occidental y central y, América Latina tienen una tasa de PDA más alta que China, la cual está en un rango entre el 25% y el 30%. De acuerdo a algunos estudios, como Liu et al., (2013), las PDA en China son inferiores en comparación con otros países debido a dos razones: 1) la cultura tradicional de compartir alimentos de la sociedad china y 2) los efectos sociales de los "tres años malos" de 1959-1961, donde 10 millones de personas murieron directamente de inanición.

Al observar a nivel desagregado por grupo alimentario y etapa de la cadena de alimentos, las PDA en China en el grupo de cereales y, en la etapa posterior a la cosecha y almacenamiento, fueron ligeramente inferiores a las observadas en Sudáfrica, 17,7 kg per cápita en 2017 y 19,8 kg per cápita en 2010 respectivamente (Oelofse y Nahman, 2013). Una de las razones es la mayor inversión en tecnología e infraestructura de almacenamiento que hace China en comparación con Sudáfrica. A su vez, en la etapa de

producción agrícola las PDA per cápita de vegetales, equivalente a 34,9 kg per cápita en 2017, fueron superiores a las PDA en vegetales de Italia, equivalente a 8,1 kg per cápita en 2010 en la misma etapa (Seggá, et al., 2014).

Lo anterior, respalda el argumento de que el volumen de frutas y hortalizas desechadas varía significativamente entre los países en desarrollo y los países desarrollados (Xue et al., 2017). Esta gran diferencia puede explicarse por el uso en los países desarrollados de tecnologías más avanzadas y modernas (Xue et al., 2017). En el caso de los tubérculos, en la etapa de producción agrícola, Europa produjo 26,9 millones de toneladas, mientras que en África subsahariana se produjeron 26,4 millones de toneladas (Gustavsson et al., 2013). Estos volúmenes son comparables con las PDA en China, equivalentes a 29 millones de toneladas, en el mismo grupo alimentario. Es importante tener en cuenta que las comparaciones anteriores son débiles debido a las diferencias en la metodología de estimación, datos y año de los datos. Por lo tanto, deben ser consideradas cuidadosamente por investigadores y políticos.

5.6 Causas de las PDA en China

Ma et al., (2015) señalaron tres causas generales para explicar las PDA en China. En primer lugar, el crecimiento económico, el aumento de los ingresos y el poder adquisitivo. En segundo lugar, el desarrollo de la agricultura en las últimas décadas. En tercer lugar, las políticas públicas en materia de agricultura y desperdicio de alimentos. En 2018, la economía de China se posicionó como la segunda economía más grande del mundo, con un PIB de 13,6 billones de dólares estadounidenses (Banco Mundial, 2020). Además, el crecimiento del PIB per cápita chino entre 1980 y 2018 fue del 8,5% promedio anual, con un ingreso per cápita que aumentó de 347 dólares estadounidenses en 1980 a 7.753 dólares estadounidenses en 2018 (Banco Mundial, 2020). El crecimiento económico trajo una mejora del nivel de vida, incluido un aumento del consumo de alimentos. Por ejemplo, la oferta doméstica de los dos grupos de alimentos más consumidos en China, a saber, los vegetales y los cereales, aumentó de 204 a 572 kg per cápita por año entre 1980 y 2017, lo que representa un aumento del 280% (FAOSTAT, 2020). Los datos existentes indican que el desperdicio per cápita de alimentos en los hogares aumenta con un aumento del PIB per cápita (Xue et al., 2017). El incremento de las PDA debido al crecimiento económico puede deberse a que un aumento del ingreso

implica que el porcentaje del presupuesto destinado a comprar alimentos es más bajo, lo que podría dar lugar a comportamientos descuidados que resulten en PDA.

El sector agrícola de China se desarrolló significativamente en las últimas décadas. Por ejemplo, en el período comprendido entre 1980 y 2017, la producción de cereales aumentó de 232 a 620 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020). Además, en 2017, China ocupó el primer lugar en el mundo en la producción de carne con una producción de 88 millones de toneladas, casi el doble que el segundo mayor productor, Estados Unidos (FAOSTAT, 2020). Además, se está llevando a cabo un proceso de industrialización en la producción de alimentos en China, desde la producción de animales en pequeñas granjas hasta la producción masiva e industrializada. Por ejemplo, según Wang et al., (2010), antes de 1980, menos del 5% de los animales se criaba en criaderos industrializados, pero, en 2010, más del 50% de los animales fueron criados en estas condiciones. Un aumento en la producción de alimentos eventualmente aumentará las PDA si los factores que las causan permanecen constantes. Por ejemplo, si un país aumenta la producción de granos, pero la tecnología de almacenamiento es ineficiente y permanece constante, las PDA también aumentarán.

Según Ma et al., (2015), la tercera causa general detrás de las PDA en China son las políticas públicas relacionadas con la agricultura y el desperdicio de alimentos. El gobierno chino considera que la producción de granos es una prioridad nacional debido a su gran población. Para hacer frente a este objetivo, el gobierno ha promovido un conjunto de políticas públicas para fomentar la producción de granos. Por ejemplo, el gobierno subvenciona en gran medida la producción de granos, proporciona semillas especializadas y maquinaria agrícola a los agricultores, e incentivos por el excedente de producción agrícola (Ma et al., 2015). La mayoría de estas políticas públicas se realizan sobre la base del consumo de insumos. Algunos ejemplos de estas políticas públicas son la Subvención Integral a los Insumos Agrícolas establecida en 2006 y la Subvención para la Compra de Maquinaria Agrícola. La primera política pública mencionada compensa a los productores de granos por los aumentos en el precio de los insumos. Para ello, el gobierno chino destinó un fondo de 12 mil millones de yuanes en 2006, mientras que este presupuesto aumentó a 71.600 millones de yuanes en 2010 (OMC, 2012). La segunda política pública mencionada tiene como objetivo ayudar a los agricultores a comprar maquinaria agrícola, subvencionando entre el 20% y el 30% del precio de venta. Para

ello, el gobierno chino destinó un fondo 2.000 millones de yuanes en 2007, aumentando el presupuesto a 15.500 millones de yuanes en 2010 (OMC, 2012). Inicialmente, la mayoría de las políticas públicas relacionadas con la producción agrícola se centraron en aumentar la producción en lugar de controlar las PDA o promover un consumo sostenible. Por lo tanto, el aumento de la producción causó un aumento simultáneo en las PDA.

Además de las causas generales anteriores que explican las PDA en China, también hay causas específicas en cada etapa particular de la cadena alimentaria. En China, el 51% de las PDA en raíces y tubérculos y el 28% de las PDA en vegetales ocurrieron en la etapa de producción agrícola. La razón se debe principalmente a enfermedades, insectos, roedores, condiciones climáticas severas durante la siembra y siembras ineficientes (Liu, 2014). También en esta etapa se descartó alrededor del 38% de los pescados y mariscos, productos lácteos y huevos. Durante la etapa de producción agrícola, las principales causas de las PDA de productos ganaderos son la muerte y las enfermedades, como la muerte animal durante la cría de carne bovina, de cerdo y de aves de corral, los descartes durante la pesca y la disminución de la producción de leche debido a enfermedades de las vacas lecheras como la mastitis (Liu, 2014).

En los países de bajos ingresos, las PDA durante las primeras etapas de la cadena de alimentos se deben a limitaciones financieras, de gestión, tecnología en la recolección, almacenamiento e instalaciones de refrigeración en condiciones climáticas difíciles, infraestructura, embalaje y sistemas de comercialización (FAO, 2011). En China, el 35% de las PDA en cereales se produjo en la etapa posterior a la cosecha y almacenamiento. La razón principal es la estructura agrícola que es fragmentada y de pequeña escala (Liu, 2014). Según Ma et al., (2015) en China el 70% del almacenamiento está en pequeñas granjas. Las instalaciones gubernamentales de almacenamiento de granos son más eficientes, por lo tanto, presentan tasas de PDA más bajas que las pequeñas granjas (Liu et al., 2013). La razón principal de esta diferencia es porque los pequeños agricultores almacenan grano para su propio consumo o hasta una oportunidad de venta sin instalaciones de almacenamiento o tecnología adecuadas. En este sentido, SAG y NDRC (2011) estimaron que, en promedio, el 49% de los residuos de grano chinos durante el almacenamiento fueron causados por roedores, el 30% por hongos, y el 21% por insectos.

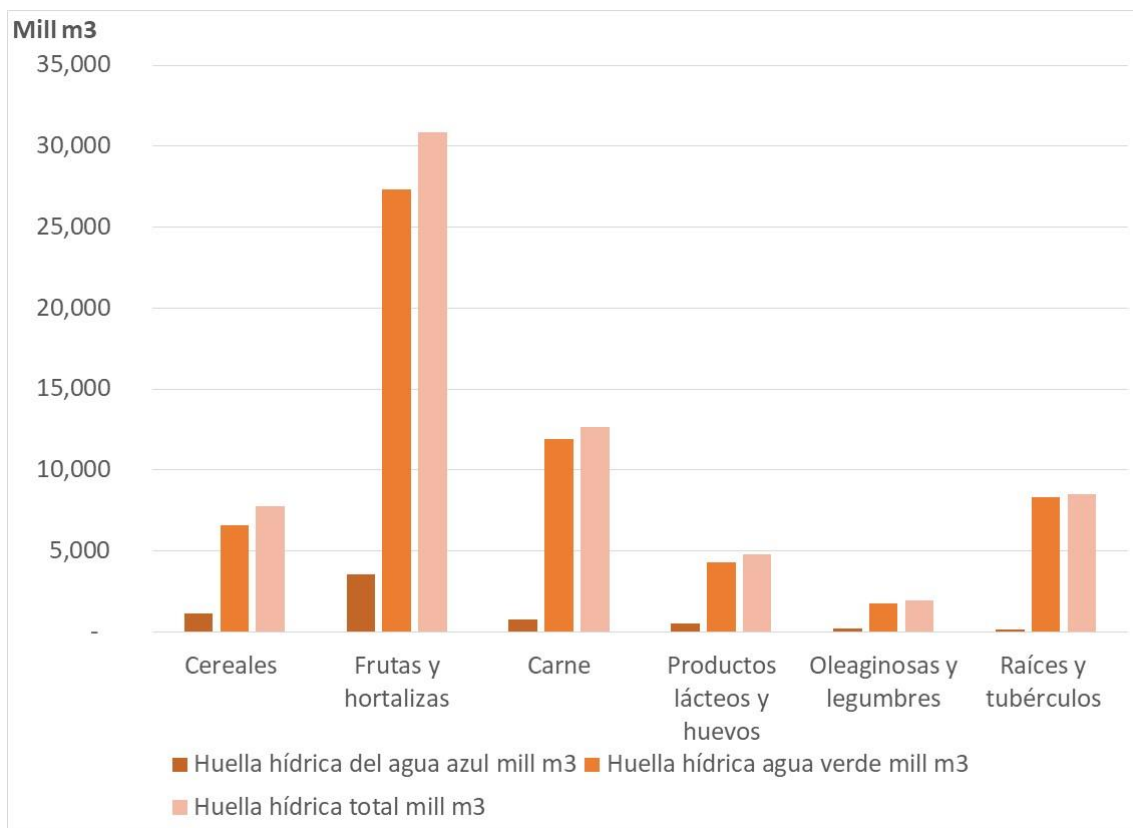
El crecimiento económico de las últimas cuatro décadas ha mejorado el nivel de vida de la población china, y ahora la gente puede comprar más y mejores alimentos. También ha aumentado el consumo de productos animales, lo que ha creado más residuos que son inevitables como, por ejemplo, huesos y órganos animales (Ma et al., 2015). El aumento de la prosperidad de la población y los cambios asociados en las tendencias de consumo ha aumentado las PDA en la etapa de consumo de la cadena de alimentaria. Al mismo tiempo, según Liu et al., (2013), la cultura tradicional china de "apreciar y compartir los alimentos" se está desvaneciendo, lo que ha contribuido aún más al aumento de las PDA. Además, algunos investigadores, como Gao et al., (2013) y Wang et al., (2017), afirman que las PDA en restaurantes son más altas que en las cantinas y los hogares. Aunque hay varios factores que podrían explicar este fenómeno, la psicología del consumo chino y otros factores culturales tienen claramente un impacto significativo (Shi, Furukawa, Chun-Ji y Li, 2010). En casa y en las cantinas los chinos se preocupan más por las PDA debido a que en estos lugares deben pagar su correspondiente precio para adquirir los alimentos. Sin embargo, en los restaurantes los consumidores, a menudo, invitan a sus invitados, amigos o familiares y ordenan enormes cantidades de comida como un acto de "cortesía" o "mianzi (salvar la cara)", lo que conduce a un alto nivel de PDA (Gao et al., 2013). Por ejemplo, en las cenas, el anfitrión prepara la mayor cantidad de comida posible para los huéspedes y estos deben comer tanto como sea posible. De acuerdo con la cultura china de la hospitalidad o "mianzi" el anfitrión se avergonzará si cualquier huésped no tiene suficiente para comer (Wang et al., 2017). En la etapa de consumo, mientras más alto es el nivel de educación menor son las PDA, pero también la cantidad de consumo de alimentos es mayor (Song et al., 2015).

5.7 Resultado de la estimación del impacto ambiental de las PDA en China

Se estimó que la huella hídrica del agua azul y verde de las PDA en China en la etapa de producción agrícola para seis grupos de alimentos fue de 66.553 millones de m³. La mayor parte correspondió a la huella hídrica del agua verde, 60.226 millones de m³, mientras que la huella hídrica del agua azul fue de 6.327 m³. Como se observa en el siguiente gráfico 5.20 el grupo de alimentos que causó una mayor huella hídrica fue el de frutas y hortalizas con 27.338 y 3.541 millones de m² de huella hídrica de agua verde y azul respectivamente. Esto equivale a un 46% de la huella hídrica total. En segundo y tercer lugar está el grupo de carnes y raíces y tubérculos con 12.657 y 8.483 millones de

m³, equivalentes al 19% y 13% del total respectivamente. El resto de grupos generan una huella hídrica menor en comparación a los grupos mencionados anteriormente.

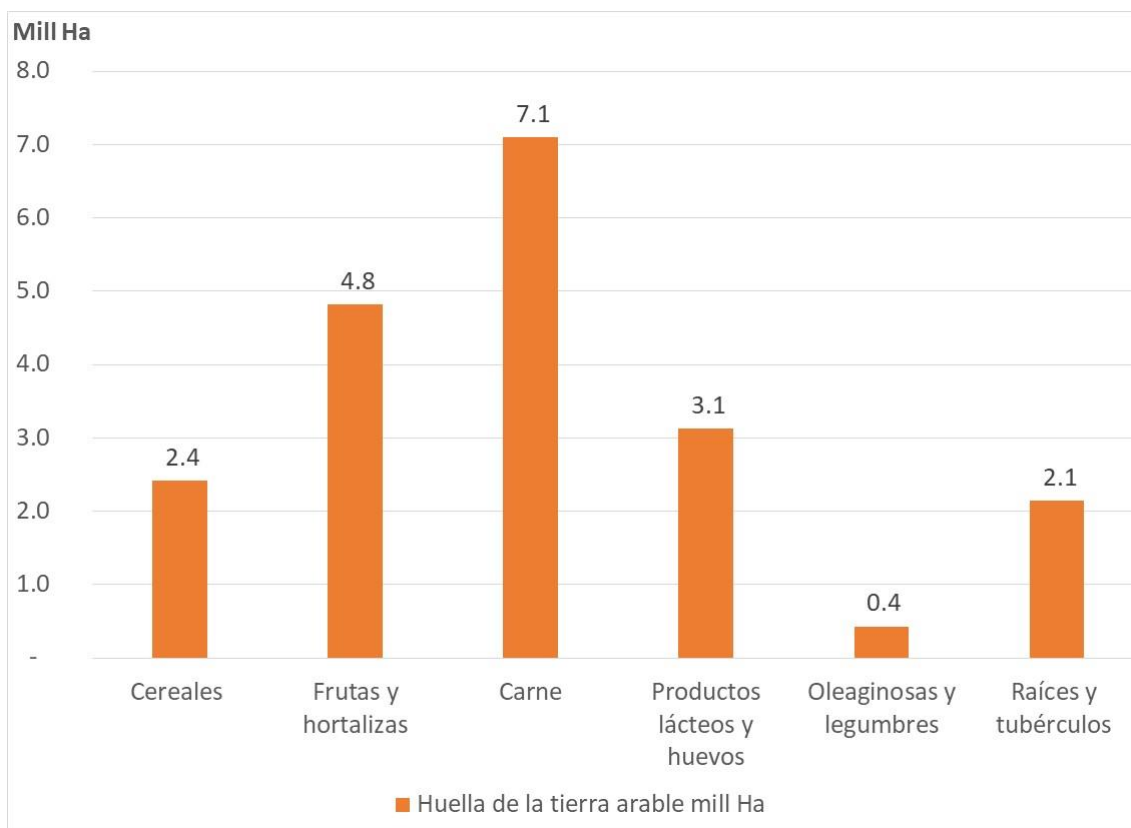
Gráfico 5.20: Huella hídrica del agua azul, verde y total de las PDA en la etapa de producción agrícola, millones de m³, en China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

A su vez, se estimó que la huella de la tierra arable de las PDA, en el año 2017, en la etapa de producción agrícola en China fue de 20 millones de ha. El grupo de carnes fue el que más contribuyó con 7.1 millones de ha, lo que equivale al 35% del total. Los otros dos grupos con cantidades considerables son el de frutas y hortalizas y los productos lácteos y huevos con 4.8 y 3.1 millones de ha, equivalentes al 24% y 16% respectivamente.

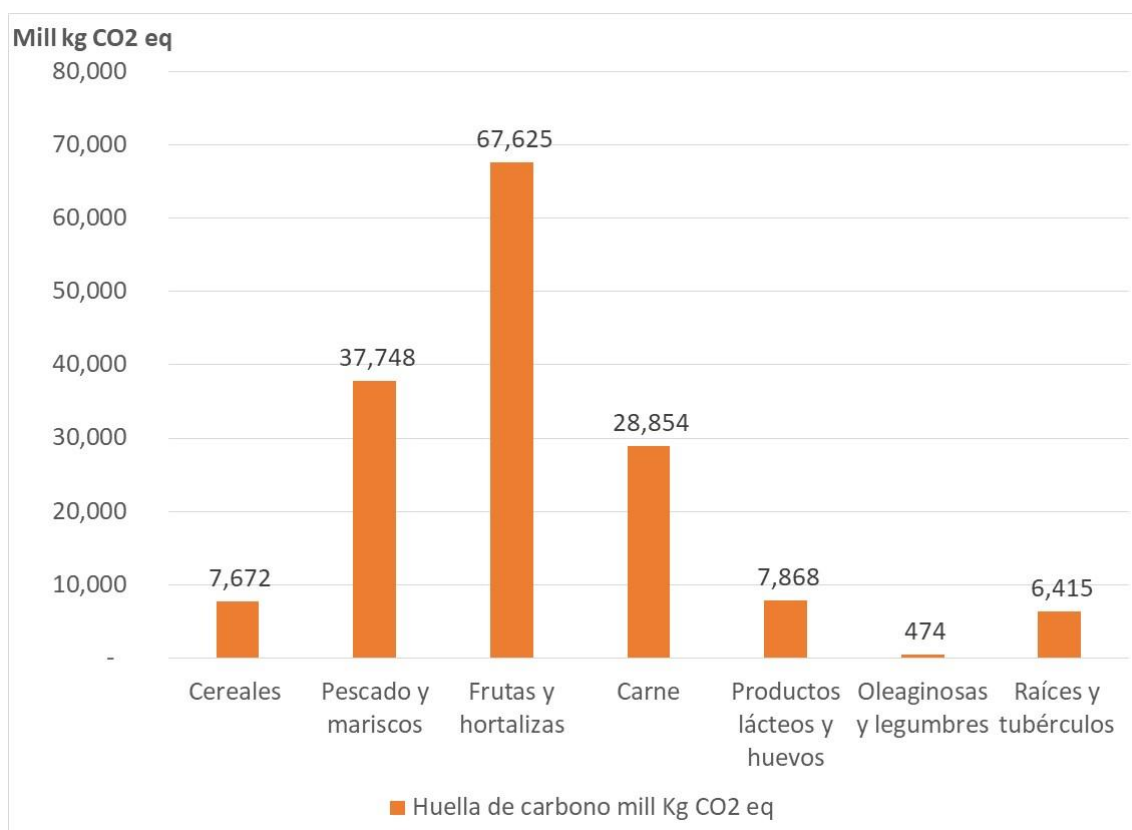
Gráfico 5.21: Huella de la tierra arable de las PDA en la etapa de producción agrícola en millones de Ha, en China, año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

Finalmente, se estimó que la huella total de carbono de las PDA en la etapa de producción agrícola en China, en el año 2017, fue de 156.657 millones de kg de CO₂ equivalente. De los cuales, las frutas y hortalizas (67.625 kg de CO₂ equivalente), pescados y mariscos (37.748 kg de CO₂ equivalente) y carnes (28.854 kg de CO₂ equivalente) fueron sus mayores contribuyentes.

Gráfico 5.22: Huella de carbono de las PDA en la etapa de producción agrícola en millones de kg CO₂ Equivalente, en China, año 2017.



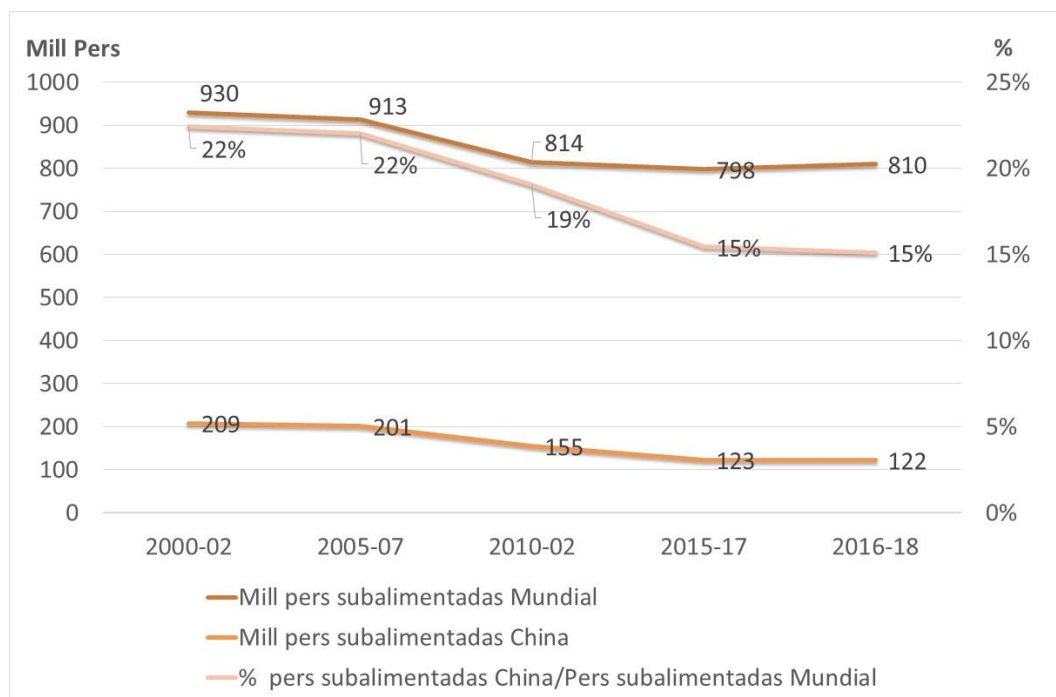
Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAOSTAT (2020) y Banco Mundial (2020).

