

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y ECONÓMICA DEL SISTEMA
DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE POLLO Y DE HUEVOS EN LA
PROVINCIA DE PICHINCHA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRADOS**

CRISTINA DAYANA GÓMEZ CRUZ

cdgcec@yahoo.com.mx

GRACIELA GEOVANA GORDILLO GORDILLO

gracy.g.g@hotmail.com

Director: Ph.D. Héctor Oswaldo Viteri Salazar

hector.viteri@epn.edu.ec

2017

DECLARACIÓN

Nosotras, CRISTINA DAYANA GÓMEZ CRUZ y GRACIELA GEOVANA GORDILLO GORDILLO, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Cristina Dayana Gómez Cruz

Graciela Geovana Gordillo Gordillo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por CRISTINA DAYANA GÓMEZ CRUZ y GRACIELA GEOVANA GORDILLO GORDILLO, bajo mi supervisión.

Ph.D. Héctor Oswaldo Viteri Salazar

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Nuestro mayor agradecimiento es para Dios por darnos la fuerza de voluntad para alcanzar este logro personal, solo él sabe cuanto nos ha costado pero él mismo ha sido nuestro aliado para conseguirlo.

En el camino que recorrimos desarrollando este trabajo corrimos con la suerte de contar con el apoyo de un sinnúmero de personas que contribuyeron de distintas maneras para que alcanzáramos el objetivo planteado, esta hoja es un reconocimiento de gratitud para cada uno de ellos, queremos agradecer a:

Al Ph.D. Oswaldo Viteri quién nos brindó su apoyo desde un inicio, haciéndonos comprender que el reto era muy grande pero no imposible, sin su dirección este trabajo no se hubiera concretado.

Al Ms.C. Juan Cadillo por entregarnos sus conocimientos y encaminarnos en el proceso investigativo, la experiencia de trabajar en conjunto nos enseñó que a pesar de las adversidades, la determinación hace posible alcanzar los sueños.

Al Ms.C. Freddy Llive quien de manera desinteresada nos apoyo con tiempo y conocimiento para la cristalización del objetivo, nuestro agradecimiento y gratitud para el.

A la Escuela Politécnica Nacional por abrirnos las puertas y permitirnos formarnos como profesionales de excelencia.

A las empresas que entregaron la información requerida para efectuar el trabajo.

DEDICATORIA

El esfuerzo y dedicación que requirió este trabajo se los dedico a los seres que más amo:

A mis padres quienes han sido mi motivación, mi fuerza, mi ejemplo de perseverancia, mi fuente de amor y de sabiduría, mis amigos, protectores, confidentes y consejeros, sin ellos no hubiese sido imposible lograr esta meta.

A mis hermana, a quien admiro profundamente por la fuerza y la tenacidad con la que encara las adversidades.

A Marco, quien con su amor y paciencia me ayudó a mantener mi actitud positiva enfrentando cada inconveniente que encontramos en el desarrollo de este trabajo.

Graciela

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y darme fuerzas para continuar y no decaer. A mis padres, que gracias a sus consejos, amor y motivación, me ha permitido ser una persona de bien. Al amor de mi vida que no es sólo mi esposo sino mi amigo incondicional Galo, gracias por creer en mí, por entenderme y acompañarme en los días difíciles. A mis hijos Matías y Joaquín que son mi razón de ser, gracias por entender que mucho de su tiempo fue dedicado a éste trabajo, comprendiendo que éste esfuerzo es por ustedes. A mis hermanos, Patricio, Fernando, Paulina que me han enseñado que no solo de aciertos es la vida y que cada día se aprende algo nuevo.

Los amo

Dayana

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN	4
1.2.1 FORMULACIÓN	4
1.2.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.4 HIPÓTESIS	6
1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS	7
2 MARCO TEÓRICO	9
2.1 LA PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE CARNE DE POLLO Y HUEVOS	9
2.1.1 PERSPECTIVA MUNDIAL	9
2.1.2 PERSPECTIVA ECUATORIANA.....	14
2.2 ASPECTOS ORGANIZACIONALES DEL SECTOR EMPRESARIAL AVÍCOLA.....	17
2.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR.....	24
2.3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE POLLO	25
2.3.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN HUEVOS DE MESA	29
2.4 LA GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR AVICOLA ECUATORIANO	32

2.5	EL METABOLISMO DE LA SOCIEDAD COMO NOCIÓN PARA UN ANÁLISIS INTEGRADOR.....	37
3	METODOLOGÍA.....	41
3.1	ENFOQUE Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	41
3.3	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	43
3.4	DESCRIPCIÓN DE VARIABLES E INDICADORES.....	46
3.5	ESCENARIOS.....	51
3.6	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	52
4	RESULTADOS.....	54
4.1	REPRESENTACIÓN BIOFÍSICA.....	54
4.2	DETERMINACIÓN DE INDICADORES.....	60
4.3	CONSUMO DE RECURSOS.....	70
4.4	CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA.....	74
4.5	ESCENARIOS.....	77
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
5.1	CONCLUSIONES.....	82
5.2	RECOMENDACIONES.....	84
6	REFERENCIAS.....	86
	ANEXOS.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Producción y consumo de carne de pollo y huevos en el mundo 1961-2013	11
Figura 2.2 Participación de los principales países productores de carne de pollo 1961-2013	12
Figura 2.3 Participación de los principales países productores de huevos 1961-2013.....	12
Figura 2.4 Evolución de la producción de carne de pollo y huevos en el Ecuador 1961-2013	15
Figura 2.5 Evolución del consumo de carne de pollo y huevos en el Ecuador 2000-2013.	16
Figura 2.6 Eslabones en la producción carne de pollo	19
Figura 2.7 Eslabones en la producción huevo de mesa	20
Figura 2.8 Sistemas de acondicionamiento para pollos.....	25
Figura 2.9 Flujo de producción de carne de ave.....	28
Figura 2.10 Sistemas de acondicionamiento para aves ponedoras.....	29
Figura 2.11 Sistemas de recolección de huevos - plantas automatizadas.....	31
Figura 2.12 Flujo de producción de huevo de mesa.....	32
Figura 3.1 Ubicación de la provincia de Pichicha	42
Figura 3.2 Diagrama de Gramática MuSIASEM caso de estudio producción de huevo ...	45
Figura 3.3 Diagrama de Gramática MuSIASEM caso de estudio producción carne de pollo	46
Figura 4.2 Caracterización biofísica del proceso de producción de carne de pollo	58
Figura 4.3 Caracterización biofísica de la producción de huevo de mesa.....	59
Figura 4.5 Representación del consumo de agua para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.....	62
Figura 4.6 Representación del consumo de energía para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.....	63
Figura 4.7 Representación del consumo de energía fósil requerido para producir un Kg de alimento balanceado utilizado en la producción de carne de pollo y huevo de mesa	65
Figura 4.8 Representación del consumo de alimento balanceado para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo	66