5.8 Estado de la SA en China

En términos empíricos, pese a que en el mundo las personas subalimentadas desde el periodo 2000-02 hasta el periodo 2016-18 se han reducido en 120 millones, el número total de personas subalimentadas sigue siendo de 810 millones (FAOSTAT, 2020). Esto equivale a una reducción del 13% de personas con problemas de alimentación. Por su parte, en el mismo periodo China ha disminuido las personas subalimentadas en 86 millones, es decir, desde 209 a 122 millones de personas (FAOSTAT, 2020). Esto equivale a una reducción del 41%, aproximadamente cuatro veces mayor a la reducción que se ha visto en términos mundiales. Sin embargo, el avance de China en SA es aún más sorprendente, si se considera las personas subalimentadas en el mundo sin incluir aquellas que están en China. En este caso se tendría que, en el periodo 2000-02, las personas subalimentadas fueron 721 millones y disminuyeron a 688 millones en el periodo 2016-18, lo que equivale solo a una disminución del 5%. Esto sugiere que la contribución de personas

subalimentadas que aporta China al total mundial es cada vez menor, como se puede observar en el gráfico 5.23.

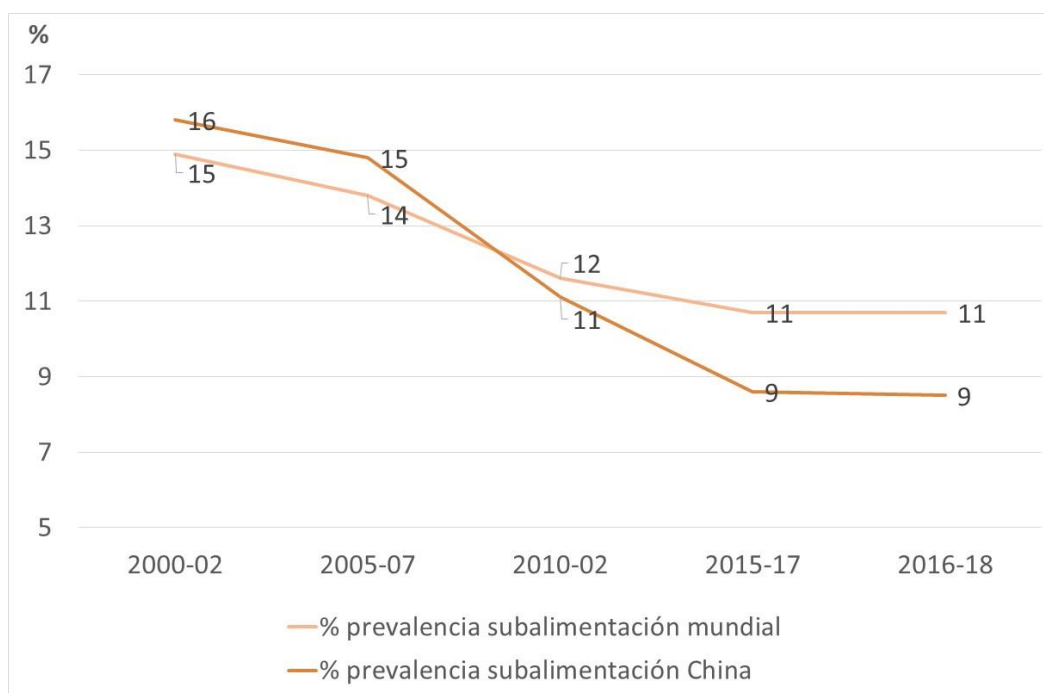
Gráfico 5.23: Trayectoria del número de personas (mills.) subalimentadas en China y el mundo, y % de participación de personas subalimentadas en China respecto al mundo, años 2000-02 a 2016-18.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAO (2020).

Por su parte, el indicador de prevalencia de la subalimentación en el mundo ha disminuido de 14,9% a 10,7%, lo que indica que aún en un contexto de creciente población mundial, la reducción de personas subalimentadas es aún mayor. Referente a la prevalencia de la subalimentación en China, se observa que ha disminuido desde 15,8% a 8,5%, es decir, 7,3 puntos porcentuales. Cabe mencionar que China en el año 2010-12 comenzó a tener un nivel de prevalencia de subalimentación menor que el promedio mundial.

Gráfico 5.24: Prevalencia de la subalimentación en % China y el mundo, años 2000-02 a 2016-18.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAO (2020).

A pesar de estos avances aún existen varios desafíos que debe enfrentar China con el fin de alcanzar el objetivo de desarrollo sostenible de hambre cero. En primer lugar, se vislumbra que el cambio climático, especialmente el aumento en la frecuencia de condiciones climáticas extremas y sus desastres naturales relacionados, generen impactos negativos en la agricultura y producción de alimentos (Barilla Center for Food Nutrition, 2011; IFPRI, 2019). En segundo lugar, muchos países del mundo están viviendo un incremento del sentimiento proteccionista, lo que se traduce en restricciones de las políticas comerciales y, en consecuencia, en un alza del precio de los alimentos. Lo anterior dificulta el acceso a los alimentos para las familias de bajos ingresos comprometiendo sus niveles de seguridad alimentaria (IFPRI, 2019; Naciones Unidas, 2019). En tercer lugar, economías de rápido crecimiento, como China, están experimentando aceleradas tasas de urbanización, lo que conlleva también a un aumento en el sedentarismo y a un cambio de dieta más orientada al consumo de grasas, carne y azúcar. Lo anterior se traduce en un aumento en problemas de sobrepeso, obesidad o trastornos alimenticios (IFPRI, 2019). Una de las razones que explica este fenómeno es que tasas aceleradas de urbanización generan población urbana de escasos recursos, quienes privilegian costes antes que calidad en la compra de alimentos. Esto implica que,

su dieta esta principalmente basada en alimentos económicos con alto contenido energético, pero bajo en nutrientes (Timmer, 2018). En cuarto lugar, Asia oriental, incluido China, están viviendo una época de urbanización acelerada que ha conllevado un enorme progreso social, económico y transformaciones medioambientales. Sin embargo, este progreso no ha sido inclusivo en todas las regiones, sobre todo en lo que respecta al campo y la ciudad (IFPRI, 2019). En este sentido, los sectores rurales no han sido parte de este progreso económico e incluso, en ocasiones, han visto deteriorada su situación económica y calidad de vida lo que, a la larga, implica amenazas a la seguridad alimentaria. Asociado a esto, parte importante de la agricultura en las zonas rurales aún carece de la tecnología y los estándares necesarios para integrarse en las cadenas locales y globales de valor lo cual impide que las personas que viven y trabajan en los sectores rurales mejoren su nivel económico y, por lo tanto, su nivel de seguridad alimentaria.

En quinto lugar, coyunturalmente la guerra comercial entre Estados Unidos y China está teniendo efectos económicos en todo el mundo (IFPRI, 2020), en particular en los mercados agrícolas de soja, cerdo, fruta y frutos secos, los cuales están soportando la mayor parte de los aranceles (Bown, Jung, y Lu, 2018). Esto puede afectar la seguridad alimentaria de China, en particular si considera que importa alrededor del 87% de su consumo de porotos de soja, lo que equivale al 60% de las transacciones que se hacen de este producto a nivel mundial (Shen, 2018; (Mason, Gu y Plume, 2018; Liu, 2018).

5.9 PDA en China y su relación con los ODS

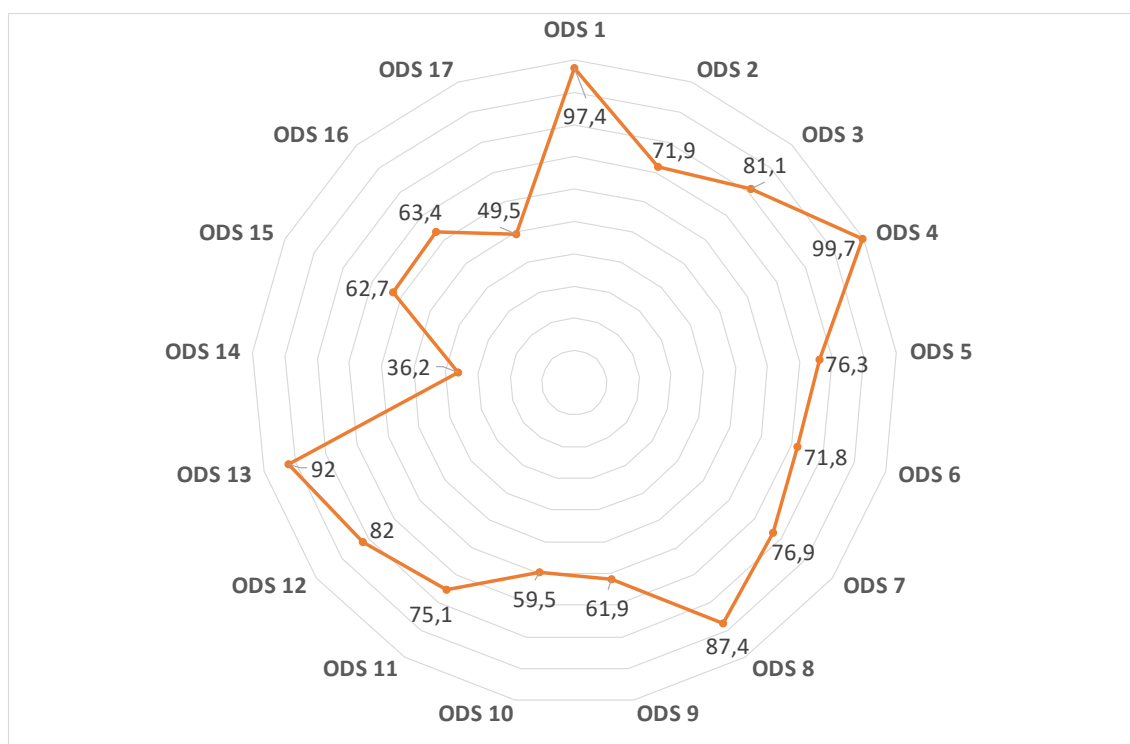
Este epígrafe tiene por objetivo abordar la relación que existe entre las PDA y los ODS de manera empírica en China, para ello se revisara el impacto que tiene un aumento o reducción de las PDA en los indicadores que miden el cumplimiento de los ODS. Lo anterior con el fin de observar que indicadores se ven afectados por un control de las PDA y así, observar donde un control de las PDA podría contribuir al cumplimiento de los ODS.

En septiembre de 2016, el Gobierno Chino creó el Plan Nacional Chino para la Implementación de la Agenda 2030 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. A esa fecha, a finales del 2016, la economía china contribuía con más del 30% del crecimiento económico mundial. China había creado 13,4 millones de empleos urbanos y la tasa de

desempleo era del 4,02%. Por su parte, el PIB per cápita había crecido en 6,3% y el número de personas que vivían en condiciones de pobreza en las zonas rurales se había reducido en 12,4 millones de personas (Ministerio de Relaciones Internacionales República Popular de China, 2017).

Tres años después según Sachs, Schmidt-Traub, Kroll, Lafortune y Fuller (2019), quienes elaboraron un ranking para medir el avance en el cumplimiento de los ODS, China se encuentra en el lugar 39 a nivel mundial de 162 países que fueron medidos. El índice que tiene China es de 73,2, lo que indica que el porcentaje de cumplimiento de los ODS ha sido del 73,2%. Esto lo sitúan por sobre el promedio regional el cual es del 65,7%. A su vez, respecto de cada ODS en particular, se observa en el gráfico 5.25 que el desempeño más bajo lo tuvo en los ODS 14 de vida submarina (36,2%) y ODS 17 de alianzas para lograr los objetivos (49,5%). Por su parte, el mejor desempeño lo tuvo en los ODS 4 de educación de calidad, ODS 1 de fin de la pobreza y ODS 8 de trabajo decente y crecimiento económico.

Gráfico 5.25: Porcentaje de avance en el cumplimiento de los ODS, en China, año 2019.



Fuente: Sachs et al., (2019).

A su vez, en función de estos resultados Sachs et al., (2019) realizaron una clasificación del nivel de desafío que aún tienen los países para cumplir los ODS y la tendencia en el cumplimiento durante el año 2019. En este sentido, China aún tiene cuatro ODS en los que presenta un gran desafío y solo dos en los cuales ya ha cumplido la meta. Mientras que, en tres de ellos, se encuentra con una tendencia estancada.

Cuadro 5.1: Estado y tendencia en el cumplimiento de los ODS, en China, año 2019.

ODS	Actual evaluación	Tendencia
ODS 1: Fin de la pobreza	El desafío permanece	En camino o manteniendo el cumplimiento del ODS
ODS 2: Hambre cero	Desafío significativo	Mejoras moderadas
ODS 3: Salud y bienestar	Desafío significativo	Mejoras moderadas
ODS 4: Educación de calidad	ODS cumplido	Información no disponible
ODS 5: Igualdad de género	Desafío significativo	Mejoras moderadas
ODS 6: Agua limpia y saneamiento	Desafío significativo	Mejoras moderadas
ODS 7: Energía asequible y no contaminante	Desafío significativo	Mejoras moderadas
ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico	ODS cumplido	En camino o manteniendo el cumplimiento del ODS
ODS 9: Industria, innovación e infraestructura	Desafío significativo	En camino o manteniendo el cumplimiento del ODS
ODS 10: Reducción de las desigualdades	Gran desafío	Información no disponible
ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles	Desafío significativo	Información no disponible
ODS 12: Producción y consumo responsables	Desafío significativo	Información no disponible
ODS 13: Acción por el clima	Gran desafío	Estancado
ODS 14: Vida submarina	Gran desafío	Estancado
ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres	Desafío significativo	Estancado
ODS 16: Paz, justicia e instituciones sólidas	Gran desafío	Información no disponible
ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos	Desafío significativo	Información no disponible

Fuente: Sachs et al., (2019).

La tabla 5.9 muestra el detalle de los indicadores y sus valores considerados por Sachs et al., (2019). Además, en la tercera columna de la tabla se ha agregado una categoría que indica si la reducción de la PDA podría tener un impacto directo, indirecto o sin efecto en el indicador. Se entiende por impacto directo cuando una reducción en las PDA afecta la variable sobre la cual se basa el indicador. Por su parte, se entiende por impacto indirecto cuando afecta otra u otras variables que, posteriormente, tienen efectos en la variable en la cual se basa el indicador.

Por ejemplo, una de las dimensiones de las PDA es la pérdida de la calidad de los alimentos o PDCA como se expuso en el marco teórico. Por lo tanto, una reducción en la PDCA aumenta la calidad de los alimentos disponibles en una población, contribuyendo a reducir la prevalencia de la desnutrición. Esto sería un ejemplo de impacto directo de las PDA sobre un indicador que mide el ODS 2. Un ejemplo de impacto indirecto se tiene con el indicador de tasa de pobreza, donde un aumento de las PDA puede generar un aumento en el precio de los alimentos, en consecuencia, un deterioro en los niveles de pobreza relativa de la población.

Según este criterio, de un total de 85 indicadores, 30 son afectados de manera directa por las PDA y 12 de manera indirecta. Esto quiere decir que, en casi el 50% de los indicadores, es posible utilizar la reducción de las PDA como palanca para ayudar a cumplir los ODS. Además, se observa que 8 de los indicadores en los cuales las PDA tienen impactos están en la categoría gran desafío, 7 en la categoría desafío significativo y 12 en la categoría donde el desafío permanece. Solo 14 de estos indicadores están en la categoría de ODS cumplido. Finalmente, se tiene que en los ODS que mayor impacto tienen la reducción de las PDA son en los ODS 1, 2,6,7,11,12,13,14,15.

Tabla 17: Indicadores que miden el cumplimiento de los ODS, en China, año 2019.

ODS1 – Fin de la pobreza	Valor	Clasificación	Impacto de la PDA
Tasa de pobreza en \$1.90/día (% población)	0.2	ODS cumplido	Indirecta
Tasa de pobreza en \$3.20/día (% de población)	2.5	Desafío permanece	Indirecta
ODS2 – Hambre Cero			
Prevalencia de desnutrición (% población)	8,7	Desafío permanece	Directa
Prevalencia del retraso en el crecimiento (baja estatura para la edad) en niños menores de 5 años (%)	8.1	Desafío permanece	Directa
Prevalencia del desperdicio en niños menores de 5 años (%)	1.9	ODS cumplido	Directa
Prevalencia de la obesidad, IMC 30 (% población adulta)	6,2	ODS cumplido	Directa
Rendimiento de cereales (t/ha)	6,0	ODS cumplido	Directa
Índice de Gestión Sostenible del Nitrógeno	0.8	Gran desafío	Directa
Nivel Tráfico Humano (mejor 2-3 peor)	2.2	Desafío permanece	Directa
ODS3 – Buena salud y bienestar			
Tasa de mortalidad materna (por cada 100.000 nacidos vivos)	27	ODS cumplido	No afecta
Tasa de mortalidad neonatal (por cada 1.000 nacidos vivos)	4,7	ODS cumplido	No afecta
Tasa de mortalidad, menores de 5 años (por cada 1.000 nacidos vivos)	9,3	ODS cumplido	No afecta
Incidencia de tuberculosis (por cada 100.000 habitantes)	63,0	Desafío es significativo	No afecta
Nuevas infecciones por VIH (por 1.000)	0,0	ODS cumplido	No afecta

Tasa de mortalidad estandarizada por edad debido a enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes, y las enfermedades respiratorias crónicas en poblaciones de 30-70 años (por cada 100.000 habitantes)	17,0	Desafío permanece	Indirecta
Tasa de mortalidad estandarizada por edad atribuible a la contaminación del aire de los hogares y contaminación del aire ambiente (por cada 100.000 habitantes)	113	Desafío es significativo	Directa
Tasa de muertes por accidentes de tráfico (por cada 100.000 habitantes)	19,4	Gran desafío	No afecta
Esperanza de vida al nacer (años)	76,4	Desafío permanece	No afecta
Tasa de fecundidad adolescente (nacimientos por cada 1.000 mujeres de 15 a 19 años)	6,5	ODS cumplido	No afecta
Nacimientos atendidos por personal sanitario cualificado (%)	99,9	ODS cumplido	No afecta
Porcentaje de lactantes supervivientes que recibieron 2 vacunas recomendadas por la OMS (%)	99	ODS cumplido	No afecta
Índice Universal de Trazador de Cobertura de Salud (0-100)	80,4	ODS cumplido	No afecta
Bienestar subjetivo (puntuación media de la escalera, 0-10)	5,1	Desafío es significativo	Indirecta
ODS4 – Educación de calidad			
Tasa neta de matriculación primaria (%)	NA	NA	No afecta
Menor tasa de finalización secundaria (%)	102,2	ODS cumplido	No afecta
Tasa de alfabetización de 15-24 años de edad, ambos sexos (%)	99,6	ODS cumplido	No afecta
ODS5 – Igualdad de género			
Demanda de planificación familiar satisfecha por métodos modernos (% mujeres casadas o en sindicatos de 15 a 49 años)	96,6	ODS cumplido	No afecta
Años medios de escolarización de mujer a hombre, población de 25 años + (%)	91,6	Desafío permanece	No afecta
Tasa de participación de la fuerza laboral de mujer a hombre (%)	80,5	ODS cumplido	No afecta
Asientos ocupados por mujeres en los parlamentos nacionales (%)	24,9	Desafío es significativo	No afecta
ODS6 – Agua limpia y saneamiento			
Población que utiliza al menos servicios básicos de agua potable (%)	95,8	Desafío permanece	Indirecta
Población que utiliza al menos servicios básicos de saneamiento (%)	75,0	Desafío es significativo	Indirecta
Retiro de agua dulce como % total de recursos hídricos renovables	29,4	Desafío permanece	Directa
Agotamiento de las aguas subterráneas importadas (m ³ /año/per cápita)	1,6	ODS cumplido	Directa
Aguas residuales antropogénicas que reciben tratamiento (%)	16,1	Desafío es significativo	Directa
ODS7 – Energía asequible y limpia			
Acceso a la electricidad (% población)	100,0	ODS cumplido	Indirecta
Acceso a combustibles limpios y tecnología para cocinar (% población)	59,3	Desafío es significativo	Indirecta
Emisiones de CO ₂ por combustión de combustible/salida de electricidad (MtCO ₂ /TWh)	1,6	Gran desafío	Directa
ODS8 – Trabajo decente y crecimiento económico			
Crecimiento ajustado (%)	2,9	ODS cumplido	Indirecta
Prevalencia de la esclavitud moderna (víctimas por cada 1.000 habitantes)	2,8	ODS cumplido	No afecta
Adultos (15 años +) con una cuenta en un banco u otra institución financiera o con un proveedor de servicios de dinero móvil (%)	80,2	ODS cumplido	No afecta
Tasa de desempleo (% de la fuerza laboral total)	4,7	ODS cumplido	No afecta

Accidentes de trabajo mortales incorporados en las importaciones (muertes por cada 100.000)	0,1	ODS cumplido	No afecta
ODS9 – Industria, innovación e infraestructura			
Población que utiliza Internet (%)	54.3	Desafío es significativo	No afecta
Suscripciones de banda ancha móvil (por cada 100 habitantes)	83,6	ODS cumplido	No afecta
Índice de rendimiento logístico: Calidad del comercio y transporte infraestructura (1-bajo a 5-alto)	3.8	ODS cumplido	No afecta
El Times Higher Education Universities Ranking, Puntuación promedio del top 3 universidades (0-100)	75.0	ODS cumplido	No afecta
Número de artículos de revistas científicas y técnicas (por cada 1.000 habitantes)	0,3	Desafío permanece	No afecta
Gastos de investigación y desarrollo (% PIB)	2,1	ODS cumplido	No afecta
ODS10 – Reducción de las desigualdades			
Coefficiente Gini ajustado para los mejores ingresos (1-100)	41,9	Gran desafío	No afecta
ODS11 – Ciudades y comunidades sostenibles			
Concentración media anual de partículas de menos de 2,5 micras de diámetro (PM2.5) en las zonas urbanas (g/m3)	52.7	Gran desafío	Directa
Fuente de agua mejorada, entubada (% población urbana con acceso)	90,0	Desafío permanece	Directa
Satisfacción con el transporte público (%)	78.6	ODS cumplido	No afecta
SDG12 – Consumo y producción responsables			
Residuos Sólidos Municipales (kg/día/per cápita)	1.0	Desafío permanece	Directa
Residuos electrónicos generados (kg/per cápita)	5.2	Desafío permanece	No afecta
Emisiones de SO2 basadas en la producción (kg/per cápita)	25,5	Desafío es significativo	Directa
Emisiones de SO2 importadas (kg/per cápita)	-5,7	ODS cumplido	Directa
Huella de producción de nitrógeno (kg/per cápita)	22,8	Desafío permanece	Directa
Emisiones netas importadas de nitrógeno reactivo (kg/per cápita)	-12,5	ODS cumplido	Directa
ODS13 – Acción por el clima			
Emisiones de CO2 relacionadas con la energía per cápita (tCO2/per cápita)	6,5	Gran desafío	Directa
Emisiones de CO2 importadas, ajustadas por tecnología (tCO2/per cápita)	-0,8	ODS cumplido	Directa
Personas afectadas por desastres relacionados con el clima (por cada 100.000 habitantes)	813,2	Gran desafío	Indirecta
Emisiones de CO2 incorporadas en las exportaciones de combustibles fósiles (kg/per cápita)	25,6	ODS cumplido	Indirecta
ODS14 – Vida bajo el agua			
Zona media protegida en sitios marinos importantes para la biodiversidad (%)	18.8	Desafío es significativo	Directa
Índice de salud Oceánica y agua limpia (0-100)	29,8	Gran desafío	Directa
Porcentaje de poblaciones de peces sobreexplotadas o colapsadas por la EEZ (%)	8.6	ODS cumplido	Directa
Pescado capturado por la pesca de arrastre (%)	60.0	Gran desafío	Directa
SDG15 – Vida en tierra			
Zona media protegida en sitios terrestres importantes para la biodiversidad (%)	47.6	Desafío permanece	Directa
Zona media protegida en sitios de agua dulce importantes para la biodiversidad (%)	36.1	Desafío permanece	Directa
Lista Roja de la supervivencia de las especies (0-1)	0,7	Gran desafío	Directa
Deforestación Permanente (5 años promedio anual %)	0.0	ODS cumplido	Directa
Amenazas de biodiversidad importadas (por millón de población)	0,7	ODS cumplido	Directa
ODS16 – Instituciones de paz, justicia y fortaleza			

Homicidios (por cada 100.000 habitantes)	0,6	ODS cumplido	No afecta
Detenidos no condenados (%)	NA	NA	No afecta
Población que se siente segura caminando sola por la noche en la ciudad o área donde viven (%)	86.4	ODS cumplido	No afecta
Derechos de propiedad (1-7)	4.6	ODS cumplido	No afecta
Registros de nacimiento ante la autoridad civil, niños menores de 5 años (%)	NA	NA	No afecta
Índice de Percepción de la Corrupción (0-100)	39	Gran desafío	No afecta
Niños de 5 a 14 años involucrados en el trabajo infantil (%)	NA	NA	No afecta
Transferencias de las principales armas convencionales (exportaciones) (constante 1990 millones de dólares EE.UU. por cada 100.000 habitantes)	0.1	ODS cumplido	No afecta
Índice de libertad de prensa (mejor 0-100 peor)	78.3	Gran desafío	No afecta
ODS17 – Asociaciones para los Objetivos			
Gasto del Gobierno en Salud y Educación (% PIB)	NA	NA	Indirecta
Altos ingresos y todos los países del DAC de la OCDE: Concesionario internacional finanzas públicas, incluida la asistencia oficial para el desarrollo (% RNB)	NA	NA	No afecta
Otros países: Ingresos públicos excluyendo subvenciones (% PIB)	15,7	Gran desafío	No afecta
Puntuación de impuestos (mejor 0-5 peor)	1	ODS cumplido	No afecta

Fuente: Sachs et al. (2019).