Figura 4.9 Representación del tiempo en horas dedicado por la actividad humana para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.....	68
Figura 4.10 Representación de superficie en m ² requerida por el ave para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.	69
Figura 4.11 Porcentaje de consumo de agua por cada alimento en estudio a lo largo de su cadena de producción, año 2012.....	70
Figura 4.12 Porcentaje de consumo de energía por cada alimento en estudio a lo largo de su cadena de producción, año 2012.....	71
Figura 4.14 Caracterización económica en la producción de carne de pollo	75
Figura 4.15 Caracterización económica en la producción de huevo de mesa	76
Figura 4.17 Posible escenario de consumo de recursos para producción de carne de pollo y huevo de mesa para la provincia de Pichincha en 2035	78
Figura 4.18 Posible escenario de consumo de recursos para producción de carne de pollo y huevo con nueva dieta en la población de Pichincha en 2035.....	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Producción de carne de pollo a nivel mundial (millones de toneladas)	13
Tabla 2.2 Tipos de integración vertical	21
Tabla 2.3 Patrón alimentario durante el ciclo de vida del pollo por día.....	26
Tabla 2.4 Características físicas del huevo de acuerdo a normativa INEN.....	31
Tabla 2.5 Clasificación ambiental de las actividades avícolas en estudio de acuerdo al Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (C.C.A.N) - Ecuador	35
Tabla 3.1 Variables de investigación según los principios del MuSIASEM	47
Tabla 3.2 Indicadores de la investigación	49
Tabla 4.1 Cantidad de energía aportada diariamente por el consumo de cada gramo del alimento en estudio, año 2012	55
Tabla 4.2 Pérdidas registradas a lo largo de la cadena de producción de huevo de mesa y carne de pollo, año 2012.....	57
Tabla 4.3 Consumo total anual de huevos de mesa y carne de pollo en la provincia de Pichincha	61
Tabla 4.4 Comparación acerca de la cantidad de alimento balanceado requerido para producir 1Kg de carne de pollo o 1 Kg de huevo con datos de literatura	67
Tabla 4.5 Valores de consumo de plaguicidas y fertilizantes requeridos para la producción de maíz, año 2012.....	72
Tabla 4.6 Total de horas trabajadas por cada alimento en estudio a lo largo de su cadena de producción, año 2012	73

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Estimación de consumo de recursos para producción de carne de pollo y huevos año 2012.

Anexo B: Consumo de carne de pollo y huevos en la provincia de pichincha año 2012.

Anexo C: Recursos utilizados en la empresa de estudio para producción de carne de pollo para 2012

Anexo D: Recursos utilizados en la empresa de estudio para producción de huevo de mesa para 2012.

Anexo E: Proyección de uso de recursos en la empresa de estudio para producción de carne de pollo en 2035 con la misma dieta de 2012 para la provincia de Pichincha.

Anexo F: Proyección de uso de recursos en la empresa de estudio para producción de huevo de mesa en 2035 con la misma dieta de 2012 para la provincia de Pichincha.

Anexo G: Proyección de uso de recursos en la empresa de estudio para producción de carne de pollo en 2035 con dieta de Brasil 2012.

Anexo H: Proyección de uso de recursos en la empresa de estudio para producción de huevo de mesa en 2035 con dieta de Brasil 2012.

Anexo I: Caracterización económica producción de carne de pollo en 2012.

Anexo J: Caracterización económica producción de huevo de mesa en 2012.

RESUMEN

La producción de carne de pollo y de huevos se ha convertido en una pieza fundamental en la economía y en la seguridad alimentaria del país, es así que el sector avícola es un importante generador de empleos directos e indirectos, y sus productos constituyen una de las principales fuentes abastecedoras de nutrientes de origen animal. La producción de estos alimentos tiene gran relevancia, sin embargo debido al número y cantidad de recursos naturales que se hallan involucrados dentro de los procesos productivos, se les atribuye un significativo impacto ambiental y socioeconómico.

Esta investigación con la aplicación de la Metodología MuSIASEM, muestra el panorama actual y la proyección futura de los impactos que generarán las actividades relacionadas en la producción de los dos alimentos en estudio.

Uno de los resultados de este trabajo investigativo muestra que hasta el momento la demanda del consumo de carne de pollo ha sido plenamente satisfecha con la producción dentro de la provincia de Pichincha, no así la demanda de huevo de mesa, que ha requerido el ingreso de producto proveniente de otras provincias. Así mismo, la caracterización económica estima el grado de rentabilidad de las dos líneas de negocio, siendo la producción de carne de pollo la que más ganancia genera, sin embargo ésta puede incrementarse sustancialmente con la optimización de recursos que van ligadas al cambio de uso de tecnología actual, con tecnología moderna.

Las proyecciones de crecimiento de la población van sujetas a un incremento en la demanda de alimentos, razón por la cual en los próximos años se ejercerá una fuerte presión en el consumo de recursos naturales necesarios para satisfacer esta demanda, volviéndolos insostenibles en el tiempo.

Palabras clave: Carne de pollo, huevo de mesa, MuSIASEM, caracterización, biofísica, metabolismo social, metabolismo económico.

ABSTRACT

The production of poultry meat and eggs has become a cornerstone in the economy and food security of the country, so that the poultry sector is an important generator of direct and indirect jobs, and their products are one of the main supply sources of nutrients of animal origin. The production of these foods is of great importance, however due to the number and quantity of natural resources that are involved in the production processes are attributed a significant environmental and socioeconomic impact.

This research with the application of the methodology MuSIASEM shows the current situation and the future projection of the impacts that will generate activities in the production of both food study.

One of the results of this research shows that so far the demand of consumption of chicken meat has been satisfied with the production in the province of Pichincha, not the demand for eggs, which required income product from other provinces. The economic characterization estimates the degree of profitability of the two business lines, with the production of chicken meat which more profit generated, however this can be increased substantially with the optimization of resources that are linked to use change current technology, with modern technology.

Projections of population growth are subject to an increase in demand for food, why in the coming years a strong pressure on the consumption of natural resources shall be exercised to meet this demand, making them unsustainable over time.

Keywords: Chicken meat, eggs, MuSIASEM, characterization, biophysics, social metabolism, economic metabolism.

1 INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la producción de huevos de mesa y de carne de pollo tiene una tendencia creciente, este hecho es motivado principalmente por un mejor bienestar socioeconómico y por un aumento poblacional. Además, la relevancia de este sector como actividad económica ha impulsado su investigación. En este sentido, en el país existen numerosos estudios científicos enfocados en la instalación de centros de producción de huevo de mesa y carne de pollo, y en propuestas para la mejora de la producción. No obstante, ello ha significado una limitación en la valoración integral de la cadena productiva, porque deja de lado la gestión y preservación de los recursos naturales (aspecto biofísico).

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación pretende complementar estas investigaciones pero desde una propuesta holística, es decir que considere los aspectos más importantes para un desarrollo sustentable: el económico, el ambiental, el social y el demográfico. De esta manera, se quiere introducir al lector a entender a los sistemas socioeconómicos y ecológicos como sistemas integrados y complejos.

En este primer capítulo se presenta los elementos claves de la investigación, como son: las preguntas que se pretende responder con este estudio, los objetivos, la hipótesis, la justificación y su estructura.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo al Artículo 281 de la Constitución Política del Ecuador, “la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”(Asamblea Nacional Constituyente, 2008). Ello supone conocer

la disponibilidad de recursos (agua, energía, alimentos, suelo, etc.) y la conexión entre ellos para manejarlos adecuadamente. Esto hace evidente que cada uno de ellos no puede ser considerado de manera aislada sino que, más bien, debe ser tratado como un sistema integrado.

Sin embargo, la visión crematística bajo la cual están enfocados los sistemas de producción de alimentos ha dejado de lado el aspecto biofísico. Este hecho genera un estado de latente vulnerabilidad en la sostenibilidad de estos sistemas y en la seguridad alimentaria de los ciudadanos.

Dentro de estos sistemas, la producción de carne de pollo y de huevos se ha convertido en una pieza fundamental en la economía y en la seguridad alimentaria del país. Esto se debe, en el ámbito económico, a que es una actividad generadora de empleos directos e indirectos (Agro, 2013). Por ejemplo, Orellana (2014b) estima que alrededor de 104.000 productores maiceros, 4.200 agricultores sojeros, 333 fábricas de alimentos balanceados, alrededor de 100 acopiadores formales de maíz y 1.567 planteles avícolas están involucrados en la producción avícola.

En cambio, en el ámbito de la seguridad alimentaria se ha convertido en uno de los principales abastecedores de nutrientes de origen animal. Por ejemplo, en el caso de la carne de ave su aportación energética pasó de 4 kcal/persona/día en el año 1961 a 94 kcal/persona/día en el 2011; mientras, en el caso de los huevos pasó de 6 kcal/persona/día en 1961 a 27 kcal/persona/día en 2011 (FAO, 2015). Adicionalmente, el consumo de estos productos contribuye a la ingesta de proteínas de alta calidad y de otros nutrientes esenciales para una vida sana. Por ejemplo, un huevo de 62 gramos puede contribuir con el 68% de la ingesta diaria recomendada de vitamina B12, con el 10% de la vitamina A y con el 5% de la vitamina E (M. A. Carbajal, 2005).

A pesar de la importancia de la producción de carne de pollo y de huevos, también se les atribuye un significativo impacto ambiental por su alto consumo de energía, agua y suelo (de Vries y de Boer, 2010). Por ejemplo, en el consumo energético, para la producción de 1 kcal de proteína procedente del consumo de la carne de pollo se tienen que invertir alrededor de 4 kcal provenientes de energía fósil y para la producción de 1 kcal de proteína proveniente del consumo de huevos se tienen que invertir 39 kcal provenientes de la energía fósil (Pimentel y Pimentel, 2008). Respecto al consumo de agua, para producir 1 kg de carne de pollo se tienen que invertir 4.300 litros de agua y para producir 1 kg de huevos se tienen que utilizar 3.300 litros de agua (Mekonnen y Hoekstra, 2010).

Lo anterior implica el desafío de encontrar un equilibrio entre los aspectos económicos, nutricionales y ambientales, que de no alcanzarse pondría en riesgo la estabilidad del país. Especialmente, si se toma en cuenta que la demanda de estos productos está aumentando (Alexandratos y Bruinsma, 2012; Delgado, 2005).

Esta situación muestra la estrecha relación entre el aspecto económico y el aspecto biofísico de la producción de carne de pollo, producción de huevos, y la seguridad alimentaria. Por lo tanto, se hace indispensable implementar un plan de desarrollo sostenible para este sector. Razón por la cual esta investigación se enfocará en la búsqueda de un equilibrio entre los aspectos antes mencionados, lo que amerita contar con una caracterización de estos sistemas de producción que incluya de manera integral variables económicas, sociales y biofísicas.

Sin embargo, realizar una caracterización de tal magnitud requiere de un conjunto de medios económicos, humanos y logísticos, que en muchos casos, son muy limitados. No obstante, plantear un estudio en la zona con mayor producción,

como es el caso de la provincia de Pichincha, es el primer paso hacia la consecución del objetivo planteado.

1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN

1.2.1 FORMULACIÓN

¿Cómo una caracterización biofísica y económica de la producción de carne de pollo y de huevos en la provincia de Pichincha puede servir como insumo para la elaboración de un plan de desarrollo sostenible de este sector económico?

1.2.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Cómo afecta a la gestión de la producción de carne de pollo y de huevos en la provincia de Pichincha el no contar con información que revele la importancia de los recursos involucrados en el desarrollo de sus actividades?
- ¿Qué etapa de la producción de carne de pollo y de huevos es la que tiene mayor demanda de recursos?
- ¿Cómo las caracterizaciones biofísicas y económicas pueden ser utilizadas como herramienta para la optimización del proceso productivo de estos alimentos?
- ¿Qué agente involucrado en la producción de carne de pollo y de huevos es el que tiene el mayor margen de ganancia en la cadena de valor?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización biofísica y económica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos como instrumento de información para la toma de decisiones hacia un desarrollo sostenible del sector avícola de la provincia de Pichincha.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Desarrollar indicadores que permitan mostrar la eficiencia del uso de recursos, en los sistemas de producción de carne de pollo y de huevos de la provincia de Pichincha.
2. Establecer de manera cuantitativa los recursos utilizados y la cadena de valor en los sistemas de producción de carne de pollo y de huevo de la provincia de Pichincha.
3. Establecer como la caracterizaciones económicas y biofísicas pueden ser utilizadas para la optimización de los procesos productivos de carne de pollo y de huevos de la provincia de Pichincha.
4. Identificar el agente involucrado dentro de los sistemas de producción de carne de pollo y huevos que recibe el mayor margen de ganancia.

1.4 HIPÓTESIS

La caracterización biofísica y económica sirve para identificar las limitaciones y las condiciones de los recursos en el proceso de producción de carne de pollo y de huevos.

1.5 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Como se comentó anteriormente, el sector avícola ecuatoriano juega un rol importante en la economía y seguridad alimentaria del país. A pesar de ello, la industria avícola es una actividad dinámica y muy sensible a lo largo de toda la cadena (Saavedra, 2006). Por ello centra su atención en la búsqueda de alternativas que permitan acrecentar su volumen de producción al menor costo posible. Sin embargo, no existe una proyección de crecimiento considerando el impacto que éste genera en la utilización de los recursos -agua, suelo, alimento, mano de obra, energía, etc.- involucrados en cada una de las fases productivas.

Por este motivo, se hace indispensable realizar una caracterización biofísica y económica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos, la cual permitirá dilucidar cuales son las posibles debilidades que tiene este sistema, su requerimientos de recursos y su cadena de valor.