Nota 1: La columna de impacto de la PDA la ha agregado el autor de esta tesis.

6. Propuestas de políticas públicas para la reducción de las PDA y la mejora de la SA, el medio ambiente y el cumplimiento de los ODS

En el capítulo referente al marco teórico de esta tesis se analizaron las relaciones teóricas que existen entre las PDA, la SA, el medio ambiente, los ODS y la economía circular. Posteriormente, se realizó una estimación de las PDA y sus impactos ambientales para el caso de China. Lo anterior con el fin de sostener las siguientes dos hipótesis de trabajo, la primera es que a través del control de las PDA es posible mejorar los niveles de SA, la calidad medioambiental y apoyar el cumplimiento de los ODS. La segunda es que se produce un volumen considerable de PDA en China que puede ser utilizado para los objetivos propuestos en la primera hipótesis. Ahora bien, este último capítulo tiene por objetivo plantear una serie de políticas públicas, insertan dentro de un marco de economía circular, a través de las cuales el control de las PDA puede contribuir a mejorar la SA, la calidad medioambiental y al cumplimiento de los ODS.

Para cumplir el objetivo propuesto este capítulo consta de tres epígrafes. En el primero, se aborda de una manera general y a nivel global una serie de políticas públicas referentes a las PDA. Estas políticas públicas para el control de las PDA se han clasificado según el tipo de causa que las producen, es decir, si las causas son microcausas, mesocausas o macrocausas y, según su impacto en la dimensión de la SA, el medio ambiente y los ODS. El segundo epígrafe, trata este tipo de políticas públicas en China. Específicamente, se realiza una revisión de las políticas públicas que ha implementado China para el control de las PDA en los últimos años y, se discuten los desafíos en los que este país aún debe avanzar en relación al diseño de iniciativas que busquen reducir las PDA. Finalmente, el tercer epígrafe hace referencia a las políticas públicas que abordan el problema de las PDA dentro de un marco de economía circular. En concreto, se tratan tres puntos: El primero, es referente a los distintos principios de la economía circular que están siendo llevados a la práctica por diversos emprendedores que están implementando nuevos modelos de negocios en varias industrias y procesos. En este sentido, se abordarán los modelos de la ecoinnovación y el ecodiseño, la economía colaborativa, la bioeconomía y la industria 4.0. El segundo, es referente a políticas públicas agroalimentarias dentro de un marco de economía circular, con especial énfasis en aquellas que tienen por objetivo reducir las PDA. En el tercer punto, se mencionan

algunos retos a los que es necesario hacer frente para la implementación de un modelo de economía circular en el sector agroalimentario.

6.1 Políticas públicas referentes a las PDA

Este apartado está basado en algunas recomendaciones de políticas públicas sugeridas por autores como: FAO (2011); HLPE (2014); Comisión Europea (2014); Income Consulting (2016); Inédit (2017); Cerantola y Ortiz (2018). Sin embargo, a efectos de este trabajo, se han reagrupado y reorientado en función de la dimensión de la SA a la cual contribuirían a mejorar, el impacto en el medio ambiente que generan y su impacto en el cumplimiento de los ODS. Identificando cuál es el mecanismo por el que la política pública, a través de la reducción de las PDA, contribuiría a mejorar estas dimensiones.

Para esto, el cuadro 6.1 constituye un esquema que servirá de guía para este epígrafe puesto que, clasifica las políticas públicas recomendadas según tipo de solución, nivel y dimensión de la SA a la que contribuyen.

Cuadro 6.1: Tipos de políticas públicas para reducir las PDA y su impacto en las dimensiones de la SA.

Política pública	Nivel de acción	Impacto en la SA
Buenas prácticas	Microcausas	Disponibilidad, acceso y uso
Soluciones de almacenamiento y conservación	Microcausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad
Soluciones técnicas de transporte y embalaje	Microcausas	Disponibilidad, uso y estabilidad
Soluciones para el desperdicio en la etapa de consumo	Microcausas	Acceso
Soluciones de infraestructura	Mesocausas	Disponibilidad, acceso y uso
Soluciones en el desarrollo de la elaboración de alimentos	Mesocausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad
Garantizar servicios adecuados de creación de capacidad, educación, capacitación y extensión	Mesocausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad
Soluciones que apuntan a fomentar el rol de la mujer en la reducción de las PDA	Mesocausas	Disponibilidad y acceso
Responsabilidad social y ambiental de las empresas	Mesocausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad
Dotar de valor a los alimentos excedentarios rescatados	Mesocausas	Disponibilidad y acceso
Conferir valor a los subproductos, las fuentes complementarias y los subproductos no utilizados	Mesocausas	Disponibilidad
Considerar los costos y beneficios para superar las limitaciones del modelo de ganadores y perdedores	Macrocausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad

Integrar las preocupaciones sobre las PDA a las políticas públicas	Macrocausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad
Reunir a todos los actores para sensibilizarlos y tomar medidas	Macrocausas	Disponibilidad, acceso, uso y estabilidad

Fuente: Elaboración propia a partir del esquema HLPE (2014).

a) Políticas públicas a nivel de microcausas

Como se puso de manifiesto en el epígrafe 2.1, las microcausas son aquellas que generan PDA y PDCA en cada etapa particular de la cadena alimentaria debido a acciones u omisiones de actores de la misma etapa como respuesta o no a factores externos. Por lo tanto, se entenderá como políticas públicas, a nivel de microcausas (en adelante microsoluciones), a aquellas donde el público objetivo de la política son esos actores.

a.1) Buenas prácticas

Como ya se ha comentado, la mayoría de las PDA, en los países con problemas de SA, se produce en las primeras fases de la cadena, como causa inmediata, principalmente debido a la carencia de tecnologías que les permitan a las empresas del sector una producción eficiente de los alimentos. No obstante, también se evidencia una falta de *benchmark* que les permita a las empresas del sector de los países con problemas de SA copiar las buenas prácticas de la industria. Por lo tanto, la adopción de este conocimiento, tanto en prácticas agrícolas como animales, se perfila como un aspecto fundamental para proteger los alimentos en las fases iniciales de la cadena alimentaria de los daños causados por la contaminación física de materias extrañas, plagas, insectos o parásitos y, de la contaminación biológica por mohos, bacterias patógenas o virus (HLPE, 2014).

La aplicación de buenas prácticas de fabricación, elaboración e higiene de alimentos, no solo contribuye con la reducción de las PDA y, con esto, con el aumento de la disponibilidad de alimentos, sino que también mejora la calidad de los mismos, lo que se traduce en una mejora de la dimensión de uso de la SA. Además, la adopción de este tipo de prácticas trae aparejado un aumento en la eficiencia de la cadena alimentaria, por lo tanto, una reducción de los costes. Lo anterior, puede causar una disminución de

los precios de los alimentos, en concreto una mejora del acceso de familias sin recursos económicos.

Por su parte, el hecho de que las buenas prácticas y estándares ya hayan sido creados por las empresas más eficientes del sector, implica que el coste de transmisión de estos hacia las empresas más ineficientes podría no ser elevado. Por lo tanto, la reducción de las PDA mediante este tipo de políticas no está asociada a un importante uso de nuevos recursos financieros, de innovación o naturales, como agua y tierra. Además, políticas como esta podrían ser de más fácil y rápida implementación en comparación con otras como la inversión en nueva infraestructura. Lo anterior implica que la reducción de las PDA, especialmente sin utilizar nuevos recursos naturales, evita el consumo de agua, tierra o la emisión de GEI en vano.

a.2) Soluciones de almacenamiento y conservación

Como se ha mencionado ya en este documento, una de las principales causas de PDA en las primeras fases de la cadena alimentaria en países con problemas de SA es la carencia de tecnologías eficientes, en concreto destaca la falta de sistemas de almacenamiento y refrigeración. En el caso de los cereales y los tubérculos ya se han creado varias tecnologías postcosecha que tienen por objetivo proteger estos alimentos de plagas y otras causas de pérdida de alimentos (Tefera et al., 2011). Sin embargo, en varias ocasiones este tipo de tecnologías debido a sus costes es de difícil acceso para pequeños agricultores (HLPE, 2013). En este sentido, dos posibles líneas de acción que se pueden tomar en este caso son: incentivos a la formación de cooperativas de agricultores y ganaderos en países con problemas de SA que, normalmente no pueden acceder a tecnologías más eficientes debido a sus elevados costes y; el desarrollo de tecnologías a menor escala con costes más bajos para que pequeños agricultores puedan acceder a ellas.

Al igual que en el caso de las buenas prácticas, este tipo de soluciones provoca un aumento de la eficiencia de los procesos productivos, lo que finalmente se traduce en una disminución de los costes de los alimentos y, por tanto, en una posible disminución de su precio. También mejora la disponibilidad inmediata de alimentos de buena calidad, pero, sobre todo, mejores sistemas de almacenaje y conservación permiten aumentar la

disponibilidad de alimentos en periodos diferidos de tiempo, entre ellos en periodos de escasez, con lo cual se mejora la dimensión de estabilidad de la SA.

Sin embargo, es menester mencionar que para que estos beneficios se concreten, es necesario que la introducción de este tipo de tecnologías en países con problemas de SA alimentaria venga aparejada con el desarrollo de mercados secundarios relacionados con éstas. Por ejemplo, mercado de repuestos de estas tecnologías, mercado de la energía que las mantiene en funcionamiento, conocimiento de su uso, etc. Además, es necesario el desarrollo de estados de derecho que salvaguarden los derechos de propiedad intelectual y patentes, con el fin de evitar posibles barreras de entrada a la transferencia tecnológica. Por lo que, la introducción de tecnologías más eficientes en países con altas PDA debido a falta de tecnología, debe estar inserta en un contexto mucho más amplio de desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles.

a.3) Soluciones técnicas de transporte y embalaje

Otra causa de las PDA en los países con problemas de SA, sobre todo en alimentos frescos como frutas y hortalizas, son las deficiencias en los medios de transporte que trasladan los alimentos desde el productor a los compradores minoristas. En especial, cuando se suma una segunda causa, la de embalajes inadecuados para el transporte (Olsmats y Wallteg, 2009). En este aspecto, se hace muy necesario fomentar la inversión en medios de transportes más eficientes y mejor equipados para el traslado de alimentos frescos, como, por ejemplo, aquellos medios de transporte que cuenten con sistemas de frío, ventilación, regulación de temperatura o lonas (Foscaches, Sproesser, Quevedo-Silva y Lima-Filho, 2012). Además, se hace necesario fomentar la mejor coordinación entre los actores de la cadena que, permita reducir los tiempos de transporte, los tiempos de espera, los tiempos de carga y descarga, la manipulación de los alimentos, entre otras acciones que dañan los alimentos produciendo PDA y PDCA. Una solución para mitigar los daños de los alimentos producidos por el transporte es la adopción de sistemas de embalajes precisos para cada producto (FAO, 2011).

Este tipo de soluciones contribuye al aumento de la disponibilidad de alimentos, pero también a conservar la calidad de los mismos en los alimentos frescos que la pierden rápidamente, como frutas y hortalizas, con lo cual se mejora la dimensión de uso de la

SA. Por otro lado, mejores tipos de embalajes que permitan diferir el consumo de los alimentos en el tiempo conservando sus propiedades ayudaría a mejorar la estabilidad de la oferta de alimentos.

Es importante mencionar que, para que este tipo de políticas sea aplicable, es necesario situarlas en los contextos económicos, institucionales, de recursos humanos y de infraestructura de cada país puesto que, las microcausas que generan este tipo de PDA y PDCA son normalmente resultado de meso y macrocausas más complejas, como la falta de inversión estatal en infraestructura vial, entre otras.

a.4) Soluciones para el desperdicio en la etapa de consumo

En la etapa de consumo las PDA se producen en dos formas, una en el sector de la hostelería y, la otra, en el consumo doméstico de hogares. En el caso de las primeras los servicios alimentarios de restaurantes, hoteles, comedores, etc., generan PDA debido a diversas causas, como, por ejemplo, los buffets libres⁴² que incentivan que los consumidores sirvan sus platos con cantidades mayores de alimentos de los que pueden ingerir, por lo cual el resto se desperdicia. Otro ejemplo recurrente, es el hecho de que, al finalizar la jornada, muchos restaurantes desechan la comida preparada que no pudo ser vendida. También existe el caso donde simplemente, por razones de estatus social, los consumidores piden cantidades mayores de alimentos de las que pueden consumir para mostrar a los invitados su poder económico. Esta es una situación común en China donde la mayor parte de las PDA en la etapa de consumo se produce en restaurantes (Liu, 2014). En el caso de los hogares, el desperdicio también se debe a múltiples causas, como, por ejemplo, a confusiones entre la fecha de caducidad y fecha de consumo preferente⁴³, estética de alimentos, envasados de gran tamaño, o simplemente a razones culturales.

Por lo tanto, debido a la multiplicidad de causas que provocan las PDA en esta etapa es necesario diseñar políticas públicas para cada caso en concreto. En este aspecto, algunas de ellas son: establecer mejores leyes sobre el rotulado de los alimentos que

⁴² Buffet libre es un modelo de negocios de algunos restaurantes en los que, por el pago de un precio fijo el consumidor puede consumir toda la cantidad de comida que desee.

⁴³ Por ejemplo, Francia en el año 2015 eliminó la fecha de consumo preferente con el fin de evitar la confusión que provoca a los consumidores y, con esto, reducir el desperdicio alimentario.

especifiquen con claridad la fecha de caducidad y la fecha de consumo preferente; fomentar el envasado en pequeñas cantidades sin que ello signifique un castigo monetario para el consumidor que, con el fin de generar ahorros, se ve incentivado a comprar grandes cantidad de alimentos que después no puede consumir antes de su fecha de caducidad; fomentar el modelo de negocios de venta de comida “*al kilo*”⁴⁴; diseñar mecanismos para que la comida de los restaurantes que se desperdicia al final de la jornada sea destinada a organismos de beneficencia; educar al consumidor en los aspectos nutricionales de los alimentos, entre otras (Fundació Alicia /UAB, 2012; Quested, Marsh, Stunell, y Parry, 2013).

Debido a que en los países sin problemas de SA es donde más alimentos se desperdician en la etapa de consumo, no es posible o es sumamente difícil que la reducción de las PDA en estos países se refleje en un aumento de la SA en los países con inseguridad alimentaria. Sin embargo, si es perfectamente posible que la transferencia se produzca entre personas con problemas de SA y sin problemas de SA en el interior del mismo país. Por lo tanto, este tipo de políticas contribuyen a que sectores pobres de la población con problemas de SA mejoren su acceso a los alimentos.

b) Políticas públicas a nivel de mesocausas.

Como se definió con anterioridad, las mesocausas involucran las causas secundarias o estructurales. Por lo tanto, pueden producirse en la misma fase o en una fase de la cadena distinta a donde se producen las PDA, o derivarse del modo en que se organizan diversos actores de la cadena, del estado de la infraestructura, etc. A su vez, las mesocausas pueden contribuir a que se produzcan las microcausas y determinar su impacto. Por ende, las políticas públicas aplicadas en este nivel (en adelante mesoluciones) serán de particular relevancia puesto que: en primer lugar, a menudo requieren cambios en toda la cadena alimentaria, por lo tanto, exigen la participación de múltiples actores y partes de la cadena (mesonivel); en segundo lugar, las mesoluciones deben ser respaldadas y potenciadas por medidas de mesonivel más amplias; y, en tercer lugar, las mesoluciones requieren de una coordinación de todos los eslabones de la

⁴⁴ Venta “*al kilo*” es un modelo de negocios donde en los restaurantes el precio que se paga por la comida es por el peso de comida que se sirve. Este tipo de modelos al traspasar el costo del desperdicio de alimentos al consumidor incentiva a que éste no se sirva más de lo que va a consumir.

cadena puesto que, sin esta consideración, mesosoluciones en una etapa de la cadena pueden ser anuladas por mesosoluciones en otra etapa (HLPE, 2014). A continuación, se exponen algunas de ellas.

b.1) Soluciones de infraestructura

Una de las causas de las PDA son los medios de transporte inadecuados para cierto tipo de alimentos cuya pérdida de calidad o deterioro es acelerado. En este punto, es importante aplicar las microsoluciones expuestas anteriormente. Sin embargo, es igualmente importante que éstas vayan acompañadas de mesosoluciones que deben llevar a cabo los gobiernos en colaboración con instituciones locales y agentes privados. Ejemplos de estas mesosoluciones son: el desarrollo de infraestructura vial, el desarrollo de infraestructura energética y de infraestructura de mercado, como, por ejemplo, espacios y permisos para ferias de alimentos y almacenaje (HLPE, 2014). En concreto, algunos casos de estas políticas públicas son el almacenamiento colectivo que incluye la mutualización de los riesgos de pérdidas postcosecha⁴⁵.

Otro aspecto importante donde es menester realizar inversiones a nivel de mesosoluciones es en la cadena de frío⁴⁶, donde se estima que en los países en desarrollo el 23% de los alimentos perecederos se pierde al no utilizarse refrigeración (IIR, 2009). Las soluciones en este sentido incluyen la gestión eficaz de toda la cadena de frío, esto es, refrigeración previa de los alimentos, almacenamiento frigorífico, transporte refrigerado y presentación refrigerada durante la comercialización (HLPE, 2014). Casos concretos de estas soluciones son la construcción de instalaciones de almacenamiento frigorífico colectivo en Kenia y Túnez (FAO e IIR, 2014).

La reducción de las PDA por esta vía contribuye a aumentar la disponibilidad de alimentos debido a que no solo existen más alimentos disponibles por la disminución de las PDA, también con mejor infraestructura es posible trasladar alimentos a regiones o

⁴⁵ Por ejemplo, en 2007 en el condado de Taicang, en la provincia de Jiangsu en China se creó el primer Banco de alimentos oficial chino, el cual facilitó instalaciones de secado, elaboración y almacenamiento a los hogares agrícolas. Solo 4 años más tarde de su implementación se estimó que esta medida ayudó a ahorrar 3.900 toneladas de cereales al año en la provincia (Liu y He, 2012).

⁴⁶ Se entiende por cadena de frío una serie ininterrumpida de actividades que mantienen un determinado intervalo de temperatura desde el punto de producción al consumidor (HLPE, 2014).

lugares que antes eran de difícil acceso. Al disminuir los costes de transporte es posible disminuir el precio de los alimentos con lo cual se mejora la dimensión de acceso de la SA. Por su parte, se mejora la dimensión de uso debido a que, sistemas de transporte y lugares de venta mejor equipados ayudan al menor deterioro nutricional de los alimentos.

b.2) Soluciones en el desarrollo de la elaboración de alimentos⁴⁷

Otra causa importante que provoca PDA es el tiempo transcurrido entre la producción y el consumo, si este tiempo se prolonga debido, por ejemplo, a falta de demanda, problemas de infraestructura vial, etc. los alimentos pierden sus propiedades nutricionales y se desechan (Chen, Chaudhary y Mathys, 2020). Por lo tanto, para hacer frente a esta situación es necesario que el gobierno u otros sectores -como el de la innovación tecnológica- desarrollen nuevos métodos de elaboración de alimentos que, permitan conservarlos por más tiempo manteniendo sus propiedades nutricionales. Este tipo de soluciones involucran el mejoramiento de los procesos de conservación como el enlatado, la pasteurización y la esterilización y las tecnologías de embalaje (Langelaan et al., 2013).

Este punto es de vital importancia para la mejora en los niveles de SA puesto que, el desarrollo de estos métodos, por un lado, permite disminuir las PDA que se producen en periodos de buena cosecha guardando los alimentos para periodos de mala cosecha. De esta manera, se contribuye a estabilizar la oferta de alimentos y, por ende, su precio. Por otro lado, alimentos cuya elaboración permite hacerlos no perecederos son susceptibles de ser transportados de países que no tienen problemas de SA alimentaria a aquellos que si la tienen. Con esto es posible mejorar las dimensiones de disponibilidad, acceso, uso y estabilidad de la SA.

⁴⁷ Se define la elaboración de alimentos como la transformación de materias primas y productos intermedios en productos destinados al consumo humano con el objeto de mejorar la digestibilidad, la biodisponibilidad de nutrientes y la energía, el sabor, la apariencia, la inocuidad, la aptitud para el almacenamiento y distribución (HLPE, 2014).

b.3) Garantizar servicios adecuados de creación de capacidad, educación, capacitación y extensión

Es un hecho que en todo proceso productivo las personas son un factor clave, en este sentido desarrollar la capacidad y educación de los agricultores es de vital importancia si se quiere reducir las PDA. Es un punto de partida indispensable crear centros locales de capacitación y educación donde se les transmita a los agricultores las tecnologías disponibles en la industria, teoría de análisis de riesgos y puntos críticos de control de calidad e inocuidad, buenas prácticas del sector, métodos eficientes y eficaces de selección y clasificación, transporte y trazabilidad de sus productos, etc. (FAO, 2013d). No obstante, lo anterior, es crucial asociar este tipo de capacitación a la formación de personas con conocimientos especializados en el funcionamiento, mantenimiento y reparación de maquinarias que, actúen como apoyo de los agricultores. Esto con el fin de que la implementación de nuevas tecnologías y prácticas no solo avance en el nivel de la gestión, sino que no se detenga por falta de conocimiento técnico en su uso, mantenimiento o reparación.

Este tipo de soluciones es de vital importancia para la mejora en los niveles de SA puesto que, las personas son las garantes de la gestión y el funcionamiento de todos los eslabones de la cadena alimentaria. Con lo cual, personas mejor capacitadas y con el conocimiento adecuado permitiría disminuir las PDA que se producen en todas las etapas de producción y comercialización de alimentos. De esta manera, se contribuye a mejorar las cuatro dimensiones de la SA.

b.4) Fomentar el papel de la mujer en la reducción de las PDA

En la mayoría de las comunidades rurales⁴⁸ son las mujeres las que se encargan de la producción de los alimentos, representando aproximadamente un 80% de la fuerza laboral del sector (Humera et al., 2009, citado en FAO 2014). Además, en los hogares rurales son en general las mujeres las encargadas de la preparación de los alimentos y la nutrición familiar (Savari, Sheykhi, y Shokati, 2020). Por lo tanto, el papel de la mujer en la industria de los alimentos y en la seguridad alimentaria de un hogar tiene un rol

⁴⁸ El estudio hace referencia a estudios de caso realizados en Pakistán.

preponderante. Sin embargo, pese a esto, en los países con inseguridad alimentaria la mayoría de las mujeres carece de los conocimientos sobre buenas prácticas de elaboración e instrumentos de preparación eficiente de alimentos (Savari, Sheykhi, y Shokati, 2020). Adicionalmente, a menudo se las excluye de programas y actividades de formación ya que, las organizaciones agrícolas y los derechos de propiedad de la tierra están controladas mayoritariamente por hombres (Aziz, Ali, Ahmed, Saeed y Rong, 2020). Con esto, las agricultoras son más propicias a obtener alimentos que no cumplen con las normas y estándares que demanda el mercado y, en consecuencia, se desechan o se venden en mercados secundarios a precios menores (HLPE, 2014).

Es por lo anterior, que cada vez más se perfila de vital importancia diseñar programas de políticas públicas orientados a la capacitación y empoderamiento de las mujeres agricultoras (Savari, Sheykhi, y Shokati, 2020). Esto tiene múltiples beneficios ya que, por un lado, mejora el bienestar de las mujeres que viven en entornos rurales, con las consecuencias familiares positivas que esto tiene puesto que, normalmente son sustento de hogar, por lo que mejora el acceso a los alimentos (Savari, Sheykhi, y Shokati, 2020). Por otro lado, permite la reducción de las PDA aumentando la disponibilidad de alimentos debido a que, en algunos lugares, como, por ejemplo, en Lebanon las mujeres muestran un comportamiento adverso a la pérdida y desperdicio de alimentos por razones culturales y creencias religiosas (Chammas y Yehya, 2020). En concreto, para desarrollar sistemas alimentarios sostenibles un aspecto relevante es la superación de las diferencias de género.

b.5) Dar una función a la responsabilidad social y ambiental de las empresas

Si bien es cierto las empresas agrícolas tienen incentivos a reducir las PDA debido a que esto puede reducir sus costes, las empresas pueden ver aumentados estos incentivos si integran la reducción de las PDA como parte de sus planes de responsabilidad social y ambiental. De esta manera, una opción es dar visibilidad a las PDA introduciéndolas dentro de sus informes anuales en las secciones de impacto ambiental y social. Con esto las empresas podrían mejorar la información disponible para la toma de decisiones de inversión o, aprovechar los beneficios que involucra en algunos países pertenecer a las categorías de empresas ecológicas o verdes. Además, las empresas pioneras en esta

categoría podrían respaldar actividades que involucren la reducción de las PDA en sus proveedores o clientes (HLPE, 2014).

Este tipo de soluciones podría contribuir a reducir las PDA en toda la cadena alimentaria. La razón es que normalmente las empresas dentro de un sector están relacionadas ya sea de manera horizontal o vertical. Primero, se podrían reducir las PDA al interior de la empresa que las integra dentro de sus prácticas de responsabilidad social y ambiental, con lo que aumentaría la disponibilidad de alimentos. También, a partir de estas políticas empresariales es posible coordinar acciones conjuntas con los proveedores y consumidores, haciendo más eficiente la cadena alimentaria. Por lo tanto, mejorando la calidad de los alimentos que llegan al consumidor final, con lo cual se contribuye a la dimensión de uso y estabilidad de las SA. Finalmente, el hecho que las empresas puedan hacer más eficientes sus procesos al dar visibilidad a las PDA o, reducir sus costes a través de los beneficios que en algunos países implica estar en la categoría de empresas ecológicas o verdes, permitiría eventualmente reducir los precios de los alimentos mejorando la dimensión de acceso de la SA.

b.6) Dotar de valor a los alimentos excedentarios rescatados

Como se señala en HLPE (2014) la estandarización de los productos que se venden a los consumidores finales es una de las mayores causas de las PDA en la venta al por menor. La razón es que los productos alimenticios pierden su calidad gradualmente, pero su calidad de comercializable se pierde repentinamente en los sistemas actuales de venta de alimentos. Esto quiere decir que, aunque un alimento puede estar en buenas condiciones para la ingesta humana, a pesar de haber perdido algún grado de su calidad, las empresas cambian su estado de comercializable a desecho solo en un paso. En circunstancias que se podría asociar la pérdida gradual de calidad a una disminución gradual de su precio. De esta manera, alimentos que han perdido parte de sus propiedades pueden ser vendidos a precios más económicos en el mercado, es decir vincular su grado de comestibilidad con su precio. Un ejemplo de esto son los bancos de alimentos que nacieron como iniciativas no gubernamentales con el objetivo de recolectar comida para redistribuirla a las personas que las necesitaban.

El problema de un sistema de este tipo, como señala Silvennoinen, Katajajuuri y Hartikainen (2014) es que muchas de las empresas de alimentos basan su modelo de ventas en destacar la calidad y frescura de los alimentos. Otro problema que este tipo de soluciones enfrenta es la dificultad de determinar la calidad de comestibilidad de un producto y el riesgo sanitario asociado al consumo de alimento en mal estado. Además, la logística asociada a la identificación y recolección de los alimentos que han perdido su calidad, pero que aún son aptos para el consumo humano, sería de alta complejidad si estos se encuentran muy dispersos geográficamente (HLPE, 2014).

Con todo, este tipo de soluciones contribuiría a aumentar el acceso de las personas a los alimentos, debido a que podría colocar en el mercado alimentos a precios más económicos, por tanto, personas con menos recursos podrían adquirirlos. Además, si se logrará dotar de valor y relocalizar estos productos en manos de personas de escasos recursos, como es la idea de los bancos de alimentos, se contribuiría a mejorar la dimensión de disponibilidad de la SA.

b.7) Conferir valor a los subproductos, las fuentes complementarias y los alimentos no utilizados

En la producción de alimentos muchos son los subproductos derivados de los procesos de producción principales. Dotarlos de valor al venderlos como pienso, fertilizantes u otros subproductos comestibles muchas veces exige de una elaboración alternativa que, por lo general suele ser más compleja. Por esta razón, varios de estos subproductos que se podrían aprovechar son desechados. Por ejemplo, la producción de frutas y hortalizas frescas consta de varias etapas, como lo son la refrigeración previa, lavado y desinfección, pelado, recortado y retirado de las semillas, cortes para obtener tamaños determinados, separación en función de los defectos, baños antiparasitarios, secado, almacenamiento, embalaje, mercado y distribución (James y Nagramsak, 2011). En este sentido, en todas estas etapas se producen subproductos que son tratados como descartes o desechos pero que podrían dotarse de valor al servir como insumo de otro producto.

Este tipo de políticas contribuiría, por un lado, si los subproductos son comestibles, a aumentar la disponibilidad de alimentos, pero, por otro lado, también permitiría reducir el impacto ambiental que generan las PDA. Esto principalmente en las áreas urbanas

donde a menudo los subproductos que son desechados de los procesos de producción principales terminan en vertederos generando metano (HLPE, 2014).

c) Políticas públicas a nivel de macrocausas.

Por último, las macrocausas son las causas sistémicas de las PDA, como, por ejemplo: un sistema alimentario que no funciona correctamente, las condiciones políticas o institucionales que impiden la coordinación y acción de los distintos agentes de un sistema alimentario, las inversiones en el sector y la adopción de buenas prácticas internacionales en esta materia, el nivel de tecnología del país, etc. Por su magnitud e impacto, las macrocausas fomentan la aparición de las meso y microcausas.

Esta distinción es muy importante de cara a relacionar las PDA con la SA, el impacto medioambiental y los ODS puesto que, en muchos países, los problemas en estas áreas no están relacionados con causas que se puedan resolver a nivel empresarial, local o de país, sino con fenómenos globales como, por ejemplo, problemas de cambio climático o inseguridad alimentaria inducida a propósito en contextos de guerra. Por lo tanto, las políticas públicas que se pueden recomendar en este aspecto revisten de una complejidad mucho mayor ya que requieren, normalmente, la coordinación de acciones a nivel internacional, tanto de gobiernos, multinacionales, organismos internacionales, entre otros.

HLPE (2014) ha identificado tres ámbitos a considerar en la elaboración de macrosoluciones. En primer lugar, es necesario identificar quienes serán los ganadores y perdedores al aplicar soluciones de reducción de las PDA. En segundo lugar, abordar como se pueden crear mecanismos de políticas públicas adecuados de promoción, apoyo o incentivo que permitan fomentar la reducción de las PDA. En tercer lugar, como se pueden coordinar las acciones con todas las partes interesadas, tanto nacionales como internacionales, que son afectadas por las PDA. En lo que sigue, se describe en detalle cada uno de estos ámbitos.

c.1) Considerar los costes y los beneficios para superar las limitaciones del modelo de ganadores y perdedores.

Es un hecho que la existencia de las PDA genera costes que serán asumidos por uno o varios actores de la cadena de alimentos, como, por ejemplo, disminución de ingresos en el caso de los productores o gastos innecesarios por parte de los consumidores (HLPE, 2014). Sin embargo, también es un hecho que toda solución tiene asociados costes de implementación, lo cuales serán asumidos en diferente medida por los actores de la cadena alimentaria. En este sentido, las soluciones de macronivel para reducir las PDA que se quieran implementar deben considerar quienes serán los actores que obtendrán mayores beneficios, quienes obtendrán menores beneficios e incluso quienes perderán. De esta manera, evaluar los costes y beneficios en todos los actores es de vital importancia para determinar si los beneficios de la reducción de las PDA compensan los costes que implica su reducción para los distintos actores y la sociedad en su conjunto.

En otras palabras, como se podría argumentar desde el punto de vista económico, si el coste marginal de reducir las PDA es mayor al beneficio marginal que genera la solución, lo mejor sería seguir con las pérdidas (Stuart, 2009). De todas formas, aunque esta afirmación económica pueda parecer sensata a primera vista, un análisis coste-beneficio en el caso de las PDA está lleno de complejidades, como las siguientes (HLPE, 2014):

1. Los costes de la implementación de soluciones para reducir las PDA los asumen unos actores de la cadena alimentaria, pero los beneficios recaen en otros actores. En este sentido, la pregunta clave es como establecer incentivos adecuados para que los actores implementen soluciones para la reducción de las PDA asumiendo sus costes, aunque no sean los que van a obtener los beneficios. En otras palabras, cómo se puede compensar a los actores que tendrán impactos negativos por la reducción de las PDA.
2. Los actores de la cadena alimentaria adaptan su comportamiento frente a las consecuencias de la reducción de las PDA, lo que modificaría los supuestos sobre los cuales se basa el análisis coste-beneficio.
3. Varios de los beneficios de la reducción de las PDA son externalidades positivas que, a la fecha, carecen de métodos de valorización económica, es decir, no se les puede

asignar un precio. Por lo que, resulta difícil realizar análisis coste-beneficio que no estén distorsionados.

4. Restricciones sociales, culturales y sanitarias podrían limitar la cantidad de PDA que se puede reducir de manera efectiva. Entonces surge la pregunta de cómo se podrían considerar estos costes sociales, culturales y sanitarios en el análisis coste-beneficio.
5. Los costes y los beneficios en la reducción de las PDA tienen un alto grado de incertidumbre, por lo tanto, es difícil realizar análisis coste-beneficio precisos.
6. Las PDA se producen en distintas etapas de la cadena alimentaria y a distintos niveles (micro, meso y macro), por lo que, resulta difícil obtener información detallada para realizar análisis coste-beneficio. Especialmente si se considera que la información disponible referente a las PDA y su impacto aún es muy limitada y escasa.
7. Las PDA están fuertemente ligadas a la pérdida en la calidad de los alimentos. Sin embargo, esto último es de muy difícil cuantificación.

Otro aspecto importante por el cual se deben considerar todos los actores de la cadena alimentaria al tratar de implementar macrosoluciones de reducción de las PDA es que, es difícil anticipar el efecto que causarían este tipo de políticas en los precios de los alimentos, sobre todo, considerando que es una variable clave en el ámbito de la SA, debido a que personas de escasos recursos son fuertemente sensibles a los cambios en el precio de los alimentos.

De esta manera, es incierto en qué medida un aumento o disminución en el precio de los alimentos puede desincentivar o incentivar la PDA. Es posible que frente a precios bajos de los alimentos las personas pongan menos cuidado en no desperdiciarlos. Frente a precios bajos es posible también que los productores decidan perder la producción al ser más alto su procesado que su precio de venta. Sin embargo, a la vez, es posible que una reducción de las PDA pueda conllevar a la disminución del precio de los alimentos, al aumentar su disponibilidad. Lo que generaría una reacción opuesta a la que se busca con la política de reducción de PDA.

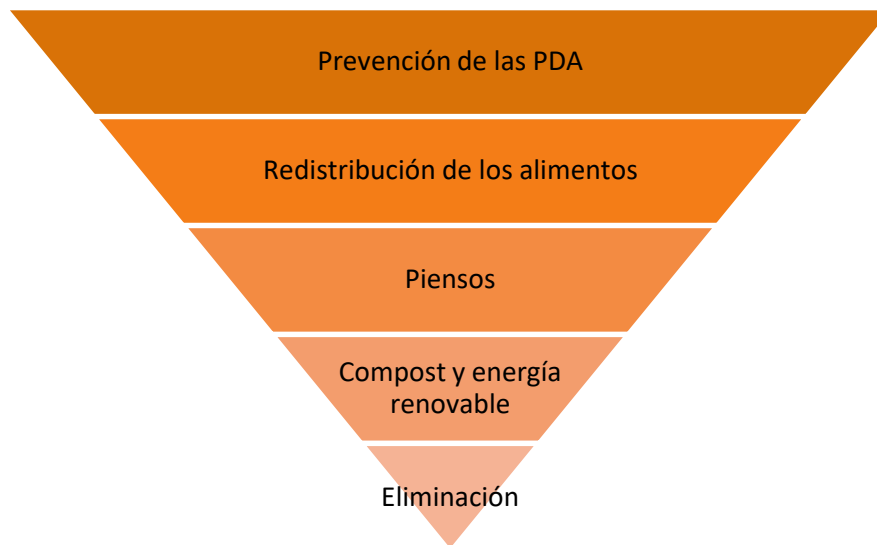
Como se deduce de lo anterior, las repercusiones generales y las relaciones entre las PDA y los precios de los alimentos son inciertas y, en última instancia, dependerán del equilibrio entre los factores relativos a la tecnología, el mercado y el comportamiento del consumidor (HLPE, 2014). Por lo que, es menester, al aplicar macrosoluciones, considerar a todos los actores involucrados o que puedan verse afectados por las PDA, tanto positiva como negativamente.

c.2) Integrar las preocupaciones por las PDA en las políticas públicas.

Un segundo aspecto clave a tener en cuenta cuando se generan macrosoluciones para reducir las PDA es cómo se integran estas dentro del conjunto de políticas públicas de un país. La dificultad radica en que una amplia gama de las políticas públicas para reducir las PDA está fuertemente relacionada con otro tipo de políticas públicas que tienen objetivos distintos, como, por ejemplo, con políticas de inversión en infraestructura vial, políticas de incentivo para cambiar el comportamiento de los consumidores, o más recientemente programas de economía circular. En este sentido, es posible integrar macrosoluciones de reducción de las PDA a través de dos caminos: el primero es considerar el tema de las PDA en todas las posibles políticas que puedan tener repercusión en ellas; y, el segundo, es diseñar políticas específicas referente a la reducción de las PDA (HLPE, 2014). En este aspecto, por ejemplo, la Unión Europea ha integrado las políticas públicas de reducción de las PDA en un marco más amplio relativo a la economía circular (Comisión Europea, 2015).

En la mayoría de los países de la OCDE las medidas para reducir las PDA se encontraban en el grupo de las políticas públicas ambientales de reducción de desechos en general (OECD, 2014). Sin embargo, la situación ha cambiado a partir del 2015, ya que los países de la Unión Europea han diseñado el plan de acción de la Unión Europea para la economía circular, en el que han incluido las acciones en contra de las PDA. Una de las prioridades de este tipo de políticas públicas es establecer instrucciones claras sobre el uso alternativo preferente de las PDA. En este sentido, HLPE (2014), a partir de la pirámide de desperdicio de Londres y la jerarquía de recuperación de alimentos elaborada por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, establece el siguiente trato que deben recibir las PDA en consonancia con los modelos de gestión de desechos (ver figura 6.1).

Figura 6.15: Jerarquía que favorece la utilización frente al desperdicio de alimentos para minimizar las PDA⁴⁹.



Fuente: HLPE (2014).

En primer lugar, por supuesto que la mejor opción medioambiental, social y económica es la prevención de las PDA, es decir evitar que éstas se produzcan. En segundo lugar, si los alimentos ya han sido producidos, pero se corre el riesgo de que se transformen en PDA, la mejor opción que sigue es su redistribución con el fin de alimentar a personas necesitadas. Para esto, se busca implementar micro, meso y macro soluciones como la redistribución a través de instituciones benéficas o bancos de alimentos. En tercer lugar, si los alimentos ya se transformaron en PDA y no son aptos para el consumo humano, se sugiere que sean destinados como pienso para alimentar animales. En cuarto lugar, se sugiere que el desperdicio de alimentos, incluidas las partes no comestibles, se destinen a compostaje para producir fertilizantes o como insumos para la producción de energía. Finalmente, la opción menos ventajosa es su eliminación o tratamiento en vertederos.

Otro tipo de políticas públicas que consideran el tema de las PDA son por lo general las políticas públicas alimentarias. En ellas se consideran las PDA a través de las normas de etiquetado de los alimentos, normas de inocuidad alimentaria, reglamentos

⁴⁹ Esta jerarquía de residuos también es similar a la utilizada en los países de la Unión Europea regida por la Ley de Residuos de la Unión Europea (Comisión Europea, 2008).

sobre normas alimentarias en general, políticas de redistribución de alimentos y subsidios alimentarios (HLPE, 2014).

Finalmente, cada vez son más los países que están implementando políticas públicas diseñadas con el explícito objetivo de reducir las PDA. En este sentido se encuentran países como Reino Unido (2000), República de Corea (2008), Japón (Ley para el reciclado de alimentos, 2001), Países Bajos (2009), Francia (2013), España (2013) y Austria (2012), entre otros (HLPE, 2014). Este tipo de políticas para lograr sus objetivos pueden utilizar distintos instrumentos, como, por ejemplo, impuestos, regulaciones legales, sistemas de pago en función de las cantidades de PDA generadas, mecanismos de comunicación y sensibilización de la población, plataformas de dialogo entre los actores involucrados, etc. Además, a partir del 2015, estas políticas públicas, al menos en Europa, están coordinadas dentro del plan de acción de las Unión Europea para la economía circular, lo que permite un margen más amplio de acción.

c.3) Reunir a todos los actores para sensibilizarlos y tomar medidas

En función de los dos criterios expuestos en los dos epígrafes anteriores, es decir, considerando las partes interesadas en la reducción de las PDA y bajo qué tipo de política pública esto se llevará a cabo, en diversos lugares del mundo se han desarrollado iniciativas para reducir las PDA. Algunas de ellas se resumen en el cuadro 6.2 a continuación.

Cuadro 6.2: Ejemplos de iniciativas de múltiples actores para reducir las PDA.

País	Nombre de la iniciativa	Año de iniciativa	Descripción
Reino Unido	Ama la comida y odia el desperdicio	2005	Esta campaña buscaba reducir el desperdicio de alimentos mediante cuatro pilares: facilitar el cambio de comportamiento en las personas, fomentar la adopción de medidas y soluciones, participar en la comunidad y ejemplificar lo que hacen otras personas. Se estimó que con esta campaña se redujo en un 43% el desperdicio de alimentos evitable (WRAP, 2013).
Dinamarca	Alto al desperdicio de alimentos	2008	Es un movimiento danés de ONG creado por los consumidores para los consumidores. En él se busca concientizar al público del desperdicio de alimentos mediante campañas, medios de comunicación u otras vías.
Noruega	Proyecto ForMat	2010	Es una iniciativa de carácter empresarial financiada por una combinación de organizaciones privadas y estatales. Entre ellas se encuentran industrias de alimentación y bebidas, minoristas, proveedores y organizaciones relacionadas al

			medio ambiente. Tiene por objetivo reducir en un 25% las PDA generadas por los actores de la industria y por los consumidores.
Global	Save Food	2011	Es una iniciativa mundial iniciada por FAO y Messe Dusseldorf GmbH, en colaboración con donantes, organismos bilaterales, multilaterales, organizaciones financieras, centros públicos y privados y organizaciones sociales.
Europa	Una Europa que utiliza eficazmente los recursos	2011	Es una iniciativa inserta dentro de las Estrategia Europa 2020 que insta a encontrar nuevos modos de reducir los insumos y minimizar los residuos. Dentro de esta estrategia el sector agroalimentario se presenta como un sector clave.
EEUU	Alianza para la reducción del desperdicio de alimentos	2011	Es una organización que reúne a 30 grupos empresariales de la industria alimentaria de EEUU con el fin de fomentar la reducción de las PDA, la donación de alimentos y reciclar y separar los desperdicios en los vertederos.
Europa	FUSIONS	2012	Es un proyecto de investigación de la Unión Europea que tiene por objetivo reunir a universidades, institutos de conocimiento, organizaciones de consumidores y empresas con el objetivo de ampliar la base de conocimiento sobre las PDA.
Global	Hambre Cero	2012	Es una iniciativa que está inserta dentro del marco de los ODS y que busca principalmente reducir los problemas de alimentación a nivel mundial a través del desarrollo de sistemas alimentarios sostenibles y la reducción del desperdicio.
Países Bajos	Alianza para la colaboración en la cadena de suministro, estrategia conjunta, planes de acción e investigación y desarrollo	2012	Es un proyecto que buscó desarrollar una coalición de colaboración destinada a mejorar la sostenibilidad en la cadena agroalimentaria. De esta coalición forman parte múltiples organizaciones desde el sector agrícola hasta el sector de restauración. Con este programa se buscó reducir las PDA en un 20% para el año 2015.
China	Campaña del plato vacío	2013	Esta campaña se centró en la reducción de las PDA generadas en el consumo público de alimentos y en los banquetes y recepciones. Esta campaña principalmente involucra los medios de comunicación públicos para sensibilizar a la población respecto del despilfarro de alimentos.
Japón	Experimento de ampliación de la fecha de entrega	2013	En las aduanas de Japón existe una norma que establece que los alimentos que han sobrepasado una tercera parte de su periodo de caducidad no se pueden entregar a los minoristas. Esta iniciativa busca ampliar dicho plazo para dar la oportunidad a los minoristas a que comercialicen estos productos, quizás a un precio inferior, con el fin de reducir las PDA.
España	MAGRAMA	2013	Es una iniciativa que busca integrar a minoristas y operadores de bancos de alimentos con el fin de facilitar la reutilización y reciclado de los alimentos.
EEUU	El reto del Desperdicio de Alimentos	2013	Este reto insta a todos los integrantes de la cadena alimentaria a reducir las PDA. Los participantes que quieren unirse al reto deben elaborar una lista con las actividades que llevarán a cabo durante el periodo que dure el reto. El objetivo de esta iniciativa es asociar 400 entidades en el 2015 y 1000 para el 2020.
Países bajos	Batalla de alimentos	2014	Se buscaba alentar a los consumidores a mantener un diario donde se anotaban las cantidades de comida que se desperdiciaban durante un periodo de tres semanas. Esto se llevó a cabo involucrando vecinos, grupos sociales,

			comercios, etc. Se estimó que la primera vez que se implementó esta iniciativa la reducción de PDA fue de un 20% durante las tres semanas que los hogares contabilizaron el desperdicio. La segunda vez se incluyó de manera importante la participación de la organización de mujeres Vrouwen van Un y se estimó que la disminución fue de un 30%.
Francia	Pacto nacional para luchar contra el desperdicio de alimentos	2016	Es una ley que se emitió con el compromiso de reducir a la mitad las PDA hacia el 2025.
Unión Europea	Alimentos sostenibles: de la granja a la mesa	2020	Con esta iniciativa la Unión Europea busca lograr la transición de un sistema alimentario convencional hacia un sistema alimentario sostenible con el fin de garantizar el acceso a dietas sanas y la protección de los ecosistemas. En resumen, la iniciativa pretende garantizar que la cadena alimentaria, que abarca la producción, el transporte, la distribución, la comercialización y el consumo de alimentos, tenga un impacto ambiental neutro o positivo. Para ello, todos los actores de la cadena de valor deben virar hacia modelos de negocio más verdes y fomentar una economía circular de base biológica.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, es importante destacar que toda iniciativa que tenga por objetivo reducir las PDA, mejorar la seguridad alimentaria de los países que adolecen de inseguridad alimentaria y reducir el impacto medioambiental de las PDA, debe estar inserta en contextos de acción mucho más amplios de sistemas alimentarios sostenibles que, consideren aspectos ambientales, nutricionales, sociales, de género y de pobreza.