De este modo, la presente investigación tiene una justificación práctica, pues aportará, en primer lugar, a completar el vacío que han dejado las investigaciones enfocadas a este tema que únicamente se han basado en el aspecto económico dejando de lado el aspecto biofísico (consumo de agua, energía, actividad humana, suelo, alimentos). En segundo lugar, identificar los cuellos de botella del sistema en estudio (por ejemplo, el causado por los insumos importados) y, finalmente, generar información a través de indicadores que faciliten el diseño de políticas y estrategias orientadas a la sostenibilidad del sistema.

1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Para cumplir con los objetivos propuestos, el trabajo de investigación estará dividido en cinco capítulos tomados desde el capítulo actual (Introducción) que abarca el planteamiento del problema, formulación y planteamiento del problema, objetivos, hipótesis y justificación.

A continuación una breve descripción de los temas que serán tratados en cada uno de los siguientes capítulos:

- **El capítulo II: Marco Teórico**, tiene como propósito poner a disposición del lector información relevante que le permita comprender y conocer la importancia del sector avícola a nivel global, y contrastarlo con la situación actual de éste sector en el Ecuador, sus implicaciones y afectaciones en los recursos socio-ambientales como el agua, suelo, energía, mano de obra, etc. También, se describe los procesos productivos de huevo de consumo y de carne de pollo. Todo esto a fin de crear un enfoque explicativo de la investigación realizada.
- **El capítulo III: Metodología**, contiene una descripción del área de estudio y las fuentes de información. Además, se proporciona una breve introducción al Análisis Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM por sus siglas en inglés) que será la metodología aplicada, la elección de este enfoque se justifica en que puede integrar coherentemente variables económicas, ambientales, nutricionales y demográficas en una misma representación.
- **En el capítulo IV: Resultados**, se realizará una descripción e interpretación de los resultados obtenidos en la investigación, y se documentará la información conseguida en campo y la generada a partir de

la utilización de la metodología MuSIASEM, para la realización de las dos caracterizaciones, con lo que se dará cumplimiento a los objetivos propuestos.

- **En el capítulo V: Conclusiones y recomendaciones**, se presentarán las conclusiones y las recomendaciones pertinentes, analizando las relaciones de sostenibilidad de los sistemas socioeconómicos-ecológicos como guía para generar cambios relevantes en éste tipo de industrias.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 LA PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE CARNE DE POLLO Y HUEVOS

2.1.1 PERSPECTIVA MUNDIAL

Según las evidencias arqueológicas encontradas en China, se ha podido datar la presencia de gallinas domesticadas desde hace 8.000 años. Aunque, no hay pruebas suficientes para afirmar que este lugar sea el origen de la domesticación. Esto se debe a que existe, también, la posibilidad de que este proceso se pudo dar de manera separada en distintos lugares, tales como la India o África (Alders, 2005).

La expansión de esta actividad hacia Europa occidental, se cree, fue realizada por las tribus nómadas que la trajeron desde Asia. Sin embargo, fueron los Celtas quienes promovieron su propagación, mediante los asentamientos humanos que iban estableciendo en sus conquistas (Alders, 2005; Inprovo, 2015). A su vez, la facilidad de su crianza y traslado hicieron de las gallinas una fuente alimenticia idónea –ya sea por su carne o su puesta de huevos–para las travesías marítimas. Este hecho se puede contrastar con la introducción de esta especie en América por parte de Cristóbal Colón (Abad, 1996).

En un primer momento, las aves de corral fueron consideradas como animales de traspatio; siendo, por lo tanto, una actividad netamente familiar y de baja productividad. Por ejemplo, en la época colonial se estima que la producción por animal era de 30 huevos/año, mientras que en tiempos actuales la producción es de aproximadamente 275 huevos/año (Abad, 1996; Rollin, 2011).

Pero, en las últimas décadas, los procesos de producción se fueron optimizando y la producción acrecentando por el impulso de una mayor demanda mundial de alimentos de origen animal, la cual fue motivada por el crecimiento

poblacional, el proceso de urbanización y la mejora de los ingresos económicos de la población (Delgado, 2005).

En la Figura 2.1 se aprecia claramente este crecimiento tanto de la producción como de la demanda. Así pues, la producción de carne de pollo pasó de 7,6 millones de toneladas en el año 1961 a más de 96 millones de toneladas en el 2013 (FAO, 2015), es decir que en poco más de cincuenta años la producción aumentó en más del 1.000%. Mientras, la producción de huevos pasó de 14 millones de toneladas en 1961 a 68 millones de toneladas en 2013 (FAO, 2015), en este caso la producción aumentó en más del 350%.

Asimismo, se puede apreciar que en la década de los noventa del siglo pasado existe un punto de inflexión entre la producción de huevos y la carne de pollo. En primer lugar, para ese periodo, a nivel mundial, ya se había logrado un aumento en la capacidad instalada y una integración de los eslabones de la cadena productiva avícola con la finalidad de garantizar el proceso productivo (Tortuero, 2009). En segundo lugar, antes de esa década la producción de huevos era superior a la de carne; sin embargo, después de esa década la situación se invirtió. Esta situación posiblemente se explica en las investigaciones que se realizaron respecto al consumo de huevos y la salud humana. Estas investigaciones recomendaban una reducción del consumo del huevo para disminuir los niveles de colesterol sanguíneo y prevenir las enfermedades cardiovasculares (Hu et al., 1999). También se debe mencionar la recurrente aparición de brotes de salmonelosis que sucedieron en algunos países como España (Tortuero, 2009).

A pesar de estos eventos, el consumo per cápita también se ha visto incrementado. Así pues, el consumo de carne de pollo pasó de 2,46 kg/persona/año en 1961 a 13,38 kg/persona/año en 2013; en cambio, el consumo de huevos pasó de 4,68 kg/persona/año en 1961 a 9,51 kg/persona/año en 2013

(FAO, 2015). Estos cambios representaron una tasa anual de crecimiento del 3,3% y del 1,37% respectivamente.