6.2 Políticas públicas referentes a las PDA en China.

En esta sección se revisarán las iniciativas llevadas a cabo en China para la reducción de las PDA. Para ello se comienza con el cuadro 6.3 que resume algunas de las políticas públicas implementadas en China con este propósito desde el año 2007 en adelante.

Cuadro 6.3: Regulaciones, políticas públicas y planes oficiales para la reducción y tratamiento de las PDA en China, 2007 en adelante.

Nombre	Descripción	Año de la iniciativa	Objetivo	Organismo encargado
Esquema del programa nacional de seguridad de granos de mediano y largo plazo (2008-2020)	El objetivo principal de esta medida es mejorar el almacenamiento, procesado y comercio minorista del sistema de granos.	13/11/2008	Reducción	Consejo de Estado
Plan para 50 Mt de nueva producción en la capacidad de granos (2009-2020)	El objetivo de esta medida es reducir las PDA en la etapa de producción agrícola y postcosecha. En concreto, 1-2% las PDA producidas por infecciones de insectos para el año 2020).	3/11/2009	Reducción	Comité Nacional de Reforma y Desarrollo
Normas administrativas sobre el almacenamiento en la industria de grano y aceite	Desarrollar medidas detalladas y reportes de regulación sobre el almacenamiento de granos.	29/12/2009	Reducción	Comité Nacional de Reforma y Desarrollo
Esquema del programa nacional para la industria de matanza de cerdos (2010-2025)	Mejorar la eficiencia en la matanza, procesado, venta minorista y concentración de mercado en la industria de matanza de cerdos.	31/12/2009	Reducción	Ministerio de Comercio
Circular del Consejo de Estado para seguir mejorando el ahorro de granos y la reducción en el desperdicio de alimentos	Medida que busca detallar cómo organizar, educar, supervisar e inspeccionar el trabajo sobre la reducción de las PDA en China.	18/1/2010	Reducción	Consejo de Estado
Programa especial para la construcción de almacenamiento de granos con tecnología avanzada en hogares rurales del doceavo plan quinquenal (2011-2015)	El objetivo es repartir instrumentos de almacenamiento estándar para 8 millones de hogares y reducir su pérdida de almacenamiento al 2%. Construir 1000 graneros piloto de acero (capacidad de más de 100 toneladas) en la producción de granos en las principales áreas. Establecer orientación técnica y de servicios de sistemas para los agricultores.	3/2011	Reducción	Comité Nacional de Reforma y Desarrollo y Administración Estatal de Granos
Plan de desarrollo de ahorro de granos en la industria de cría de animales (2011-2020)	Desarrollar objetivos de corto, mediano y largo plazo para la producción de forraje sin granos.	21/11/2012	Reducción	Ministerio de Agricultura
Plan de desarrollo para la industria de vegetales (2011-2020)	Desarrollar medidas para reducir las PDA de vegetales en la etapa de postcosecha.	16/1/2012	Reducción	Comité Nacional de Reforma y Desarrollo y Ministerio de Agricultura
Doceavo plan quinquenal chino para la construcción y desarrollo de un sistema de mercado de granos nacional (2011-2015)	Mejorar la eficiencia en el comercio en general y comercio minorista de granos.	21/1/2012	Reducción	Administración Estatal de Granos

Doceavo plan quinquenal chino para la industria de carne (2011-2015)	Mejorar la eficiencia en el procesado y comercio minorista de carne.	24/2/2012	Reducción	Ministerio de Industria y Tecnología de la Información
Ocho reglas para mejorar el estilo de trabajo y mejorar los lazos con el pueblo	Una campaña contra la extravagancia oficial y comidas de recepción del gobierno a expensas del pueblo.	4/12/2012	Reducción	Politburó
Plan de acción para la implementación del ahorro de recursos y reducción de las pérdidas en el sector de la producción de granos	Desarrollar estándares técnicos específicos y un código para el diseño de iniciativas para la reducción de las PDA en granos.	2013	Reducción	Administración Estatal de Granos
Normas administrativas para tratar el desperdicio sólido municipal	Establece normas detalladas para tratar el desperdicio alimentario municipal.	28/4/2007	Tratamiento	Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano y Rural
Ley de seguridad alimentaria	Regulación sobre el tratamiento seguro de las PDA.	28/2/2009	Tratamiento	Congreso Nacional del Pueblo
Doceavo plan quinquenal chino para la protección medio ambiental (2011-2015)	Plan detallado para la recolección y tratamiento del desperdicio doméstico (la meta fue una tasa de tratamiento seguro del 80% en áreas urbanas para el 2015).	15/12/2011	Tratamiento	Ministerio de Protección Medio ambiental
Ley de granos	Contiene una cláusula específica que promueve el ahorro de granos y la reducción del desperdicio.	2012	Tratamiento	Congreso Nacional del Pueblo
Plan nacional de desarrollo sostenible agrícola (2015-2030)	Busca promover la modernización de la agricultura en China de manera sostenible. Para ello cuenta con diversas iniciativas orientadas a la reducción de las PDA.	2015	Reducción y tratamiento	Ministerio de Agricultura, Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Finanzas, Ministerio de Tierras y Recursos, Ministerio de Protección del Medio Ambiente, Ministerio de Recursos Hídricos, Administración Forestal del Estado
Plan nacional chino de implementación de la agenda de desarrollo sostenible 2030	El objetivo es desarrollar iniciativas que busquen el cumplimiento de los ODS. En concreto los puntos del documento que tratan específicamente de las PDA son: 3.9; 6.4; 11.6; 12.1; 12.2; 12.3; 12.4; 12.5; 12.6; 12.7; 14.4; 14.6.	9/2016	Reducción y tratamiento	Congreso Nacional del Pueblo

<p>Treceavo plan quinquenal chino para el desarrollo económico y social de la República Popular China (2016-2020)</p>	<p>Contiene la parte IV formada por los capítulos 18 a 21 dedicados a la modernización de la agricultura y la parte X que comprende los capítulos 42 a 48 dedicados a los ecosistemas y el medio ambiente. En estos capítulos se exponen una serie de medidas tanto directas como indirectas que buscan reducir las PDA.</p>	<p>2016</p>	<p>Reducción y tratamiento</p>	<p>Comité Central del Partido Comunista de China</p>
---	--	-------------	--------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia a partir de Liu, (2014).

A pesar del número de políticas públicas expuestas en la tabla anterior, aún existen varios desafíos en los que avanzar en relación al diseño de iniciativas que busquen reducir las PDA. En primer lugar, el sistema de administración de PDA en China está aún muy fragmentado y en desarrollo (Ma et al., 2015), es decir, existen muchos actores con diferentes objetivos e instrumentos para tratar la reducción de las PDA. Como se puede observar en el cuadro 6.3 algunas políticas públicas están a cargo del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano-Rural, otras a cargo del Ministerio de Medio Ambiente, o el Ministerio de Comercio, etc. Si bien es cierto, todos estos organismos lideran una política referente a las PDA, todos tienen objetivos diferentes basados principalmente en las funciones propias del organismo. Por ejemplo, el incremento de la producción agrícola y la SA son objetivos prioritarios del Gobierno Central y el Ministerio de Agricultura, lo cual se traduce en objetivos y subsidios para los gobiernos regionales y locales. Sin embargo, estos últimos, por lo general, están enfocados en el desarrollo industrial y la generación de empleo, por lo cual, prestan poca atención a las SA y los daños medioambientales (Ma et al., 2015).

En segundo lugar, la mayoría de las regulaciones están diseñadas y orientadas a la reducción del desperdicio en general, no habiendo muchas que traten el problema de las PDA específicamente. Además, otro tipo de políticas públicas están orientadas al incremento de la producción de granos y, solo por añadidura, a la reducción de las PDA para conseguir este fin (Liu, 2014).

En tercer lugar, se vislumbra una carencia en iniciativas que aborden todas las etapas de la cadena de producción de alimentos. La mayoría de las iniciativas está orientada a la producción de granos en la etapa de la producción agrícola o almacenamiento. Otras pocas a ciertos tipos de carnes y vegetales (Liu, 2014). Pero aún se presenta como desafío incluir a todas las áreas en las que existen PDA.

Finalmente, existe carencia de información estadística consistente y confiable referente a las PDA en las distintas etapas de la cadena alimentaria y para los diversos productos, sobre la cual diseñar políticas públicas.

No obstante, estos desafíos, desde el año 2013 el problema de las PDA se ha transformado en un tema político y social importante tanto para el Gobierno como para

las personas en China (Liu et al., 2013). Es así como en este mismo año el presidente de China Xi Jinping comentó en un artículo titulado “La llamada de Netizen sobre la reducción del desperdicio de comida en los restaurantes” que se sentía asombrado de saber la enorme cantidad de comida que se desperdicia en China. A la vez de llamar a toda la población y el Gobierno a establecer rigurosas medidas para su reducción (Liu et al., 2013). Este aumento en la preocupación por las PDA, sumado a los ODS, ha causado que, a partir del año 2015, se puedan ver políticas de reducción de las PDA más integradas entre los distintos organismos del Gobierno, tanto a nivel central, regional y local. Lo anterior se puede observar en la integración de este tipo de políticas en planes de mayor alcance y con más organismos involucrados, como lo son el plan nacional chino de implementación de la Agenda de Desarrollo Sostenible 2030, el treceavo plan quinquenal chino para el desarrollo económico y social de la República Popular China (2016-2020) o plan nacional de desarrollo sostenible agrícola (2015-2030).

6.3 Políticas públicas referentes a las PDA dentro del marco de la economía circular.

Hasta este epígrafe se han expuesto una serie de soluciones orientadas a reducir las PDA o disminuir su impacto una vez que se han producido, tanto a nivel mundial como en el caso de China. En esta última sección se revisará como éstas pueden integrarse dentro de un marco más amplio de economía circular.

Los principios de la economía circular están siendo llevados a la práctica por diversos emprendedores que están implementando nuevos modelos de negocios en varias industrias y procesos. En este sentido, iniciativas claves son la ecoinnovación y el ecodiseño, la economía colaborativa, la bioeconomía, la industria 4.0 y el diseño de ciudades inteligentes y sostenibles.

a) Ecoinnovación y ecodiseño

La ecoinnovación y el ecodiseño consisten en introducir durante la etapa de fabricación de un producto nuevos servicios, diseños, insumos, procedimientos, cambios organizacionales o estrategias comerciales que permitan la reducción del uso de recursos

naturales y la reducción de la emisión de todo tipo de sustancias nocivas para los seres humanos y el medio ambiente, en todo el ciclo de vida del producto. Además, también se busca cerrar su ciclo, para que cuando estos deban ser desechados sus desechos puedan ser utilizados como insumo de otros procesos productivos (Cluzel, Vallet, Tyl y Leroy, 2014). El diseño de productos y procesos circulares necesita de competencias avanzadas, de información y nuevos métodos de trabajo (Cerantola y Ortiz, 2018). El rol que cumplen los materiales e insumos en la ecoinnovación y ecodiseño es fundamental debido a que se busca diseñar componentes estandarizados, durables y fáciles de clasificar una vez finalizada su vida útil. Lo anterior con el propósito que puedan ser fácilmente separados y reutilizados como nuevos productos o insumos. Con el fin de cumplir estos objetivos la ecoinnovación y el ecodiseño se guían por las siguientes premisas (Cerantola y Ortiz, 2018):

- La elección de materias primas que produzcan el menor impacto social, ambiental y económico.
- La utilización de la mejor tecnología disponible en los procesos productivos que permita alcanzar la mayor eficiencia y eficacia no solo económica, sino que también ambiental y social.
- La satisfacción de los consumidores.
- La reducción del impacto ambiental en la producción y el uso del producto.
- El menor consumo de recursos en la fabricación y en el uso del producto.
- La disminución del impacto ambiental al final de la vida útil de los productos.

La ecoinnovación y el ecodiseño son técnicas que se están comenzando a aplicar en la industria alimentaria y en la reducción de las PDA. La figura 6.2 muestra como los conceptos y técnicas de ecoinnovación y ecodiseño se pueden aplicar a cada etapa de la cadena alimentaria.

Figura 16: Principales conceptos y principios de ecoinnovación y ecodiseño aplicados al sistema alimentario y la cadena de alimentos



Fuente: Sala (2020).

El sistema alimentario es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles para el transporte y la producción de alimentos y de los recursos minerales como, por ejemplo, el fosfato para la producción de fertilizantes (Chemat et al., 2017). En este sentido, la ecoinnovación y el ecodiseño proponen la desmaterialización de la producción y la sustitución de materiales. El primer concepto, básicamente busca utilizar la menor cantidad de recursos para producir la mayor cantidad de productos, es decir, hacer más con menos. El segundo concepto, busca sustituir aquellos materiales que generan un alto impacto ambiental por aquellos que generan uno menor (Sala, 2020).

La ecoinnovación y el ecodiseño pueden proveer numerosas soluciones en la etapa de producción agrícola como, por ejemplo, los métodos de química verde y eficiencia de nutrientes que, principalmente buscan utilizar nuevas sustancias químicas amigables con el medio ambiente con

el fin de remplazar las que tienen impactos nocivos para el medio ambiente y la salud de las personas (Lenoir, Werner y Lalah, 2020). Este tipo de técnicas en la etapa de producción agrícola se está utilizando, por ejemplo, para el desarrollo de nuevos compuestos para el control de plagas agrícolas. Otras técnicas utilizadas en esta etapa son las técnicas agroecológicas que son aquellas relacionadas con un enfoque más ecológico de la agricultura, por ejemplo, mediante el uso de la agricultura orgánica que, tiene por objetivo el desarrollo de agroecosistemas que son productivos y conservadores de los recursos naturales al mismo tiempo. Entre estas técnicas se encuentran la rotación de cultivos, la utilización de fertilizantes y plaguicidas orgánicos o la utilización de plantas y semillas endémicas adaptadas al entorno local.

En la etapa de manufacturación de los alimentos, técnicas como Lean Thinking que tienen por objetivo la optimización de los procesos productivos y la eliminación de los desperdicios son herramientas útiles que se pueden implementar en la producción de alimentos, especialmente considerando que en la industria agroalimentaria los productos son altamente perecibles (Barth y Melin, 2018). En la etapa de procesado y distribución de los alimentos el uso de energía es un aspecto clave, especialmente en el transporte y refrigeración de los alimentos en las cadenas globales de valor de esta industria. En este aspecto, la ecoinnovación y el ecodiseño en procesos energéticos más eficientes se perfila como una buena opción para reducir el gasto energético en la industria de alimentos. Por último, la ecoinnovación y el ecodiseño de embalajes y envases puede modificar las conductas de los consumidores de alimentos orientándolos a una reducción de las PDA que se generan en los hogares.

b) Economía colaborativa

La economía colaborativa consiste en poner a disposición de otras personas algún producto o servicio que normalmente tiene un uso privado o individual exclusivo (Petropoulos, 2017). Por esta puesta a disposición, acceso o préstamo temporal por lo general se remunera económica o socialmente con cualquier tipo de medio. De esta manera, en este tipo de modelo económico los bienes y servicios se consideran bienes de intercambio. Ejemplos típicos son las plataformas colaborativas. Entre los tipos de economía colaborativa se encuentran:

El consumo colaborativo: Se basa en plataformas digitales donde los usuarios intercambian bienes, en su mayoría de forma gratuita y altruista.

Conocimiento abierto: Son todas aquellas modalidades que impulsan la difusión del conocimiento sin barreras legales y administrativas.

Producción colaborativa: Son las redes de interacción digital que favorecen la difusión de proyectos o servicios de todo tipo.

Finanzas colaborativas: Son vías de financiación tales como préstamos, ahorros o microcréditos, por la que los usuarios se ponen en contacto para satisfacer sus necesidades de financiación. Un ejemplo de este tipo es el crowdfunding.

De este modelo de economía se derivan varios beneficios. En primer lugar, los consumidores ahorran dinero debido a que los servicios que se ofrecen en las plataformas colaborativas son más económicos que cuando se compran en el comercio tradicional. En segundo lugar, se amplía la oferta ya que a muchos de los productos se los dota de un segundo uso. En tercer lugar, se mejora la gestión de recursos ya que se comparten productos que de otra manera no se compartirían, como es el caso de los traslados en autos compartidos. En cuarto lugar, se contribuye al desarrollo sostenible ya que, como se mencionó antes, se promueve el segundo uso de los productos y, además, se comparten aquellos productos que de otra manera tendrían un uso exclusivo. Finalmente, todo lo anterior produce beneficios ambientales.

En el caso de la industria de alimentos los pequeños agricultores en general enfrentan varios desafíos, por ejemplo, bajos rendimientos en la producción agrícola, riesgos asociados a la contaminación, barreras de mercado y subutilización de los recursos agrícolas (Jouzi et al., 2017). Adicionalmente, los pequeños agricultores en países en desarrollo carecen de poder de mercado (Zhong, Zhang, Jia y Bijman, 2018). Estas dificultades que enfrentan los pequeños agricultores son algunas de las causas que explican las PDA, especialmente en aquellos productos agrícolas que son altamente perecibles (Asian, Hafezalkotob y Jacob, 2018). En este sentido, los modelos de economía colaborativa pueden ser utilizados en distintas etapas de la cadena alimentaria para hacer

frente a estos problemas. Estudios como los de Artz y Naeve (2016), Miralles, Detoni y Pascucci, (2017); Asian, Hafezalkotob y Jacob (2018) sostienen que los modelos de economía colaborativa en agricultura ayudan a los pequeños agricultores a reducir el riesgo de inversión, mejorar la administración, mejorar el acceso a recursos, hacer un uso más eficiente del tiempo y trabajo y, escalar las operaciones aún teniendo recursos limitados. Estos beneficios de manera indirecta contribuyen a la reducción de las PDA.

c) Bioeconomía

La bioeconomía consiste en la utilización de manera eficiente y sostenible de recursos de origen biológico para luego ser transformados en productos y servicios que generan algún valor económico. Esta también abarca el uso de procesos biológicos dentro de industrias sostenibles (OECD, 2018). Cabe destacar que el proceso de transformación físico, químico, bioquímico o biológico debe ser mediante procesos que sean inofensivos para el medio ambiente y el desarrollo de los entornos rurales. Además, se deben utilizar materiales orgánicos que no sean aptos para el consumo humano o animal. Entre los productos que se elaboran y comercializan con la bioeconomía se encuentran, bioproductos, bioenergía, alimentos, productos forestales, entre otros (Comisión Europea, 2012). En este sentido, las PDA, al ser biomasa, son reconocidas como un insumo prometedor para establecer procesos de bioeconomía (Mohan et al., 2017). Por ejemplo, las biorrefinerías pueden utilizar toda la biomasa de las PDA utilizando diversos procesos biológicos o termoquímicos, como acidogénesis, fermentación, metanogénesis, fotosíntesis, bio-electrogénesis, etc. para la producción de bio-productos con valor agregado (Xiong et al., 2019). Según Mak, Xiong, Tsang, Yu y Poon (2020) el uso de las PDA como principal insumo en procesos de bioeconomía tiene múltiples ventajas. Primero, al tratarse de PDA no se tiene el dilema ético de destinar alimentos comestibles como insumo de procesos de bioeconomía, lo cual es una de las principales controversias relacionadas con esta área. Segundo, al utilizar las PDA como insumo de otros procesos productivos se elimina el problema de la disposición final de las PDA. Tercero, productos como la bioenergía que, sustituyen el uso de combustibles fósiles, genera beneficios medio ambientales.

d) Industria 4.0.

La industria 4.0 consiste en interconectar los procesos, productos y servicios mediante el uso masivo e intensivo del internet móvil, la inteligencia artificial y sensores de diverso tipo con el fin de optimizar la eficiencia y eficacia del uso de los recursos (Deloitte, 2014). De esta manera, innovaciones como el internet de las cosas, softwares de simulación, hardware de código abierto, machine learning, blockchain, inteligencia artificial y equipos de impresión 3D, se vislumbran como prometedores aliados de la economía circular. Estas innovaciones permiten, por ejemplo, hacer un seguimiento en tiempo real de un producto, determinar su estado o el estado de sus componentes, tener la posibilidad de ponerlo a disposición para otros usuarios o poder medir su volumen en cualquier momento (ERIA, 2018). Con esto aumenta la posibilidad de establecer mecanismo de uso, re-uso y reciclado de los desechos, permitiendo cerrar el ciclo de vida de un producto.

Las tecnologías de la industria 4.0 se han comenzado a aplicar a la agricultura lo que ha dado origen al término agricultura 4.0. Esta consiste en un tipo de agricultura que utiliza los últimos avances tecnológicos en sus procesos, como, por ejemplo, big data, el internet de las cosas, inteligencia artificial, agricultura inteligente, agricultura de precisión, entre otras (Lezoche, Hernandez, Alemany, Panetto y Kacprzyk, 2020). Estas tecnologías permiten la recolección de datos claves en los procesos agrícolas como, por ejemplo, información sobre condiciones climáticas, topografía, comportamiento de animales y cultivos, etc. (Lezoche, Hernandez, Alemany, Panetto y Kacprzyk, 2020). También el uso de sensores y drones con internet móvil permite el control de todo el ciclo de vida de los procesos agrícolas permitiendo un control más eficiente de los focos donde se generan las PDA (Annosi, Brunetta, Monti y Nati, 2019). Por lo tanto, el uso de las tecnologías de la industria 4.0 en la agricultura contribuye al control de la PDA y al establecimiento de modelos de economía circular en la agricultura más eficientes y eficaces.

e) Diseño de ciudades inteligentes y sostenibles

Las ciudades presentan una oportunidad única para la implementación de iniciativas de economía circular en el área de la alimentación, toda vez que para el año 2050 se espera que el 80% de los alimentos sea consumido en ciudades (Ellen MacArthur Fundación, 2019). En este aspecto, la Fundación Ellen MacArthur propone tres caminos desde la economía circular mediante los cuales las ciudades pueden contribuir a desarrollar ciudades y sistemas alimentarios sostenibles.

El primero es que las principales fuentes de alimentos de las ciudades provengan de cultivos locales o cercanos a las ciudades con el fin de reducir el impacto que el transporte de alimentos genera. Además, propone que estos cultivos sean producidos en una manera sostenible y que no impacten el medio ambiente. El segundo camino es aprovechar los alimentos al máximo, es decir, disminuir las PDA y, cuando estás no puedan ser evitadas utilizar los desperdicios alimenticios para la elaboración de otros productos, como bioenergía, fertilizantes ecológicos, etc. El último camino es el diseño de alimentos y mercados de productos alimenticios más saludables. En este sentido se busca que las empresas del sector de alimentos que, tienen una importante capacidad de moldear las preferencias de los consumidores por ciertos productos, se preocupen de la calidad nutricional de lo que venden. Pero que además se preocupen del impacto ambiental de los alimentos que comercializan. Por ejemplo, que las empresas de alimentos diseñen productos con proteínas vegetales como alternativas viables y saludables a las proteínas que se consumen de las carnes y productos lácteos que, por lo general, su producción causa mayor impacto medio ambiental.

Al amparo de estos modelos de economía y negocios alternativos se pueden establecer una serie de estrategias para impulsar la economía circular en el sector agroalimentario. A continuación, se listan algunas de estas estrategias:

- 1) Gestión del agua, la energía y la materia orgánica para su reutilización u otro tipo de aprovechamiento, así como la situación de los combustibles fósiles, que se consigue a través de:

- a. Aprovechar el calor residual de los procesos de preparación alimentaria para usos como precalentar agua.
- b. Producir biogás por la depuración de aguas residuales de procesos y producir biocombustibles a partir de aceites vegetales usados.
- c. Crear redes de calor/frío con biomasa propia (por ejemplo, paja) o ajena para alimentar los procesos de producción alimentaria (por ejemplo, calor de hornos)
- d. Aprovechar el agua de limpieza de envases reutilizables (por ejemplo, bebidas) para la refrigeración de maquinaria y en última instancia para regadío.
- e. Cerrar los ciclos de agua con carga orgánica (procesos de limpieza) gracias a su potencial de biodegradabilidad (regeneración de aguas residuales).
- f. Compostar la materia orgánica para obtener fertilizante para uso agrícola. Esta iniciativa ha sido implementada en la Unión Europea con normas de regulación de fertilizantes formulados en base a residuos orgánicos. Esta iniciativa representa un caso de éxito de cómo una política pública abre oportunidades de mercado para los fertilizantes orgánicos (ODEPA, 2019). La lógica de la normativa es otorgar a los fertilizantes orgánicos un sello de categoría “CE” (Economía Circular), lo que permite a este tipo de fertilizantes el libre comercio en todos los países de la Comunidad Europea, evitando el pago de impuestos adicionales (Comisión Europea, 2018). En los países de la Comunidad Europea solo se recicla el 5% de los residuos biológicos, pero por el contrario se importan alrededor de 6 millones de toneladas de fertilizantes fosfatados al año (ODEPA, 2019). En este sentido, se estima que con esta iniciativa la valorización de desechos biológicos para la formulación de fertilizantes podría reemplazar hasta el 30% el uso de los fertilizantes químicos (ODEPA, 2019).
- g. Otra iniciativa promovida por la Unión Europea es la valorización de residuos y subproductos biológicos, entre los cuales se encuentran principalmente las PDA. Esta valorización se hace a través del establecimiento de una jerarquía de residuos, favoreciendo progresivamente la priorización de medidas, como la prevención de los residuos, reutilización y reciclado, a la vez que, desalienta el depósito en rellenos

sanitarios. La incorporación de este criterio en la legislación europea ha permitido, por ejemplo, que seis estados miembros de la Comunidad Europea hayan eliminado eficazmente el depósito de residuos municipales en rellenos sanitarios. Esto ha permitido una reducción desde el 90% a menos del 5% en los últimos 20 años, alcanzando tasas de reciclado del 85% en determinadas regiones (Comisión Europea, 2014).

Especialmente en la producción de alimentos muchos son los subproductos derivados de los procesos de producción principales. Dotarlos de valor al venderlos como pienso, fertilizantes u otros subproductos comestibles muchas veces exige de una elaboración alternativa que, por lo general suele ser más compleja. Por esta razón, varios de estos subproductos que se podrían aprovechar son desechados. Por ejemplo, la producción de frutas y hortalizas frescas consta de varias etapas, como lo son la refrigeración previa, lavado y desinfección, pelado, recortado y retirado de las semillas, cortes para obtener tamaños determinados, separación en función de los defectos, baños antiparasitarios, secado, almacenamiento, embalaje, mercado y distribución (James y Nagramsak, 2011). En este sentido, en todas estas etapas se producen subproductos que son tratados como descartes o desechos pero que podrían dotarse de valor al servir como insumo de otro producto.

2) Producción alimentaria más limpia, a través de:

- a. Racionalizar el consumo de recursos en la producción alimentaria y en la logística de los productos aplicando ecodiseño. El diseño ecológico intenta replantearse lo que se produce, cómo se produce y el modo de distribuir y utilizar el producto o servicio. Puede afectar a todas las etapas del ciclo de vida del producto, comenzando por los materiales empleados, la duración del producto final y el punto en el que ese producto puede reciclarse fácilmente. En este sentido, el diseño ecológico busca pensar en el ciclo de vida y no simplemente en el diseño lineal de un producto para su fabricación, distribución y primer uso. Por lo tanto, el ecodiseño busca cambiar la lógica de pensar lineal por una lógica de pensar por ciclos, lo que conlleva innovar sobre dónde y cómo se obtienen y producen las materias primas y diseñar productos para después del primer uso. El diseño ecológico también conlleva innovaciones en reducir el consumo

de materiales y energía empleados durante todos los ciclos de vida, no solo los de los propios productos.

- b. Implementar ciclos de producción autosuficientes en la acuicultura. La pesca y la acuicultura pueden ejercer presión sobre el medio ambiente de varias maneras, por ejemplo: sobreexplotando poblaciones de peces específicas, perturbando los ecosistemas de especies no selectivas y de piscifactorías, contribuyendo a la contaminación marina y acuática, consumiendo combustibles fósiles finitos y, por tanto, generando emisiones nocivas para propulsar las embarcaciones y satisfacer las necesidades energéticas de las lonjas de pescado y otros edificios utilizados para recibir las capturas. Por tanto, el ecodiseño podría reflexionar sobre cómo diseñar la producción para reducir su impacto ecológico, ya sea facilitando la regeneración de los ecosistemas marinos o mejorando la eficiencia energética de las máquinas y los equipos utilizados. También podrían estudiar cómo la mejora del diseño de los productos, como el envasado, a lo largo de la cadena de suministro de productos pesqueros puede incrementar su calidad y, a la vez, reducir su impacto sobre el medio ambiente.
- c. Apoyar a las comunidades locales para que diseñen sistemas de producción que sean regenerativos y no agoten las poblaciones de peces o dañen los ecosistemas acuáticos también podría constituir un importante paso para crear una economía pesquera circular.
- d. Alimentar el ganado con productos orgánicos propios y/o subproductos procedentes de otras industrias alimentarias.
- e. Implementar la compra verde para incorporar materias primas y productos más sostenibles y/o de origen más próximo. En este sentido, la economía circular propone reducir la distancia física entre los productores y los consumidores de tal manera de desarrollar mercados locales. Con esto se busca reducir las externalidades medioambientales que involucra el traslado de los alimentos desde un país a otro en los mercados de alimentos globalizados.

- 3) Optimización del diseño de los envases y productos de embalaje, lo que resulta en un menor uso de materiales y en una disminución de la huella ambiental, mediante:
- a. Envasado alimentario sin residuo, con aprovechamiento de recortes para nuevos envases. La lógica bajo la cual opera el envasado en la industria alimentaria está basada en dos puntos principalmente. El primero es la accesibilidad, es decir la facilidad para abrir el envase y acceder al producto. El segundo punto es lo llamativo del envase con el fin de atraer a los consumidores, lo que muchas veces causa que los envases sean excesivamente más grandes que la cantidad de producto que contienen. En este sentido, una propuesta desde la economía circular es el envasado de los alimentos bajo una lógica de preservación de los alimentos con envases de tamaño justo. Esto quiere decir que los envases deberían adaptarse al volumen de producto que contienen con el fin de optimizar el uso de recursos y sus residuos. Pero no solo el envase debería adaptarse al volumen del producto, sino que también a las porciones demandadas por los clientes, de tal manera de evitar que los consumidores compren grandes porciones de alimentos que no serán capaces de consumir antes de su fecha de caducidad.
 - b. Envases biodegradables para productos alimenticios no completamente consumibles (por ejemplo, café) para facilitar el reciclaje posterior. La economía circular ha desarrollado toda una línea de investigación en función del uso de materiales biodegradables y el cierre de los ciclos productivos. En este sentido, con esta propuesta se busca cambiar los envases de alimentos convencionales hechos de plástico u otros materiales no degradables a envases de alimentos hecho con materiales biodegradables que, favorezcan el reciclaje y faciliten el cierre del ciclo productivo.
 - c. Implementar sistemas de devolución y retorno de envases reutilizables en el sector de las bebidas.
 - d. Ecodiseño de envases y embalajes para una economía más circular. Esta medida busca cambiar la lógica de consumo en la cual el envase no tiene ningún valor después de ser consumido el producto, por una lógica donde los envases son diseñados desde el principio para ser reutilizados. Esto es considerando los materiales que son utilizados

para la producción de los envases, su diseño, y su forma de administración dentro del cadena de valor de la industria alimentaria, es decir, desde el productor hasta el consumidor.

e. Aprovechar subproductos alimentarios para la obtención de bioplásticos para envases.

4) Desarrollo de nuevos productos alimenticios y para otros sectores mediante el aprovechamiento de subproductos, a través de:

a. Desarrollar nuevas categorías de productos alimentarios a partir de subproductos orgánicos, y desarrollar productos de bajo impacto ambiental a partir de subproductos orgánicos y de residuos agroindustriales.

b. Diversificar las fuentes de ingreso más allá del producto tradicional aprovechando los subproductos orgánicos en otros sectores, como, por ejemplo, para alimentación animal, industria farmacéutica, cosmética o para producir fertilizantes.

c. Combatir el desperdicio alimentario recuperando fruta y verdura.

5) Incentivar la economía colaborativa, a través de:

a. La reventa de equipos y bienes en mercados secundarios a otras empresas del sector. Con el fin de incentivar la economía colaborativa también es posible desarrollar mercados secundarios de repuestos de las tecnologías utilizadas en el sector agrícola, como, por ejemplo, repuestos de maquinarias de refrigeración, transporte, etc. De esta manera se puede valorizar y fomentar un segundo uso de este tipo de tecnologías o de sus partes que aún son funcionales, aunque el conjunto del producto ya no lo sea.

b. Uso compartido de recursos. Este es un punto de especial importancia para la pequeña agricultura, en la cual los agricultores muchas veces no cuentan con los equipos necesarios para establecer procesos más eficientes debido al costo de estos. Sin embargo, es posible establecer sistemas de economía colaborativa y uso compartido

de maquinaria entre pequeños agricultores que se encuentran cerca geográficamente. Esto también es aplicable a la industria pesquera y acuícola como por ejemplo el uso compartido de herramientas para reparar redes, equipos, etc. Estas medidas aumentan la eficiencia de los procesos productivos en el sector agroalimentario lo que conlleva a una disminución de las PDA.

6) Prevención de las PDA a lo largo de toda la cadena agroalimentaria, mediante:

- a. La mejora de procesos
- b. El uso de las tecnologías de la industria 4.0 como, por ejemplo, el internet de las cosas con el fin de controlar información clave en los procesos agrícolas y ganaderos
- c. El aprovechamiento de productos secundarios
- d. La concienciación a nivel del consumidor
- e. Crear sistemas de recogida y aprovechamiento de alimentos antes de que caduquen o se desperdicien

7) La tendencia al residuo cero a través de:

- a. Promocionar la prevención, reducción, reutilización y reciclaje de los materiales. Un caso concreto es las iniciativas implementadas por Dinamarca que, lleva varios años desarrollando estrategias para el uso eficiente de recursos, especialmente los recursos agroalimentarios. El foco de estas iniciativas es la gestión y prevención de los residuos con énfasis en aumentar las tasas de reciclabilidad de los materiales y recursos. En este sentido, en el año 2013 Dinamarca definió un plan estratégico denominado “Dinamarca sin residuos”. Una de las apuestas concretas de este plan estratégico es el fomento del conocimiento de la ciudadanía en materia de reciclaje, la digitalización y la inversión en desarrollos tecnológicos.
- b. Desarrollo de subsidios estatales a innovaciones empresariales para un uso eficiente de los recursos, e incentivos tributarios a la inversión en tecnologías sostenibles y a la inversión en fondos de capital de riesgo verdes, con foco en desarrollos de gestión sostenibles. En esta línea destaca el caso de los Países Bajos y Dinamarca, el primero ha implementado un programa extensivo de innovación en agricultura de precisión para la reutilización de los nutrientes reciclados (Netherlands Government, 2016).

Mientras que en el segundo empresas privadas han implementado un fondo de capital de riesgo verde que invierte únicamente en negocios que desarrollan productos y servicios de alta innovación en economía circular con foco en programas temáticos como en la agricultura (ODEPA, 2019).

Finalmente, para terminar esta sección cabe destacar algunos retos a los que es necesario hacer frente para la implementación de un modelo de economía circular. En primer lugar, aún se carece de una estructura clara de herramientas de evaluación y gestión de riesgos que les permita a las empresas innovadoras en materia de economía circular acceder a financiación privada. Además, recién se están desarrollando en muchos países fondos estatales de inversión que contribuyan a suplir esta deficiencia. En el mismo estado de desarrollo se encuentran marcos normativos e incentivos que fomenten la producción verde, el uso de tecnologías innovadoras y sostenibles y, la investigación sobre circularidad (Smart Prosperity Institute, 2018).

En segundo lugar, es necesario establecer un nuevo marco económico sobre el cual medir los progresos de una economía, es decir, establecer indicadores adicionales al PIB que complementen la medición del progreso económico de una sociedad. Con esto se busca valorizar y dar visibilidad a las ventajas que un modelo de economía circular podría tener en comparación con uno lineal (Heshmati, 2015). También, es primordial realizar cambios sustanciales en los sistemas fiscales y las normativas legales tradicionales que permitan incluir estos nuevos modelos de negocios.

En tercer lugar, es necesario implementar campañas de información, comunicación y formación que modifiquen el comportamiento de los consumidores frente al reciclaje y reuso de los productos. En un mundo donde en las sociedades desarrolladas existe un elevado volumen de productos disponibles para ser consumidos y, donde en las sociedades en desarrollo este volumen se está incrementado cada vez más, es necesario fomentar la compra y consumo responsables de productos respetuosos con el medio ambiente. Sin embargo, pese a este objetivo de la economía circular, aún existe una profunda resiliencia de las empresas a abandonar sus tradicionales modelos de marketing basados en el consumo compulsivo de enormes cantidades de bienes innecesarios y que no son sostenibles y ecológicos (Smart Prosperity Institute, 2018).

En cuarto lugar y en relación con el punto anterior, es necesario que en estos modelos de uso y consumo los consumidores se perfilen más como usuarios de un producto que como propietarios. Esto tiene asociado la ventaja de que el periodo de uso de los productos se incrementa ya que al compartirlos se permite su mayor y mejor utilización. Sin embargo, aunque este tipo de modelos colaborativos se está desarrollando de manera acelerada, aún son muy incipientes y carecen de un marco legal normativo en la mayoría de los países del mundo.

En quinto lugar, como se ha mencionado antes, la transición de una economía lineal a una economía circular conlleva una reestructuración económica, industrial y social. Esto implica la necesidad de adoptar nuevos programas de formación y educación para facilitar el cambio de las personas hacia nuevos puestos de trabajo y nuevas tecnologías. Lo anterior con el fin de minimizar el impacto que pueda tener para ellos realizar nuevos trabajos para los que no están acostumbrados. Por esta razón, aún se vislumbra como un importante desafío adaptar los sistemas tradicionales de formación y educación para la capacitación y readaptación de los trabajadores a un modelo de economía circular.

En sexto lugar, la transición hacia un modelo de economía circular involucra una nueva forma de utilización de los recursos naturales, innovación tecnológica y nuevos patrones de consumo. En este sentido, involucra a todos los sectores de la sociedad y a distintos niveles. Por lo que, se hace necesario desarrollar un nuevo tipo de gobernanza que incluya a todos los países (ERIA, 2018).

Finalmente, aún es incipiente en el ámbito de la economía circular el desarrollo de indicadores que permitan medir su eficacia y eficiencia en relación con el uso de recursos naturales y beneficios sociales que efectivamente genera (Heshmati, 2015). Por esta razón, un importante desafío para su implementación es el diseño de paneles de indicadores que permitan visualizar y visibilizar sus beneficios.

7. Conclusiones

El objetivo principal de esta investigación fue analizar de manera global las consecuencias que tienen las PDA en la SA, el medio ambiente, específicamente en el agua, la tierra y el cambio climático, los ODS y los sistemas alimentarios sostenibles en China. Este análisis se realizó con el fin de proponer recomendaciones de políticas públicas desde la economía circular para fomentar sistemas alimentarios sostenibles en China y, a su vez, que esto sirva de extrapolación para otros países con problemas de SA. Dado esto, la hipótesis principal de trabajo fue que un control de las PDA a través de un modelo de economía circular puede contribuir a la mejora de la SA, la mejora del medio ambiente y el cumplimiento de los ODS relacionados a estos temas. Para cumplir este objetivo se trabajó con las siguientes hipótesis secundarias:

- Las PDA afectan de manera negativa la SA, el medio ambiente y los ODS.
- En China se produce una cantidad de PDA cuya reducción puede contribuir positivamente a la mejora de los niveles de SA, la calidad del medio ambiente y al cumplimiento de los ODS.
- Las políticas públicas dentro de un marco de economía circular pueden contribuir a la reducción de las PDA y, por tanto, a mejorar los niveles de SA, la calidad del medio ambiente y al cumplimiento de los ODS.

El análisis de las relaciones entre las PDA, la SA, el medio ambiente y los ODS confirmó la primera hipótesis secundaria de que las PDA afectan de manera negativa la SA, el medio ambiente y los ODS:

- En primer lugar, las PDA disminuyen la disponibilidad de alimentos, lo que puede empeorar los niveles de seguridad alimentaria.
- En segundo lugar, los sistemas alimentarios con más PDA aumentan el coste de los alimentos, lo que contribuye al aumento del precio de estos, causando un deterioro en el acceso a ellos por parte de las personas en condiciones socioeconómicamente vulnerables.

- En tercer lugar, las PDA implican una disminución en la disponibilidad de alimentos de alta calidad, aumentando los problemas de hambre no sólo a través de una disminución en la disponibilidad de alimentos, sino también en la calidad de los mismos.
- En cuarto lugar, los sistemas alimentarios con más PDA pueden aumentar el riesgo de inversión para las empresas, por lo tanto, las PDA pueden contribuir a aumentar la volatilidad en los precios de los alimentos disminuyendo la estabilidad del suministro de alimentos. Lo anterior ocurre especialmente en los mercados actuales que se caracterizan por una baja transparencia y una alta volatilidad en los precios de los alimentos, lo que provoca la exclusión de las personas socioeconómicamente vulnerables de los sistemas alimentarios.
- Finalmente, las PDA tienen efectos negativos en el medio ambiente a través del desperdicio de agua y tierra, las emisiones de CO₂ que causan el cambio climático y los daños a la biodiversidad. El deterioro del medio ambiente a su vez tiene efectos negativos en la agricultura, generando un círculo vicioso que afecta los sistemas agrícolas, la seguridad alimentaria, el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Con el fin examinar la segunda hipótesis **secundaria se realizó una estimación de las PDA que se producen en China y de sus impactos ambientales, específicamente en el desperdicio de agua y tierra y en la emisión de CO₂**. Los resultados sostuvieron positivamente la segunda hipótesis secundaria de esta tesis, es decir que en China se produce una cantidad de PDA cuya reducción puede contribuir positivamente a la mejora de los niveles de SA, la calidad del medio ambiente y al cumplimiento de los ODS. A continuación, se muestran los principales resultados obtenidos que apoyan esta conclusión:

- En China, las PDA fueron de 401,7 millones de toneladas de alimentos en 2017. Esta cantidad es aún mayor si no se tienen en cuenta los factores de conversión, ascendiendo a 526 millones de toneladas. El mayor descarte se concentró en hortalizas, 181 millones de toneladas, equivalentes al 45% del total de las PDA. Siguiendo con los cereales, las raíces y tubérculos y las frutas que en conjunto representaban el 45% de los alimentos desechados, equivalentes a 179 millones de toneladas. Con volúmenes

mucho más bajos en comparación con los grupos anteriores estaban los otros grupos de alimentos, representando entre el 1% y el 4% de los alimentos desechados. Las PDA per cápita fueron de 277 kg. Los resultados de esta tesis estuvieron en línea con los estudios anteriores revisados.

- El análisis de las PDA por etapas de la cadena de alimentos mostró que el 32% (129 millones de toneladas) de las PDA ocurrieron en la etapa de consumo. Seguido de cerca por la etapa de producción agrícola con 109 millones de toneladas, equivalentes al 27%. Las etapas de postcosecha y almacenamiento y distribución representaron el 22% y el 16%, respectivamente. La etapa de procesamiento y envasado mostró un volumen mucho menor de PDA en comparación con las otras etapas, con sólo 11 millones de toneladas, el 3% del total de las PDA.
- Los resultados mostraron que las PDA en verduras y hortalizas se produjeron principalmente al final de la cadena de alimentos, 51 (28%) y 56 (31%) millones de toneladas en las etapas de producción agrícola y consumo, respectivamente. Sin embargo, en este grupo de alimentos, también las etapas de postcosecha y almacenamiento y distribución mostraron PDA considerables, 41 (22%) y 34 (19%) millones de toneladas, respectivamente. Los cereales mostraron una situación diferente respecto de verduras y hortalizas, ya que las PDA se produjeron principalmente en las etapas de postcosecha y almacenamiento y consumo, 64 (87%) millones de toneladas en total. El grupo alimentario con la tercera mayor cantidad de PDA, es decir, raíces y tubérculos tuvo la mayor cantidad de las PDA en la etapa de producción agrícola, equivalente a 29 (51%) millones de toneladas. No fue posible realizar comparaciones en volumen o porcentaje entre estos cálculos y estudios anteriores debido al uso de diferentes metodologías y unidades de medida. Sin embargo, otros autores como J. Liu et al. (2013) sugirieron que en los cereales el mayor volumen de PDA se produjo en las etapas de postcosecha y almacenamiento y consumo, conclusión similar a los resultados mostrados en esta tesis.

- Cuando se compararon las PDA con la oferta doméstica de alimentos de cada grupo de alimentos, se observó que se desecharon el 29%, 28% y 27% de todas las frutas, verduras y raíces y tubérculos disponibles en China. Los pescados y mariscos, la carne y los cereales mostraron porcentajes más bajos, pero no menos considerables, el 18%, el 17% y el 14%, respectivamente.
- Al comparar las PDA con otros países se observó lo siguiente. Las PDA per cápita en China que fueron equivalentes a 277 kg en 2017, fueron superiores a las PDA per cápita mundiales estimadas por otros autores. En tanto, las PDA per cápita en China fueron muy similares a las estimadas para América del Norte y Europa.
- En China, el volumen absoluto de las PDA fue de 402 millones de toneladas en 2017, lo que equivale al 27% de las PDA a nivel mundial. La razón se debe al gran volumen que representa la oferta doméstica de alimento China como porcentaje de la oferta de alimentos mundial. Por consiguiente, en China se originó una parte significativa de las PDA de los países asiáticos industrializados. Sin embargo, la tasa de PDA como porcentaje de la oferta doméstica en China fue inferior al promedio mundial. Desagregando por región, en muchos casos China mostró una tasa de PDA más baja que otras regiones.
- Al observar a nivel desagregado por grupo alimentario y etapa de la cadena de alimentos, las PDA en china en el grupo de cereales y en la etapa posterior a la cosecha y almacenamiento fueron ligeramente inferiores a las observadas en Sudáfrica, 17,7 kg per cápita en 2017 y 19,8 kg per cápita en 2010 respectivamente. A su vez, en la etapa de producción agrícola las PDA per cápita de vegetales, equivalente a 34,9 kg per cápita en 2017, fueron superiores a las PDA en vegetales de Italia, equivalente a 8,1 kg per cápita en 2010 en la misma etapa. Lo anterior, respalda el argumento de

que el volumen de frutas y hortalizas desechadas varía significativamente entre los países en desarrollo y los países desarrollados.

- Se estimó que la huella hídrica del agua azul y verde de las PDA en China en la etapa de producción agrícola para seis grupos de alimentos fue de 66.553 millones de m³. La mayor parte correspondió a la huella hídrica del agua verde, 60.226 millones de m³, mientras que la huella hídrica del agua azul fue de 6.327 m³. El grupo de alimentos que causó una mayor huella hídrica fue el de frutas y hortalizas con 27.338 y 3.541 millones de m² de huella hídrica de agua verde y azul respectivamente. Esto equivale a un 46% de la huella hídrica total. En segundo y tercer lugar estuvieron el grupo de carnes y raíces y tubérculos con 12.657 y 8.483 millones de m³, equivalentes al 19% y 13% del total respectivamente. El resto de grupos generó una huella hídrica menor en comparación a los grupos mencionados anteriormente.
- La huella de la tierra arable de las PDA en el año 2017 en la etapa de producción agrícola en China fue de 20 millones de ha. El grupo de carnes fue el que más contribuyó con 7.1 millones de ha, lo que equivale al 35% del total. Los otros dos grupos con cantidades considerables son el de frutas y hortalizas y los productos lácteos y huevos con 4.8 y 3.1 millones de ha, equivalentes al 24% y 16% respectivamente.
- La huella total de carbono de las PDA en la etapa de producción agrícola en China en el año 2017 fue de 156.657 millones de kg de CO₂ equivalente. De los cuales las frutas y hortalizas (67.625 kg de CO₂ equivalente), pescados y mariscos (37.748 kg de CO₂ equivalente) y carnes (28.854 kg de CO₂ equivalente) fueron sus mayores contribuyentes.