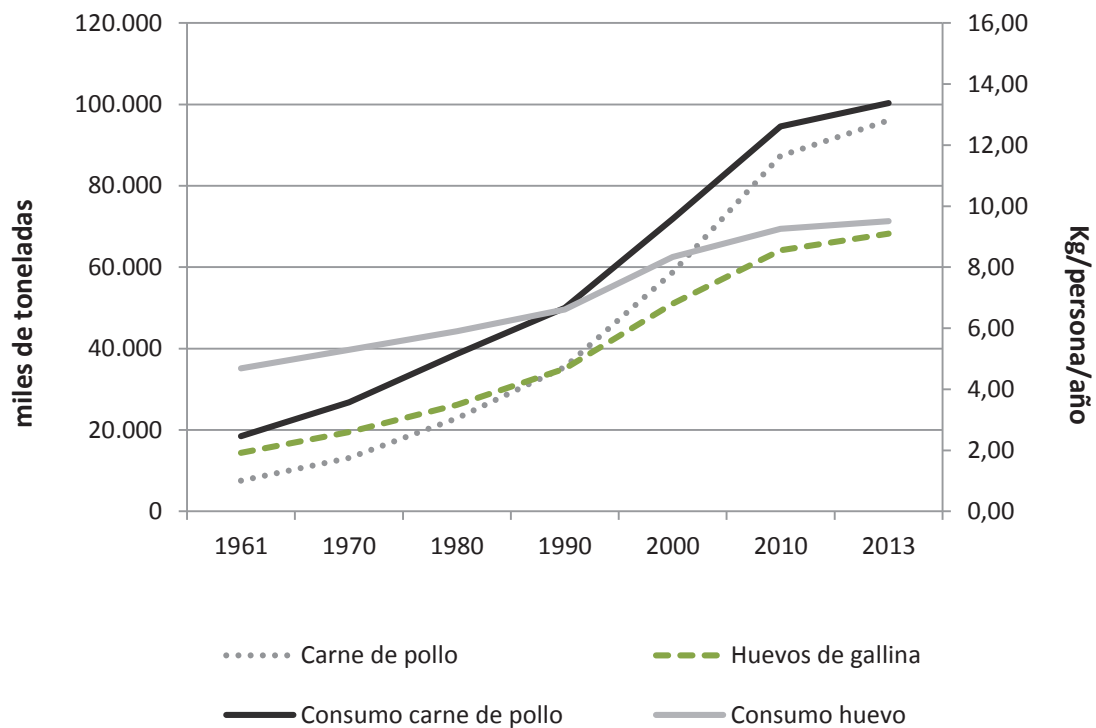


Figura 2.1 Producción y consumo de carne de pollo y huevos en el mundo 1961-2013

Fuente: (FAO, 2015)

Respecto a los principales países productores de carne de pollo, durante el periodo 1961-2013 se observa cambios muy interesantes en la participación mundial (véase la Figura 2.2). Por ejemplo, la participación de Estados Unidos de América se ha visto disminuida del 34% en 1961 a 18% en 2013. Mientras, que otros países han tomado mayor notoriedad, en este sentido, China y Brasil han aumentado su participación del 6% y 2% en 1961 al 14% y 13% en 2013 respectivamente (FAO, 2015).

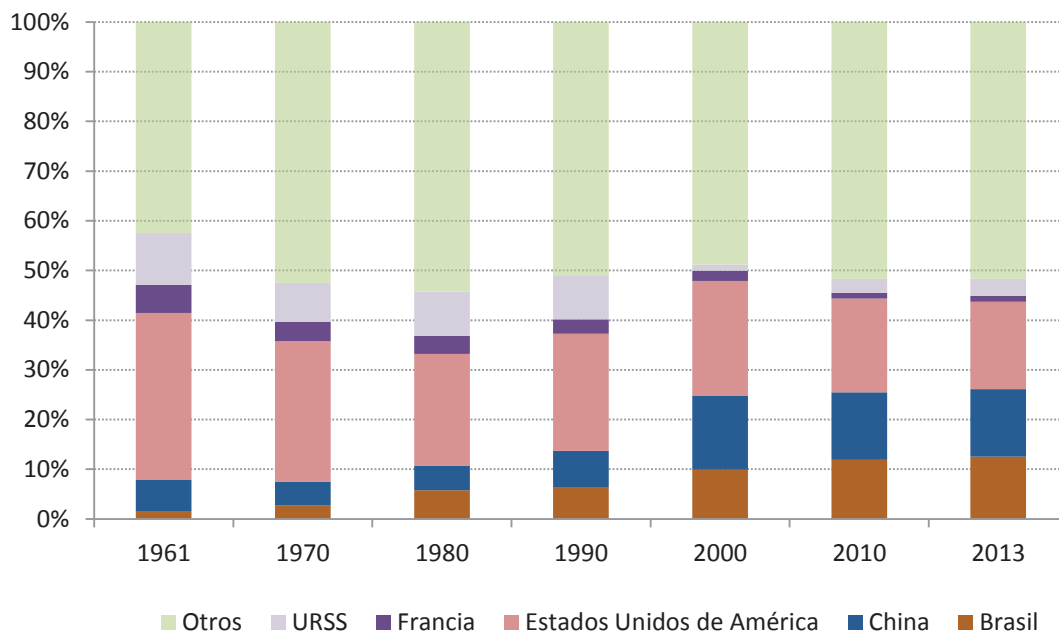


Figura 2.2 Participación de los principales países productores de carne de pollo 1961-2013

Fuente:(FAO, 2015)

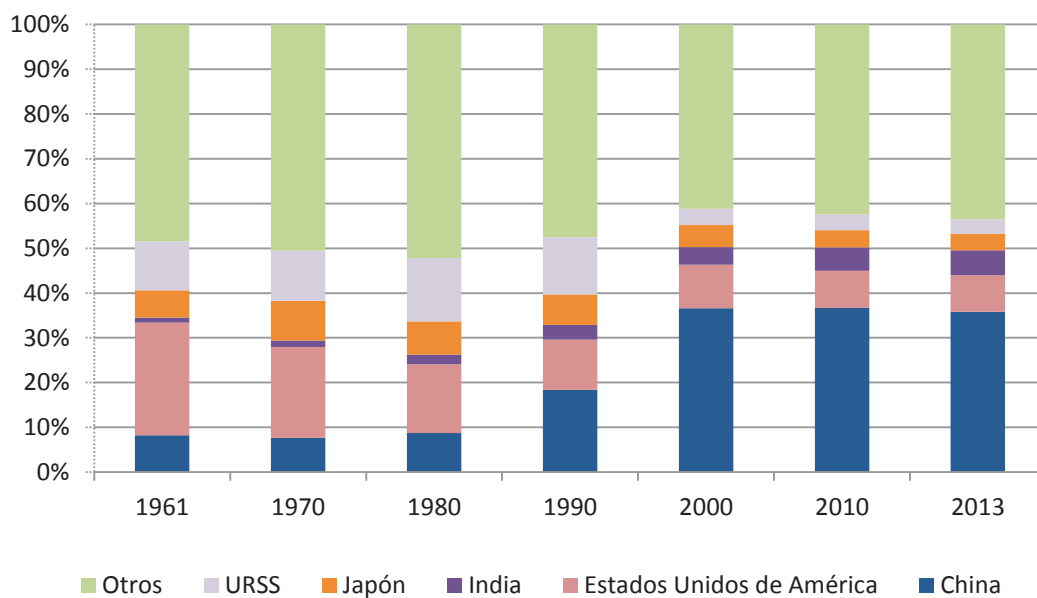


Figura 2.3 Participación de los principales países productores de huevos 1961-2013

Fuente (FAO, 2015)