Para analizar la tercera hipótesis secundaria se **revisaron las causas que provocan las PDA en China, las políticas públicas implementadas en China respecto a la reducción de las PDA y diferentes políticas públicas insertas dentro de un marco de economía circular en el sector agroalimentario**. La conclusión que se obtuvo es a favor de la tercera hipótesis secundaria, es decir, que las políticas públicas dentro de un marco

de economía circular pueden contribuir a la reducción de las PDA y, por tanto, a mejorar los niveles de SA, la calidad del medio ambiente y al cumplimiento de los ODS. Las razones abordadas en la tesis que apoyan esta conclusión son la siguientes:

- Son múltiples las causas que provocan las PDA y éstas difieren entre países. En los países desarrollados, que son los que menos problemas de SA tienen, la mayor parte de las PDA se producen en las etapas de venta al por menor, servicio de alimentos y el hogar de la cadena de suministro de alimentos por una variedad de razones. Por ejemplo, alimentos no utilizados en el tiempo, alimentos quemados al ser cocinados, deterioro, preferencias personales o comida sobrante. Mientras que, en los países en desarrollo, que son usualmente los de mayores problemas de SA, las PDA se deben principalmente a la falta de infraestructura, la falta de conocimientos e inversiones en tecnologías de almacenamiento. Este tipo de causas que provocan las PDA son susceptibles de ser soslayadas a través del diseño de políticas públicas, como, por ejemplo, incentivos tributarios a las inversiones en tecnologías de almacenamiento, campañas de concientización de la población, etc.
- Respecto de las causas que provocaron las PDA en China se señalaron tres causas generales y algunas causas específicas en cada etapa particular de la cadena de alimentos. Las causas generales que se abordaron fueron: 1. el crecimiento económico, el aumento de los ingresos y el poder adquisitivo; 2. el desarrollo de la agricultura en las últimas décadas; 3. las políticas públicas en materia de agricultura y desperdicio de alimentos. Las causas específicas que explicaron las PDA en China fueron aquellas referentes a enfermedades, insectos, roedores, condiciones climáticas severas y siembras ineficientes durante la etapa de producción agrícolas. También aquellas referentes a muertes y enfermedades de animales durante la cría y procesamiento de pescados, carnes y leche. Finalmente, las causas que provocan las PDA en la etapa de consumo en China principalmente tienen que ver

con factores culturales, sociales y psicológicos. Por lo tanto, se concluyó que este tipo de causas que provocan las PDA son susceptibles de ser abordadas a través del diseño de políticas públicas.

- Existe un amplio espectro de iniciativas de economía circular que podrían hacer frente a las causas que provocan las PDA. Estas iniciativas van desde políticas públicas hasta iniciativas privadas y, están relacionadas con cambios tecnológicos y de gestión de recursos.

Por lo tanto, dados los siguientes puntos 1. las relaciones teóricas que existen entre las PDA, la SA, el medio ambiente, los ODS y la economía circular, 2. los resultados obtenidos en esta tesis que muestra que en China se produce un considerable volumen de PDA y, 3. La cantidad de iniciativas desde la economía circular con las que se puede hacer frente a las PDA, se sostiene la hipótesis principal de trabajo, es decir, que **un control de las PDA a través de un modelo de economía circular puede contribuir a la mejora de la SA, la mejora del medio ambiente y el cumplimiento de los ODS** relacionados a estos temas.

Este trabajo tenía como objetivo proporcionar estimaciones actualizadas de la pérdida y el desperdicio de alimentos en China y cómo éstas afectan la seguridad alimentaria, el medio ambiente y el logro de los ODS. Así como también proporcionar consejos de políticas públicas para reducir las PDA en un contexto de economía circular. Esta investigación, en contraste con estudios anteriores, abordó una gama más amplia de grupos alimentarios en toda la cadena de alimentos con datos actualizados de 2017 y discutió el problema de las PDA en el contexto de los ODS y la economía circular. Sin embargo, este estudio también tiene algunas limitaciones que deben abordarse en futuras investigaciones con el fin de obtener estimaciones de las PDA más precisas y robustas. En la siguiente lista se señalan algunas de estas limitaciones:

1. Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron los datos de FAOSTAT para una amplia gama de grupos alimentarios y etapas cadena alimentaria. En este sentido, los datos de FAOSTAT carecen del mismo nivel de precisión y fiabilidad para todas esas variables. Esta situación puede deberse a múltiples razones, por ejemplo, no todos los países tienen el mismo incentivo para proporcionar información precisa y fiable. Además,

no todos los países tienen un instituto nacional de estadística, con un elevado presupuesto, al contrario, muchas veces este es muy limitado, lo que impide el desarrollo de información precisa o, también puede ocurrir que simplemente no consideran los datos agrícolas y alimentarios como una prioridad. Por lo tanto, las investigaciones futuras que abordan este problema podrían centrarse en cómo desarrollar datos estadísticos nacionales más precisos y fiables, especialmente respecto a los datos de PDA. Estas investigaciones futuras, especialmente podrían centrarse en países con problemas de seguridad alimentaria, que suelen ser los países con los datos estadísticos menos desarrollados.

2. Las tasas de PDA, los factores de conversión y los factores de asignación utilizados para estimar las PDA, fueron tomados de la FAO (2011) y Xue et al., (2017). Estos factores fueron recopilados por la FAO (2011) y Xue et al., (2017) de diferentes estudios. Por lo tanto, en muchos casos fue necesario utilizar algunos supuestos para su uso en esta investigación, lo cual introduce sesgos en la estimación. Por lo tanto, las investigaciones futuras podrían centrarse en recopilar datos sobre residuos de alimentos primarios, en países específicos, con el fin de mejorar la precisión de las tasas de PDA, de los factores de conversión y de asignación.

3. La revisión de las políticas públicas relacionadas con las PDA implementadas por el gobierno chino antes de 2015 mostró que el enfoque principal estaba en las etapas de producción agrícola y postcosecha y almacenamiento de la cadena alimentaria. Además, los granos fueron el principal producto objetivo de estas políticas públicas. Pese a este enfoque inicial en la producción, gradualmente el gobierno chino ha incluido más etapas de la cadena alimentaria y más productos en sus políticas públicas. Sin embargo, todavía hay varios desafíos para avanzar en el diseño de iniciativas que busquen reducir las PDA. En primer lugar, el sistema de administración de las PDA en China sigue estando muy fragmentados, es decir, hay muchos actores con diferentes objetivos y herramientas para abordar la reducción de las PDA. En segundo lugar, la mayoría de las políticas y reglamentos públicos están diseñados para reducir los residuos en general, no muchos de ellos abordan específicamente el problema de las PDA. Además, algunas políticas públicas sólo consideran la reducción de las PDA como método para aumentar la producción de granos. En tercer lugar, sigue habiendo una falta de iniciativas que aborden el problema de las PDA en todas las etapas de la cadena alimentaria. La mayoría de las

iniciativas están orientadas a granos en las etapas de producción y almacenamiento agrícola. Por último, falta información estadística coherente y fiable sobre las PDA, en particular estudios basados en fuentes de datos primarias, que permitan proporcionar mejor información para el diseño de políticas públicas pertinentes sobre la reducción de las PDA y la mitigación de su impacto ambiental. Estos desafíos para enfrentar las PDA a través de las políticas públicas en China pueden ser tema de investigaciones futuras.

4. Es necesario vincular la cantidad de pérdida y desperdicio de alimentos y los indicadores de los ODS de manera cuantitativa para tener una mejor comprensión de cómo las PDA afectan a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible.

En la última década las PDA se han convertido gradualmente en un importante problema político y social en el mundo y en China. De todas maneras, cualquier camino que se opte para hacer frente a esta situación, sería recomendable que en ningún caso se eluda el conocimiento que la misma naturaleza entrega sobre sus ciclos. De alguna manera, la misma naturaleza como un organismo vivo está constantemente sustituyendo unos elementos por otros, donde unos perecen otros nacen. Sin embargo, la pregunta es a que escala el ciclo se puede mantener sin sufrir daños irreversibles. Utilizar cantidades de capital natural en el presente, que los mismos ciclos naturales no pueden regenerar, conduciría a una situación de continuo desgaste de la naturaleza y el medio ambiente. Pero, por otro lado, no utilizar el capital natural para la producción y el desarrollo de las sociedades significa al mismo tiempo dejar de hacer frente a problemas sociales, como las hambrunas, la salud, etc., que deben ser resueltos. No obstante, esta encrucijada, el margen que la misma naturaleza entrega dentro de sus ciclos de regeneración, sumada a la capacidad creativa de la humanidad, bajo las condiciones de una ética medioambiental responsables, deberían ser suficientes para salir de esta dicotomía entre medio ambiente o sociedad. En este contexto, el impacto económico, social y ambiental de las PDA es enorme. Por lo tanto, la reducción de las PDA representa una vía potencial para mejorar la seguridad alimentaria y lograr el tan esperado desarrollo sostenible.

Referencias

- Alamgir M. y Arora P. (1991). *Providing Food Security for All*. Roma: International Fund for Agriculture Development.
- Alberti, M. y Susskind, L. (1996). Managing Urban Sustainability: An Introduction to the Special Issue. *Environmental Impact Assess Review*, (16), 213-221. Recuperado de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0195925596000704?token=26F7FBF5C81544900F4F645CAF87D32F4AE1260B58D6D39A593F47FB2C197B4BC63C01D9BA2571B26A1CB39852496426>
- Alexander P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., Moran, D., Rounsevell, M. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agricultural Systems*, (153), 190-200. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.014>
- Annosi, M., Brunetta, F., Monti, A. y Nati, F. (2019). Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agriculture SMEs. *Computers in Industry*, 109, 59-71. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.003>
- Artz, G.M. y Naeve, L. (2016). The benefits and challenges of machinery sharing among small-scale fruit and vegetable growers. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 6(3), 19-35. <https://doi.org/10.5304/jafscd.2016.063.003>
- Aschemann, J., Haagen, J., Hyldetoft, M. y Kulikovskaja, V. (2017). Consumer behaviour towards price-reduce suboptimal foods in the supermarket and the relation to food waste in households. *Appetite*, 116, 246-258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2017.05.013>
- Asian, S., Hafezalkotob, A. y Jacob, J. (2018). Sharing economy in organic food supply chains: A pathway to sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 218, 322-338. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.06.010>
- Aziz, N., Ali, Q., Ahmed, M., Saeed, M. y Rong, K. (2020). Analysing the women's empowerment and food security nexus in rural areas of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan: By giving consideration to sense of land entitlement and infrastructural

facilities. *Land Use Policy*, 94, 104529.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104529>

- Banco Mundial (1986). *La pobreza y el hambre: temas y opiniones sobre la seguridad alimentaria en países en desarrollo*. Washington: Banco Mundial.
- Banco Mundial (1999). *Pollution Prevention and Abatement Handbook 1998: Toward Cleaner Production*. Washington: World Bank Group in collaboration with the United Nations Environment Programme and The United Nations Industrial Development Organization.
- Barilla Center for Food Nutrition (2011). *The Challenge of Food Security*. Parma: Barilla Center for Food Nutrition.
- Barth, H. y Melin, M. (2018). A green Lean approach to global competition and climate change in the agricultural sector- A Swedish case study. *Journal of cleaner production*, 204, 183-192. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.021>
- Bauwens, T., Hekkert, M. y Kirchherr, J. (2020). Circular futures: What will they look like? *Ecological Economics*: 175, 106703. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106703>.
- Béné, C., Oosterveer, P., Lamotte, L., Brouwer, I., Haan, S., Prager, S. Talsma, E. y Khoury, C. (2029). When food systems meet sustainability – Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113, 116-130. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.08.011>
- Boulding, K. (marzo, 1966). *The Economics of the Coming Spaceship Earth*. Trabajo presentado en el *Sixth Resources for the Future Forum on Environmental Quality in a Growing Economy*, Washington.
- Bown, C. P., E. Jung y Z. Lu (20 de septiembre de 2018). Trump and China Formalize Tariffs on \$260 Billion of Imports and Look Ahead to Next Phase. Peterson Institute for International Economics. Recuperado de <https://www.piie.com/blogs/trade-investment-policy-watch/trump-and-china-formalize-tariffs-260-billion-imports-and-look>
- Brabet, C., Bricas, N., Hounhouigan, J. D., Nago, M. C. y Wack, A. L. (octubre, 1998). Use of African cassava varieties for the production in Benin of sour starch, a

traditional Latin-American baking product. Trabajo presentado en el *Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops – African Branch (ISTRAC-AB)*, Montpellier, France.

- Bräutigam, K., Jorissen, J. y Priefer, C. (2014). The extent of food waste generation across EU-27: Different calculation methods and the reliability of their results. *Waste Management and Research*, 32 (8), 683-694. <https://doi.org/10.1177/0734242X14545374>
- Buchner, B., Fischler, C., Gustafson, E., Reilly, J., Riccardi, G., Ricordi, C. y Veronesi, U. (2012). *Food Waste: Causes, Impacts and Proposals*. Parma, Italia: Barilla Center for Food & Nutrition.
- Caldeira, C., De Laurentiisa, V., Corrado, S., van Holsteijnb, F. y Sala, S. (2019). Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*: 149, 479-488. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011>
- Canali, M., Amani, P., Aramyan, L., Gheoldus, M., Moates, G., Östergren, K., Silvennoinen, K., Waldron, K. y Vittuari, M. (2016). Food waste drivers in Europe, from identification to possible interventions. *Sustainability*: 9, 37. <https://doi.org/10.3390/su9010037>.
- Carson, R. (1963). *Silent spring*. Houghton Mifflin Company, anniversary edition, 2002.
- CEPAL (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. CEPAL y Naciones Unidas, Santiago de Chile, Chile.
- Cerantola, N. (2016). Reflexiones sobre el pasado, presente y futuro de la economía circular. *Revista Ambienta*, 117, 43-63. Recuperado de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2016_117_46-63.pdf
- Cerantola, N. y Ortiz, M. (2018). *La economía circular en el sector agroalimentario*. España: Asociación de Usuarios de Bancos, Cajas y Seguros.
- CGF, FAO, FUSIONS, UNEP, WBCSD, WRAP, WRI (2015). Food Loss and Waste Protocol Accounting and Reporting Standard – Draft as of march 20, 2015.

Disponible en <https://www.wri.org/publication/food-loss-and-waste-accounting-and-reporting-standard>

- Chammas, G. y Yehya, N. (2020). Lebanese meal management practices and cultural constructions of food waste. *Appetite*, 155, 104803. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.104803>
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Périno-Issartier, S., Fabiano, A. y Vian, M. (2017). Review of Green Food Processing techniques. Preservation, transformation, and extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 357-377. [ff10.1016/j.ifset.2017.04.016](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.016). [ffhal-01552142](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.016)
- Chen, C., Chaudhary, A. y Mathys, A. (2020). Nutritional and environmental losses embedded in global food waste. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104912. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104912>
- Cicatiello, C., Franco, S., Pancino, B. y Blasi, E. (2016). The Value of Food Waste: An Exploratory Study on Retailing. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 30, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2016.01.004>
- Cicullo, F., Cagliano, R., Bartezzaghi, G., y Perego, A. (2020). Implementing the circular economy paradigm in the agri-food supply chain: The role of food waste prevention technologies. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105114. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105114>
- Cluzel, F., Vallet, F., Tyl, B. y Leroy, Y. (mayo, 2014). Eco-design vs. eco-innovation: an industrial survey, trabajo presentado en el *13th International Design Conference - DESIGN 2014*, Dubrovnik.
- Comisión Europea (1993). Libro blanco sobre crecimiento, productividad y empleo. Unión Europea.
- Comisión Europea (2008). Ley de Residuos de la Unión Europea. Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=ES>
- Comisión Europea (2012). Innovating for Sustainable Growth– A bioeconomy for Europe. Publications Office of the European Union. Recuperado de

<https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1f0d8515-8dc04435-ba53-9570e47dbd51>.

- Comisión Europea, (2014). Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa. COM(2014) 398 final, Bruselas.
- Comisión Europea, (2015). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: Un plan de acción de la UE para la economía circular. COM(2015) 614 final, Bruselas.
- Comisión Europea (2018). Circular Economy: Agreement on Commission proposal to boost the use of organic and waste-based fertilisers. Recuperado de https://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-6161_en.htm
- Commoner, B. (1972). *The closing circle: Nature, man and technology*. Random House Inc. Primera edición, 1971.
- Commoner, B. (1979). *The poverty of power energy and the economic crisis*. Bantam Book, segunda edición, 1979.
- Constanza, R. (1991). *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability*. New York: Columbia University Press.
- Corrado, S. y Sala, S. (2018). Food waste accounting along global and European food supply chains: State of the art and outlook. *Waste Management*, 79, 120-131. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.032>
- Cheng, A. G. (septiembre, 2008). Citrus production and utilization in China. Trabajo presentado en el *48 Annual Short Course for the Food Industry: The International Citrus and Beverage Conference*. Florida. Estados Unidos.
- Daly, H. (2007). *Ecological Economics and Sustainable Development, Selected Essays of Herman Daly*. UK: Edward Elgar Publishing Limited.
- De Javry, A., y Sadoulet, E. (2011). Subsistence farming as a safety net for food-price shocks. *Development in Practice*, 21:4-5, 472-480. <https://doi.org/10.1080/09614524.2011.561292>
- Deloitte (2014). *Industry 4.0, Challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies*. Informe para las empresas de manufacturación

suizas. Zúrich: Editado por Deloitte AG Zurich. Disponible en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-en-manufacturing-industry-4-0-24102014.pdf>

- Durán, G. y Sánchez, A. (2012). *Cambio Climático y Derecho a la Alimentación*. Acción Contra el Hambre, Ayuda en Acción, Caritas Española, ONGAWA y Prosalus, España.
- Durán, G. López, A., Beliaeva, T., Ferasso, M., Garonne, C. y Jones, P. (2020). Bridging the gap between circular economy and climate change mitigation policies through eco-innovations and Quintuple Helix Model. *Technological Forecasting and Social Change*, 160, 120246. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120246>
- Ehrlich, P. (1968). *The population bomb*. Buccaneer Books, Reprint edition, 1995.
- Eke-Okoro, O., Njoku, D., Mbe, J., Awah, J., Amanze, N. y Eke-Okoro, O. C. (2014). Contribution of root and tuber crops in the agricultural transformation agenda in Nigeria. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 9(8). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/281643463_CONTRIBUTION_OF_ROOT_AND_TUBER_CROPS_IN_THE_AGRICULTURAL_TRANSFORMATION_AGENDA_IN_NIGERIA_Eke-Okoro_O_N_Njoku_D_N_Mbe_J_O_Awah_J_I_Amanze_NJ_and_O_C_Eke-Okoro
- Ellen MacArthur Foundation (2015). Towards a Circular Economy: Business Rationale for an Accelerated Transition. EU: Publicado y editado por Ellen MacArthur Foundation. Disponible en https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/TCE_Ellen-MacArthur-Foundation_9-Dec-2015.pdf
- Ellen Macarthur Foundation (2019). Cities and Circular Economy for Food. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/cities-and-circular-economy-for-food>
- ERIA (Economic Research Institute for ASEAN and East Asia) (2018). *Industry 4.0: Empowering ASEAN for the circular economy*. Indonesia: National Library of Indonesia Cataloguing in Publication Data.

- FAO (1989). Yield and nutritional value of the commercially more important fish species. Documento técnico n°. 309. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2007). *Cambio climático y seguridad alimentaria: un documento marco, Organización para la Agricultura y la Alimentación*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo – Alcances, causas y prevención, Organización para la Agricultura y la Alimentación*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2013a). *Food Wastage Footprint Impacts on Natural Resources. Summary Report*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2013b). *Toolkit, Reducing the Wastage Footprint*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2013c). *Food Wastage Footprint Impacts on Natural Resources. Technical Report*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2013d). *Report of the Expert Consultation Meeting on Food Losses and Waste Reduction in the Near East Region: towards a regional comprehensive strategy*. Organización para la Agricultura y la Alimentación, Sharm El Sheikh, 18–19, diciembre, 2012.
- FAO (2014). *Food Wastage Footprint, Full-cost accounting. Final Report*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2017). *Reflexiones sobre el sistema alimentario y perspectivas para alcanzar su sostenibilidad en América Latina y el Caribe*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO (2019). *The state of food security and nutrition in the world. Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- FAO e IIR (2014). *Rapport de l'atelier régional sur l'utilisation de la chaîne du froid dans le développement de l'agriculture et de l'agro-industrie en Afrique subsaharienne*. Rome: Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura e International Institute of Refrigeration.
- FAO y OMS (2013). *Codex Alimentarius*. vigésimo primera edición. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud.
- Foschaches, C.A.L., Sproesser, R.L., Quevedo-Silva, F. y Lima-Filho, D. de O. (2012). Logística de frutas, legumes e verduras (FLV): um estudo sobre embalagem, armazenamento e transporte em pequenas cidades brasileiras. *Informações Econômicas*, 42(2). Recuperado de <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/IE/2012/tec4-03-04-2012.pdf>
- Franke, I. y Hackbart, R. (junio, 2008). Mudanças Climáticas: Vulnerabilidades Socioeconômicas e Ambientais e Políticas Públicas para a Adaptação no Brasil. Trabajo presentado en el *IV Encontro Nacional da Anppas*, Brasilia, Brasil.
- Gao, L., Cheng S., Cao, X., Zhang, D., Liu, X., Qin, Q. y Liu, Y. (2013). An overview of the resources and environmental issues from waste food in urban catering across China. *Journal of Resources and Ecology*, 4(4), 337-343. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2013.04.006>
- Garnett, T. (2008). *Cooking up a storm: Food, greenhouse gas emissions and our changing climate*. Surrey, UK: Food Climate Research Network, Center for Environmental Strategy.
- Giunta, I. y Dávalos, J. (2020). Crecimiento económico inclusivo y sostenible en la Agenda 2030: un análisis crítico desde la perspectiva de la soberanía alimentaria y los derechos de la naturaleza. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, 9(1), 146-176. https://doi.org/10.26754/ojs_ried/ijds.438
- Godfray, H., Beddington, J., Crute, I., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. y Toulmin, C. (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: 812. <https://doi.org/10.1126/science.1185383>
- Goodland, R. y Ledec, G. (1987). Neoclassical economics and principles of sustainable development, citado en Goodland, R. Sustentabilidad ambiental en el

Desarrollo económico. Algunas referencias a la Amazonia. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 4(3), 41-53.

- Goudie, A. S. (2013). *The Human Impact on the Natural Environment, past, present and future*. Oxford: Seventh Edition, Wiley – Blackwell.
- Guajardo, J. (septiembre, 2008). Citrus industry in Mexico, Central America and the Caribbean. Trabajo presentado en la *Beverage Conference*, Clearwater Beach.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U. y Emanuelsson, A. (2013). *The Methodology of the FAO Study: Global Food Losses and Food Waste - Extent, Causes and Prevention - FAO, 2011*. Gothenburg, Sweden: The Swedish Institute for Food and Biotechnology.
- Heshmati, A. (2015). *A review of the circular economy and its implementation. Discussion paper series*. Bonn, Alemania: Instituto de Estudios del Trabajo.
- HLPE (2012). *La Seguridad Alimentaria y el Cambio Climático. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial*. Roma: Organización para la Agricultura y la Alimentación.
- HLPE (2013). *Investing in smallholder agriculture for food security. A report by the High-Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security*. Roma: Organización para la Agricultura y la Alimentación.
- HLPE (2014). *Las pérdidas y desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles. Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial*. Roma: Organización para la Agricultura y la Alimentación.
- Hoekstra, A. Y. y Mekonnen, M. M. (2012). The Water Footprint of Humanity. USA: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. y Mekonnen, M. (2011). The water footprint assessment manual. Setting the global standard. London and Washington DC.
- Holdren, J.P., Daily, G.C., y Ehrlich, P.R. (1995). *The meaning of sustainability: Biogeophysical aspects. In Defining and Measuring Sustainability, The*

Biogeophysical Foundations. Washington: M. Munasinghe and S. Walter Editions, Banco Mundial.

- Huang, C., Liu, S. y Hsu, N. (2020). Understanding global food surplus and food waste to tackle Economic and Environmental Sustainability. *Sustainability*, 12, 2892. <https://doi.org/10.3390/su12072892>
- IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2019). 2019 Global Food Policy Report. Washington: International Food Policy Research Institute.
- Income Consulting y AK2C (2016). *Pertes et gaspillages alimentaires: l'état des lieux et leur gestion par étapes de la chaîne alimentaire*. France: ADEME y Ministerio de Agricultura y Ecología. Disponible en <https://www.emballagesmagazine.com/mediatheque/4/9/3/000020394.pdf>
- Inédit (2017). Colección de guías de economía circular: Sector alimentario. Estrategias para un mundo agrario y una industria agroalimentaria más circulares. Barcelona: Informe del laboratorio de ecoinnovación, Acció, Fundació Fórum Ambiental y Obra Social la Caixa.
- IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2020). *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Washington: Naciones Unidas.
- James, J.B. y Nagrumsak, T. (2011). Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A Technical Guide. Bangkok: Informe para la Organización para la Agricultura y la Alimentación.
- Jellil, A., Woolley, E. y Rahimifard, S. (2018). Towards integrating production and consumption to reduce consumer food waste in developed countries. *International Journal of Sustainable Engineering*, 11(5), 294-306. <https://doi.org/10.1080/19397038.2018.1428834>
- Jouzi, Z., Azadi, H., Taheri, F., Zarafshani, K., Gebrehiwot, K., Van Passel, S., Lebailly, P. (2017). Organic farming and small-scale farmers: Main opportunities and challenges. *Ecological Economics*, 132, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.10.016>

- Keijbets, M. J. H., (2008). Potato processing for the consumer: developments and future challenges. *Potato Research*, 51, 271-281. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11540-008-9104-3>
- Kemna, R., Holsteijn, F. van, Lee, P. y Sims, E. (2017). Complementary Research on Household Refrigeration - Optimal Food Storage Conditions in Refrigeration Appliances. Europa: VHK en colaboración con Oakdene Hollins para la Comisión Europea.
- Krzywoszynska, A. (2011). Spotlight On...Waste: Uncovering the global food scandal. *Geography*, 96, 101-104. <https://doi.org/10.1080/00167487.2011.12094317>
- Lenoir, D., Schramm, K. y Lalah, J. (2020). Green chemistry: Some important forerunners and current issues. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 18, 100313. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100313>
- Lezoche, M., Hernández, J., Alemany, M., Panetto, H. y Kacprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, 117, 103187. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103187>
- Liu, C. y He, S. (2012). Practice and reflection on developing food banks in Xi Chang. *Economic Management Journal*, 1(2), 44–50. Recuperado de http://journaldatabase.info/articles/practice_reflection_on_developing_food.html
- Liu, G. (2014). Food losses and food waste in China: A first estimate. Paris: OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, No 66, OECD Publishing.
- Liu, H., (6 de agosto de 2018). China Will Reduce Millions of Soybean Imports in 2018. Xinhua, Beijing. (In Chinese)
- Liu, J., Lundqvist, J., Weinberg, J. y Gustafsson, J., (2013). Food losses and waste in China and their implication for water and land. *Environmental Science and Technology*, 47, 10137-10144. <https://doi.org/10.1021/es401426b>
- Lovins, A. (1979). *Soft energy path: Towards a durable peace*. HarperCollins, primera edición, 1979.
- Ma, L., Wei, Q., Garnett, T. y Zhang, F. (2015). Review on drivers, trends and emerging issues of the food wastage in China. *Frontiers of Agricultural Science Engineering*, 2(2), 159-167. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2015066>

- Mak, T., Xiong, X., Tsang, D., Yu, I. y Poon, C. (2020). Sustainable food waste management towards circular bioeconomy: Policy review, limitations and opportunities. *Bioresources Technology*, 297, 122497. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122497>
- Malthus, R. (1798). Primer ensayo sobre la población. Madrid: Reimpresión de Alianza Editorial.
- Mason, J., Gu, H. y Plume, K. (27 de diciembre de 2018). Inside China's Strategy in the Soybean Trade War. Reuters.
- Massimo, C., Amani P., Aramyan, L., Gheoldus, M., Moates, G., Östergren. K., Silvennoinen, K., Waldron, K., y Vittuari, M. (2016). Food waste drivers in Europe, from identification to possible interventions. *Sustainability*, 9(1), 37. <https://doi.org/10.3390/su9010037>
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. y Beherens, W. (1972). *The Limit to Growth: A Report for The Club of Rome's Project on The Predicament of Mankind*. Nueva York: Universe Books.
- Medina, J. y Ortega, M. (2017). El derecho humano a la alimentación adecuada en la Agenda de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Trabajo presentado en la XIX Reunión de Economía Mundial, mayo, La Rábida.
- Mekonnen, M.M. y Hoekstra, A.Y. (2011). The Green, Blue and Grey Water Footprint of Crops and Derived Crop Products. Delft, Netherlands: Value of Water Research Report Series No. 47. UNESCO-IHE.
- Meredith, N., Esquivel, J., Ahuja, R., Mango, N, Duncan, N., Heller, M. y Tirado, M. (2017). *Climate Change and Food Systems: Assessing Impacts and Opportunities*. Meridian Institute. Disponible en <http://bit.ly/2oFucpe>.
- Ministerio de Relaciones Internacionales República Popular de China (2017). *China's Progress Report on implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Pekin, China.
- Miralles, I., Detoni, D. y Pascucci, S. (2017). Understanding the organization of sharing economy in agri-food systems: Evidence from alternative food networks in

Valencia. *Agriculture and Human Values*, 34, 833-854.
<https://doi.org/10.1007/s10460-017-9778-8>

- Monier, V., Mudgal, S., Escalon, V., O'Connor, C., Gibon, T., Anderson, G. y Morton, G. (2010). Preparatory study on food waste across EU 27. Report for the European Commission. Technical Report– 054.
- Mohan, S.V., Nikhil, G.N., Chiranjeevi, P., Reddy, C.N., Rohit, M.V., Kumar, A.N. y Sarkar, O. (2016). Waste biorefinery models towards sustainable circular bioeconomy: critical review and future perspectives. *Bioresource Technology*, 215, 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.03.130>
- Mungai, J. K. (2000). Processing of fruits and vegetables in Kenya. Proyecto GTZ – Integration of tree crops into farming systems project. Nairobi: Centro Mundial de Agrosilvicultura (ICRAF).
- Naciones Unidas (1973). *Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Estocolmo: 5 al 16 de junio de 1972.
- Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Asamblea General de las Naciones Unidas.
- Naciones Unidas (2016). *Informe del Grupo Interinstitucional y de Expertos sobre los Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Washington: Comisión de Estadística del Consejo Económico y Social.
- Naciones Unidas (2019). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Comisión de Estadística del Consejo Económico y Social.
- Netherlands Government (2016). A Circular Economy in the Netherlands by 2050. Países Bajos: Ministerio del Medio Ambiente y Ministerio de Asuntos Económicos de los Países Bajos.
- ODEPA (2019). Estudio de economía circular en el sector agroalimentario chileno. Santiago de Chile: Ministerio de Agricultura, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias.
- Odum, H. (1971). *Environment, power, and society for the twenty-first century: the hierarchy of energy*. Columbia University Press, 2007.
- Odum, H. y Odum, E. (1976). *Energy basis for man and nature*. McGraw-Hill, 1976.

- Oelofse, S. y Nahman, A. (2013). Estimating the magnitude of food waste generated in South Africa. *Waste Management and Research*, 31(1), 80-86. <https://doi.org/10.1177/0734242X12457117>
- Okere, J.K., Ofodum, C.M., Azorji, J.N. y Nwosu, O.J. (2019). Waste-to-energy: a circular economy tool towards climate change mitigation in Imo State, South-Eastern, Nigeria. *Asian Journal of Advance Research and reports*, 7 (1), 117. <https://doi.org/10.9734/ajarr/2019/v7i130164>.
- Parfitt, J., Barthel, M. y Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, (365), 3065-3081. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>
- Pearce, D. y Atkinson, D. (1993). Capital Theory and the Measurement of Sustainable Development: An Indicator of “weak” Sustainability. *Ecological Economics*, 8 (2), 103-108. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(93\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90039-9)
- Pearce, D. y Turner, R. K. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. Baltimore: Johns Hopkins, University Press.
- Pearce, D., Markandya, A. y Barbier, E. (1989). *Blueprint for a Green Economy*. London: Earthscan.
- Petropoulos, G. (2017). An economic review of the collaborative economy. *Policy Contribution*, 5, 1-17. Recuperado de <https://www.bruegel.org/wp-content/uploads/2017/02/PC-05-2017.pdf>
- Porter, S., Reay, D., Higgins, P. y Bomberg, E. (2016). A half-century of production-phase greenhouse gas emissions from food loss and waste in the global food supply chain. *Science of the Total Environment*: 571, 721-729. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.041>
- Prieto, V., Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179, 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>
- Princen, T., Maniates, M. y Conca, K. (2002). *Confronting Consumption*. Cambridge: The MIT Press. ISBN 0-262-16208-3.

- Quesada, T.E., Marsh, E., Stunell, D. y Parry, A.D. (2013). Spaghetti soup: the complex world of food waste behavior. *Resources, Conservation and Recycling*, 79, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.04.011>
- Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G. y Fuller, G. (2019). *Sustainable Development Report 2019*. Nueva York: Bertelsmann Stiftung and Sustainable Development Solutions Network (SDSN).
- SAG and NDRC (2011). Special programme for construction of scientific grain storage in rural households in the 12th five-year (2011-2015) plan. Beijing: State Administration of Grain (SAG), China and National Development and Reform Committee (NDRC), China.
- Sala, S. (2020). Eco-innovation options in food processing. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, 5, 358-362. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10885-9>
- Sanginga, N. (octubre, 2015). Root and tuber crops (cassava, yam, potato, and sweet potato). Trabajo presentado en el *Background paper Conference Feeding Africa*, Dakar, Senegal.
- Savari, M., Sheykhi, H. y Shokati, M. (2020). The role of educational channels in the motivating of rural women to improve household food security. *One Health*, 10, 100150. <https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2020.100150>
- Scherhauser, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K. y Obersteiner, G. (2018). Environmental impacts of food waste in Europe. *Waste Management*, 77, 98-113. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.038>
- Schonfeldt, H. y Gibson, N. (2012). Dietary protein quality and malnutrition in Africa. *British Journal of Nutrition*, 108, 869-876. <https://doi.org/10.1017/S0007114512002553>.
- Schumacher, E. (1973). *Small is beautiful*. Blond Briggs, tercera edición, 1974.
- Segrè, A., Falasconi, L., Politano, A. y Vittuari, M. (2014). Background Paper on the Economics of Food Loss and Waste. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Segrè, A., Falasconi, L., Politano, A. y Vittuari, M. (2014). Background Paper on the Economics of Food Loss and Waste. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Sen, A. (1981). *Poverty and Famines, an Essay on Entitlement and Deprivation*. Nueva York: Oxford University Press.
- Shen, W. (6 de agosto de 2018). Trade Row Prompts China to Use Low-Protein Diet for Pigs to Reduce Soybean Intake. *Global Times*.
- Shi, Z., Furukawa, I., Chun-Ji, J. y Li, Z. (2010). Chinese face: MIANZI and LIAN: And their influence on Chinese consumer behavior. Trabajo presentado en el *Information Engineering and Electronic Commerce, 2nd International Symposium*. Conference Publications, 2010: 1-5.
- Silvennoinen, K., Katajajuuri, J. y Hartikainen, H. (2014). Food waste volume and composition in Finnish households. *British Food Journal*, 116, 1058-1068. DOI: 10.1108/BFJ-12-2012-0311.
- Smart Prosperity Institute (2018). Getting to a circular economy: A premier for Canadian policymakers. Canada: Policy Brief, enero.
- Solow, R. (1993). An almost Practical Step Toward Sustainability. Text of an invited lecture on the occasion of the fortieth anniversary of Resources for the Future. Washington DC.
- Song, G., Li, M., Musoke, H. y Zhang, S. (2015). Food consumption and waste and the embedded carbon, water and ecological footprints of households in China. *Science of Total Environment*: 529, 191-197. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.05.068>
- Stenmarck, A., Jensen, C., Quested, T. y Moates, G. (2016). *Estimates of European Food Waste Levels*. IVL Swedish Environmental Research Institute.
- Stuart, T. (2009). *Waste: Uncovering the global food scandal*. Londres, Reino Unido: W. W. Norton and Company.
- Sun, S., Lu, Y., Gao, H., Jiang, T., Du, X., Shen, T., Wu, P. y Wang, Y. (2018). Impacts of food wastage on water resources and environment in China. *Journal of Cleaner Production*, 185, 732-739. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.029>

- Sun, S.K., Wang, Y.B., Wang, F.F., Liu, J., Luan, X., Li, X., Zhou, T. y Wu, P. (2015). Alleviating Pressure on Water Resources: a new approach could be attempted. *Scientific Reports*, 5, 14006. <https://doi.org/10.1038/srep14006>
- Sutcliffe, B. (1996). *El incendio frío: ensayos sobre las causas y consecuencias del hambre en el mundo*. Barcelona: Icaria.
- The Economist Intelligence Unit (2018). User guide for the Global Food Security Index: Understanding the index and leveraging it for your work. Nueva York. Disponible en https://foodsecurityindex.eiu.com/Home/DownloadResource?fileName=EIU%20GFSI_User%20guide.pdf&fileName=EIU%20GFSI_User%20guide.pdf
- Tietenberg, T. (2005). *Environmental and Natural Resources Economics*. Thrift Books.
- Timmer, C. P. (julio, 2018). Sowing the Seeds for Better Food Policy in Asia. Trabajo presentado en el *East Asia Forum*, Japón.
- Tisserant, A., Pauliuk, S., Merciai, S., Schmidt, J., Fry, J., Wood, R. y Tukker, A. (2017). Solid waste and the circular economy: a global analysis of waste treatment and waste footprints. *Journal of Industrial Ecology*, 21 (3), 628–640. <https://doi.org/10.1111/jiec.12562>
- Tostivint, C., Östergren, K., Quested, T., Soethoudt, H., Stenmarck, Å., Svanes, E. y O'Connor, C. (2016). Food waste quantification manual to monitor food waste amounts and progression, FUSIONS EU Project. Disponible en <http://www.eu-fusions.org/phocadownload/Publications/Food%20waste%20quantification%20manual%20to%20monitor%20food%20waste%20amounts%20and%20progression.pdf>
- Tyler, G. (2007). *Desarrollo sostenible, un enfoque integral*. Cengage Learning Editores S.A. de C.V., Segunda Edición.
- UNICEF (1990). *Cassava in tropical Africa*. Nigeria: Instituto Internacional de Agricultura Tropical.
- Vanham, D., Bouraoui, F., Leip, A., Grizzetti, B. y Bidoglio, G. (2015). Lost water and nitrogen resources due to EU consumer food waste. *Environmental Research Letters*, 10, 084008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/084008>

- Veldhuizen, L., Giller, K., Oosterveer, P., Brouwer, I., Janssen, S., Zanten, H. y Slingerland, M. (2020). The Missing Middle: Connected action on agriculture and nutrition across global, national and local levels to achieve Sustainable Development Goal 2. *Global Food Security*, 24, 100336. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100336>
- Wang, F., Dou, Z., Ma, L., Ma, W., Sims, J. y Zhang, F. (2010). Nitrogen mas flow in China's animal production system and environmental implications. *Journal of Environmental Quality*, 39, 1537-1544. <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0090>
- Wang, L., Liu, G., Liu, X., Liu, Y., Gao, J., Zhou, B., Gao, S. y Chen, S. (2017). The weight of unfinished plate: A survey-based characterization of restaurant food in Chinese cities. *Waste Management*, 66, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.04.007>
- Wirsenius, S., Azar, C. y Berndes, G. (2010). How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030? *Agricultural systems*, 103, 621-638. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2010.07.005>
- WRAP (2013). *The impact of love food hate waste*. Londres, Reino Unido: Waste and Resource Action Programme.
- WTO (World Trade Organization) (2012). Trade Policy Review–China. Document WT/TPR/S/264. Geneva.
- Xiong, X., Yu, I.K.M., Tsang, D.C.W., Bolan, N.S., Ok, Y.S., Igalavithana, A., Kirkham, M.B., Kim, K.H. y Vikrant, K. (2019). Value-added Chemicals from Food Supply Chain Wastes: State-of-the-art Review and Future Prospects. *Chemical Engineering Journal*, 375, 121983. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.121983>
- Xue, L., Liu, G., Parfitt, J., Liu, X., Van Herpen, E., Stenmarck, Å, O'Connor, C., Ostergren, K. y Cheng, S. (2017). Missing food, missing data? A critical review of global food losses and food waste data. *Environmental Science and Technology*, 51, 6618-6633. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00401>
- Yang, B., Huang, X., Liu, Q., Tang, S., Story, M., Chen, Y. y Zhou, M. (2020). Child nutrition trends over the past two decades and challenges for achieving nutrition SDGs and national targets in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 1129. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041129>

- Zhang, F., Chen, X y Vitousek, P. (2013). An experiment for the world. *Nature*, 497, 33-35. <https://doi.org/10.1038/497033a>
- Zhong, Z., Zhang, C., Jia, F. y Bijman, J. (2018). Vertical coordination and cooperative member benefits: Case studies of four dairy farmers' cooperatives in China. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2266–2277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.184>

Webgrafía

- Banco Mundial (2020). [Dataset]. Versión de 4 de abril de 2020. Recuperado de <<https://data.worldbank.org/>>
- CDESC (1999). Observación General 12. Aplicación del Pacto Internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales, El derecho a una alimentación adecuada (art. 11). 20º período de sesiones, 1999. ONU, Doc. E/C.12/1999/5 (1999). Versión del 20 junio de 2020. Recuperado en <http://www1.umn.edu/humanrts/gencomm/epcomm12s.htm>
- Comisión Europea (2020). European Platform on Life Cycle Assessment. Versión de 11 de octubre de 2020. Recuperado de <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/FoodSystem.html>
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1987). *Our Common Future*. Versión de 10 de mayo de 2019. Recuperado de <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
- Chinese Statistical Yearbook, (2011). National Bureau of Statistics of China. Versión de 5 de abril de 2020. Recuperado de http://www.stats.gov.cn/english/publications/201202/t20120224_72338.html
- Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo (2017). Versión de 10 de marzo de 2019. Recuperado de <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/202>
- Eurostat (2017). *Food Waste Statistics*. Versión de 4 de abril de 2020. Recuperado de www.ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/fw_euplatform_20170925_sub-fwm_pres-03.pdf

- FAO (1996). Versión de 15 de abril de 2019. Recuperado de http://www.fao.org/docrep/X2051s/X2051s00.htm#P166_18079
- FAO (2009). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008*. Versión de 13 de abril de 2019. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/011/i0250s/i0250s00.htm>
- FAO (2011). *Appropriate food packaging solutions for developing countries*. Versión de 12 de mayo de 2019. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/015/mb061e/mb061e00.pdf>
- FAOSTAT (2010a). *Anuario estadístico de la FAO 2009*. Sección B – Producción agrícola. Versión de 4 de abril de 2020. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/am079m/PDF/am079m00b.pdf>
- FAOSTAT (2010b). Hoja de balance de alimentos 2007. Versión de 4 de abril de 2020. Recuperado de <http://faostat.fao.org/site/354/default.aspx>
- FAOSTAT (2017). Food Balance Sheets. Versión de 4 de abril de 2020. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/en/#data>
- FAOSTAT, (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations Data. Versión de 4 de abril de 2020. Recuperado de www.fao.org/faostat/en/#home
- Fondació Àlicia/UAB (Fundación Àlicia/Universitat Autònoma de Barcelona) (2012). *Aprofitem el menjar!, Una guia per a la reducció del malbaratament alimentari en el sector de l'hostaleria, la restauració i el càtering*. Recuperado de http://www.alicia.cat/uploads/all/guia_malbaratament.pdf.
- FUSIONS, (2020). Versión de 3 de marzo de 2019. Recuperado de www.eu-fusions.org
- IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2019). 2019 Global Food Policy Report. Washington, DC: International Food Policy Research Institute. <https://doi.org/10.2499/9780896293502>
- IIR (International Institute of Refrigeration) (2009). *The role of refrigeration in worldwide nutrition*. Versión de 15 de marzo de 2019. Recuperado de <https://coolcoalition.org/the-role-of-refrigeration-in-worldwide-nutrition/>
- Langelaan, H.C., Pereira da Silva, F., Thoden van Velzen, U., Broeze, J., Matser, A.M., Vollebregt, M. y Schroën, K. (2013). *Technology options for feeding 10 billion*

people. Options for sustainable food processing. State of the art report. Science and Technology Options Assessment, Brussels, European Parliament. Versión de 3 de marzo de 2019. Recuperado de [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513533/IPOLJOIN_ET\(2013\)513533_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2013/513533/IPOLJOIN_ET(2013)513533_EN.pdf).

- Naciones Unidas, 2020. Versión de 22 de mayo de 2019. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/hunger/>
- OECD (2014). *Food waste along the food chain.* Versión de 15 de marzo de 2019. Recuperado de <http://www.oecd.org/site/agrfcn/4thmeeting20-21june2013.htm>
- OECD (2018). *Meeting Policy Challenges for a Sustainable Bioeconomy.* OECD Publishing, Paris. Versión de 3 de abril de 2019. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1787/9789264292345-en>
- Olsmats, C. y Wallteg, B. (2009). *Packaging is the answer to world hunger.* World Packaging Organisation (WPO) and International Packaging Press Organisation (IPPO). Versión de 7 de junio de 2019. Recuperado de <http://www.worldpackaging.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=1#&panel1-1>
- ONUDI (2004). Small-scale fruit and vegetable processing and products. Production methods, equipment and quality assurance practices. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Versión de 7 de julio de 2019 Recuperado de [disponiblehttp://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Small_scale_fruit_and_vegetable_processing_and_products.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Publications/Pub_free/Small_scale_fruit_and_vegetable_processing_and_products.pdf)
- Potatoes South Africa, (2010). Processing industry. Versión de 16 de marzo de 2019. Recuperado de <http://www.potatoes.co.za/processing-industry.aspx>
- Tefera, T., Kanampiu, F., De Groote, H., Hellin, J., Mugo, S., Kimenju, S., Beyene, Y., Boddupalli, P.M., Shiferaw, B. y Banziger, M. (2011). The metal silo: an effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. *Crop Protection*, 30(3), 240–245. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.015>.
- The Economist Intelligence Unit. Versión de 5 de abril de 2020. Recuperado de <https://foodsecurityindex.eiu.com/Country>

- USDA (2010a). U.S. Potato Statistics, Utilization of U.S. potatoes. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Versión de 5 de enero de 2019. Recuperado de <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1235>.
- USDA, (2010b). Fruit and Tree Nut Yearbook Spreadsheet Files. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Versión de 5 de enero de 2019. Recuperado de <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1377>).
- Westby, A. (2002). Cassava utilization, storage and small-scale processing. Universidad de Greenwich, NRI. Versión de 8 de enero de 2019. Recuperado de http://www.researchintouse.com/nrk/RIUinfo/outputs/R7497_a.pdf