En cuanto a la producción de huevos, China se ha consolidado como el principal país productor de huevos del mundo, con una participación del 36%. Al igual que sucede con la carne de pollo, la participación de Estados Unidos de América ha descendido del 25% en 1961 al 8% en 2013 (véase la Figura 2.3). Esta evolución del sector avícola¹ ha servido para que algunos autores sugieran que los países del sur se convertirán en los principales abastecedores de estos productos (Garcés, 2002). En esta línea, algunos otros proponen esta situación como una oportunidad para que los países de América tomen un rol más relevante en el mercado avícola mundial (El Sitio Avícola, 2015). El argumento para esta propuesta son los valores de producción de carne de pollo categorizado por continente, según se aprecia en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Producción de carne de pollo a nivel mundial (millones de toneladas)

Región	2010	2011	2012	2013	2014
África	4,5	4,6	4,6	4,8	4,9
América	38,6	39,8	40,1	40,5	41,3
Asia	29,2	29,9	31,4	31,6	31,4
Europa	13,9	14,6	15,4	15,9	16,3
Oceanía	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4

Fuente: El Sitio Avícola (2015)

Sin embargo, la avicultura en la mayoría de países de América Latina, con excepción de Brasil y México, es una actividad poco competitiva a nivel mundial, por lo que sería necesaria una importante inversión económica para lograr su tecnificación, una mayor investigación científica para adecuar los sistemas de producción a las condiciones ecológicas y un adecuado protocolo de acción de protección ambiental (Medio ambiente y avicultura en América Latina, 2014).

¹El sector avícola además de la carne de pollo y huevos incluye productos de otras especies aviarias, sin embargo, estas últimas no tienen una representación importante a una escala mundial.

En el futuro se espera que la producción avícola continúe con esta tendencia creciente. Por ejemplo, algunos estudios señalan que en el 2050 la demanda de carne de ave aumentaría hasta los 143 millones de toneladas y la de huevos aumente hasta los 102 millones de toneladas (Alexandratos y Bruinsma, 2012), lo cual estará motivado por a) una mejora en las condiciones económicas de los países en desarrollo b) porque frecuentemente su precio al consumidor es menor al de otras carnes y c) por ver a la carne de pollo como una opción de fuentes de proteínas ante la difusión de investigaciones científicas que sugieren riesgos en la salud por la ingestión de carnes rojas (Carrie et al., 2011; OMS, 2015)

2.1.2 PERSPECTIVA ECUATORIANA

En el Ecuador, la producción avícola empieza en las décadas de los cuarenta y cincuenta del siglo pasado con la importación de las primeras especies reproductoras –Rhode, Island Red, Plymonich y New Hampshire, la cual tenía como objetivo reducir la importación de huevos con pollitos que en ese entonces resultaban costosos (Narvaez, 2001 citado por Herrera, 2003 pág. 7).

Según lo explicado en el apartado anterior, la optimización de los procesos de producción avícola en el Ecuador ha ido acorde con la tendencia mundial, lo cual ha conducido a un incremento de la producción de estos alimentos que obedece al impulso proporcionado por el aumento de la demanda generada a partir del “boom petrolero” (años 70-80); convirtiéndose, en la actualidad, en productos de la dieta cotidiana de todo estrato social. En la Figura 2.1 se observa cómo en el Ecuador la producción de carne de pollo y de huevos aumentó considerablemente, teniendo como punto de quiebre la década de los ochenta. Así pues, la producción de carne de pollo pasó de 4.500 toneladas en 1961 a 340.000 toneladas en 2013, reflejando así una tasa de crecimiento anual del 9%. Mientras que la producción de huevos pasó de 8.030 toneladas en 1961 a 140.000 toneladas en 2013, teniendo una tasa de crecimiento anual del 6%(FAO, 2015).

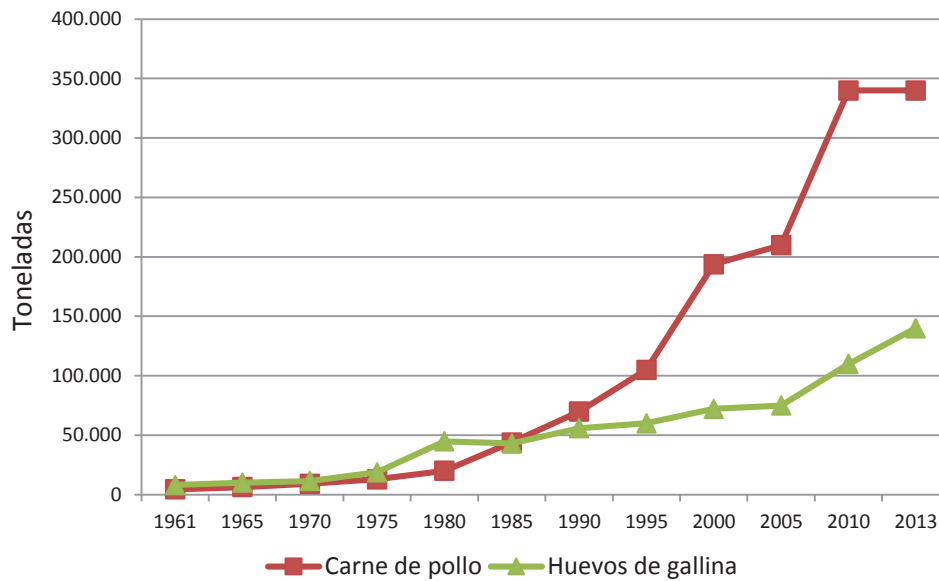


Figura 2.4 Evolución de la producción de carne de pollo y huevos en el Ecuador 1961-2013

Fuente: (FAO, 2015)

A pesar de este crecimiento, el impacto de la producción avícola ecuatoriana en el contexto mundial es insignificante. Pero, dentro de América Latina es el sexto país con mayor consumo de estos productos (Orellana, 2014b). En la Figura 2.5 se aprecia el incremento del consumo de carne de pollo y de huevos, aunque en el 2013 se ve una ligera disminución del consumo de huevos. Sin embargo, es indispensable evaluar los próximos años para tener una mayor certeza de esta tendencia.

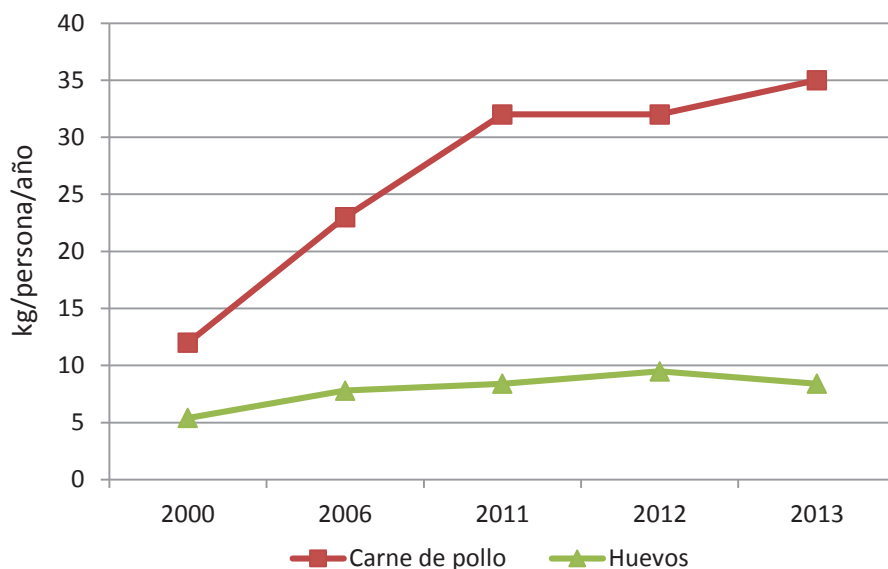


Figura 2.5 Evolución del consumo de carne de pollo y huevos en el Ecuador 2000-2013

Fuente: (Orellana, 2014a)

En el ámbito territorial, es lógico que los centros de crianza se ubiquen cerca a los principales mercados de abastecimiento, porque es una manera de que los productores optimicen sus beneficios económicos. En consecuencia, se puede señalar que en las provincias con mayor número de habitantes se encuentren los mayores centros de producción. Tal como lo muestran los datos de producción de carne de pollo, en donde Pichincha genera en promedio el 38%, Guayas el 32%, Manabí 14%, Azuay 4% y el resto del país 12%; mientras que en huevos, Pichincha produce el 40%, Manabí el 26%, Tungurahua el 20% y Guayas el 14%. (Orellana, 2014a). De este modo, se aprecia que Pichincha mantiene el liderazgo de producción del sector avícola. Según el censo avícola del 2006, esta provincia cuenta con el mayor número de granjas productoras de carne (246) y la tercera en el número de avícolas destinadas a la producción de huevo (42).

2.2 ASPECTOS ORGANIZACIONALES DEL SECTOR EMPRESARIAL AVÍCOLA

Conceptualmente, “La estructura organizacional es la forma en que la organización ordena sus actividades para lograr sus objetivos. Es el conjunto de todas las formas en que se divide el trabajo en tareas distintas, consiguiendo luego la coordinación de las mismas” (Hernández, García, & Navarrete, 2006).

En la actualidad, el mundo empresarial debe hacer frente a un proceso dinámico de globalización y a las implicaciones que éste conlleva. Por esta razón, las empresas que buscan mantener armonizado este proceso de integración (que involucra el aspecto político, económico, social, cultural y tecnológico) están obligadas a adoptar estrategias que las conduzcan a nuevas formas de producción y comercialización (Victoria, 2011); las cuales no deben estar únicamente orientadas a la producción de bienes y/o servicios, sino también a que éstos se realicen con altos estándares de calidad con un manejo eficaz y eficiente de sus recursos.

En el ámbito agroproductivo ecuatoriano, el sector avícola constituye uno de los más importantes a nivel nacional por su aporte nutricional en la dieta ecuatoriana, por los puestos de trabajo que genera y por su contribución en el Producto Bruto Interno agrícola. Según el Censo Avícola del año 2006, se contabilizó alrededor de 1.567 productores entre pequeños, medianos y grandes (Orellana, 2014b). Muchos de estos productores han adoptado, en concordancia con lo expuesto en párrafos anteriores, diversas estrategias de carácter local, regional, nacional e internacional con la finalidad de mantenerse competitivos, las cuales les han facilitado reducir sus costos de producción y tener un mejor margen de maniobrabilidad ante la competencia y las fluctuaciones de precios en los productos que ofrecen.

A pesar de ello, este fenómeno de integración económica global repercute de manera directa o indirecta en la actividad económica de este sector. En este sentido, Gonzaga (2011) señala que lo fluctuante de la oferta y la demanda en esta actividad hace que este tipo de negocios sean muy inestables y susceptibles a procesos de especulación, en donde los más fuertes tienen el dominio del mercado.

Respecto a la provincia de Pichincha, no se tiene un dato exacto de cuantos productores de pequeña, mediana o gran escala existen; sin embargo, algunos estudios realizados por (Agrocalidad, 2014), para evaluar el riesgo de la afectación por gripe aviar, contabilizaron sólo en las parroquias de Puellaró, Pifo y Yaruquí 151 granjas dedicadas a la producción de carne de pollo y producción de huevo. Además, en estos mismos estudios indican que alrededor del 20% de las empresas de esta provincia están catalogadas como empresas de mediana y gran escala.

Un aspecto clave para el entendimiento de la estructura organizacional de las empresas de mediana y gran escala es comprender el funcionamiento de las actividades de una organización empresarial, el cual puede ser descrito mediante el modelo teórico de la cadena de valor empresarial (Porter, 1985). Este modelo busca relacionar actividades que son interdependientes y que conllevan a la producción de un bien o servicio final. Asimismo, a cada una de estas actividades se les denomina eslabón y por el hecho de estar relacionadas es que se le denomina cadenas.

El planteamiento de este modelo permite identificar las actividades desde el suministro de materia prima y continua a lo largo de la producción hasta la distribución del producto final al consumidor. El estudio de la cadena de valor proporciona información que facilita comprender el comportamiento de los costos de producción y las fuentes de diferenciación potenciales frente a otras empresas de la misma índole. En el ámbito avícola, se pueden identificar claramente las actividades económicas que están relacionadas en la producción de carne de pollo

y huevos, y que pueden ser descritas dentro del modelo de cadena de valor. Por ejemplo, en el caso de la producción de carne de pollo se contempla la producción de alimento balanceado, la crianza y engorde de los pollos, el faenamiento, la distribución para su venta y el transporte requerido en cada uno de los eslabones. Mientras que en la producción de huevos, está la fase de producción de alimento, la crianza, la postura de huevos, la distribución para su venta y el transporte requerido en cada uno de los eslabones (véase la Figura 2.6 y 2.7).



Figura 2.6 Eslabones en la producción carne de pollo

Fuente: Elaboración propia



Figura 2.7 Eslabones en la producción huevo de mesa

Fuente: Elaboración propia

A partir de la interconexión de las actividades productivas y financieras se han planteado estrategias de cooperación entre los distintos actores para fortalecer su actividad. Una de estas estrategias es la denominada *integración vertical*, cuyo fundamento consiste en la integración de diversas empresas que desempeñan tareas distintas pero que se combinan para satisfacer una necesidad común.

De acuerdo a lo que manifiesta Porter (citado por Zamacona, 2003), “La integración vertical es la combinación de una tecnología de producción diferente que involucra distribución, venta u otros procesos económicos dentro del ámbito de una sola empresa...”. Entonces se puede considerar a la integración vertical como el eslabonamiento de pequeñas y medianas empresas a cadenas productivas, a través del desarrollo de proveedores o de la subcontratación de procesos industriales.

Dentro de esta estrategia se puede reconocer dos variedades: *La integración vertical hacia atrás* que se da cuando una empresa crea o integra subsidiarias que le proporcionan los insumos o suministros para su producción, mejorando así el control del abastecimiento de éstos y reduciendo los costos de producción; y *la integración vertical hacia delante* que se da cuando una empresa crea o integra subsidiarias que distribuyen o venden sus productos con mira hacia los consumidores, facilitando la personalización de la atención y obteniendo un mayor conocimiento acerca de las necesidades que éstos tienen (Tamayo & Piñeros, 2007).

Es necesario mencionar que la integración vertical puede darse de varias formas, tal como se describe en la Tabla 2.2. Su aplicación dependerá del requerimiento o de la actividad dentro de la cadena de valor que la empresa pretenda mejorar.

Tabla 2.2 Tipos de integración vertical

Tipos integración vertical	Característica
Integración plena	Si una empresa se encuentra plenamente integrada hacia atrás, puede satisfacer todas las necesidades de requerimientos de insumos de manera interna, y plenamente integrada hacia delante, es decir capaz de satisfacer la demanda de un determinado producto con sus propios recursos, transformándose en una empresa autosuficiente.

<p>Cuasi integración</p>	<p>No poseen el total dominio de todos los activos en sus cadenas de valor, y se ven obligadas a recurrir a medios que permitan asegurar relaciones estables, ya sea con proveedores de insumos o comercializadores de sus productos.</p>
<p>Integración parcial</p>	<p>Representa una integración sectorizada, ya sea hacia atrás o hacia delante, lo que hace a una empresa parcialmente dependiente de fuentes externas para el suministro de un insumo, o para la entrega de un producto dado.</p>
<p>No integración</p>	<p>Ocurre cuando una empresa puede decidir libremente no integrarse. En estas circunstancias pasa a ser dependiente totalmente de proveedores externos para sus necesidades.</p>

Fuente: (Victoria, 2011)

Hablar de integración vertical obliga necesariamente a hablar de economía de escala. Esta economía facilita la disminución del costo medio a largo plazo, a medida que el volumen de producción se incrementa. Como políticas de las empresas que gozan de este tipo de economía, está por ejemplo la compra al por mayor de insumos a menores precios, y sobre todo la utilización al máximo de sus instalaciones, maquinarias y equipos. (Alonso & Acevedo, 2015)

Como ejemplo representativo de integración vertical y de economía de escala en el sector avícola tenemos a las empresas que cuentan con fábricas productoras de alimentos balanceados. Mantener una empresa con integración vertical requiere sin lugar a duda de una importante inversión de capital, incrementando así los costos fijos de producción y creando la necesidad de mantener un equilibrio entre la capacidad productiva, y la capacidad instalada de la empresa. Para el caso de empresas con integración vertical que cuentan con empresas productoras de alimento balanceado, su capacidad instalada supera grandemente a la cantidad de alimento requerido para cubrir sus necesidades. Por esta razón algunas empresas apalancan sus costos de producción con la venta de alimento balanceado a clientes externos, sean éstos del mismo sector o de otros si así lo precisan (Chirinos, Rodríguez, & Bonomie, 2008).

Las industrias que logran implementar este tipo de integraciones consiguen un ahorro importante en sus costos de producción y un mayor poder de negociación debido a la eliminación de intermediarios. Bajo estas condiciones, el control de costos se convierte en el requisito ineludible para mantener márgenes de ganancia y generar competitividad. Alonso (1996) resume en cinco puntos los beneficios de la integración vertical:

1. *Ejercen control sobre los insumos estratégicos.*
2. *Presencia y control en los canales de distribución.*
3. *Manejo de capital productivo, comercial y financiero.*
4. *Adquirir tecnología foránea.*

5. *Defender políticas económicas que les permiten conservar y ampliar su posición estratégica.*

Como ejemplos de empresas que desarrollan sus actividades con integración vertical en Ecuador tenemos:

- En el sector avícola a la Procesadora Nacional de Alimentos (PRONACA) empresa dedicada a la producción y distribución de productos alimenticios.
- HOLCIM ECUADOR y LAFARGE CEMENTOS empresas representativas en el sector de la construcción, quienes registraron en el periodo 2000-2009 una participación en el mercado ecuatoriano un promedio de 64% y 19% respectivamente, con una tasa de crecimiento en ese mismo periodo de 110% y 86% en su orden. En los dos casos son filiales de las dos industrias cementeras más rentables del mundo, las cuales presentan una importante integración vertical, que permite inferir el grado en que cubren el espectro total de las fases de la cadena productiva y la distribución del cemento (Torres, Tandazo, & Ordoñez, 2012).
- GRUPO NOBOA, conformado por la Corporación Noboa y por el Consorcio Nobis, quienes controlan 38 empresas entre las que sobresalen la producción de fertilizantes y agroquímicos, el cartón para cajas, aviones para las fumigaciones, flotas de camiones y la naviera bananera, en una integración vertical que le permite pagar un bajo precio a los productores e imponer sus condiciones en todos los órdenes (Flores, 2010).

2.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN EN EL ECUADOR

Las grandes empresas avícolas en la actualidad desarrollan sus actividades en instalaciones especializadas, mejor equipadas, haciendo más eficiente su funcionamiento. El uso de equipos automatizados sin lugar a duda permite realizar un control minucioso en cada fase del proceso productivo, sea éste el de producción de carne de pollo o el de huevo de mesa.

2.3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARNE DE POLLO

2.3.1.1 Acondicionamiento de instalaciones

Para la recepción de aves, es necesario preparar las instalaciones a fin de que cumplan con las condiciones que el ave requiere. Para ello, se realiza el *acondicionamiento de los galpones*, el cual comprende actividades de limpieza, desinfección, vacío sanitario, preparación de la cama², distribución de los comedores, bebederos, y puesta a punto de la calefacción.

2.3.1.2 Recepción de aves

Los pollos de un día de vida (también llamados pollo BB), son descargados de camiones que reúnen las características para evitar el estrés del animal. Posteriormente, son colocados dentro de las instalaciones ya sea en jaulas o directamente sobre naves o galpones acondicionados como se muestra en la Figura 2.6.



Figura 2.8 Sistemas de acondicionamiento para pollos

Fuente: Elaboración propia

² Para la preparación de la cama se utiliza cascarilla de arroz o viruta previamente desinfectada.

En esta fase se realizan controles de peso, homogeneidad y de estado sanitario del ave. Además, se aplica la regla del “todo entra y todo sale”, es decir que en esta fase ingresan un mismo grupo de animales que se mantiene hasta el final; evitándose así el ingreso de animales de distintos grupos. La finalidad de esta regla es evitar la aparición de enfermedades que puedan afectar a la población aviar total.

2.3.1.3 Etapa de crecimiento y engorde

Esta fase es considerada la más delicada del proceso, comienza desde el día 14 y se extiende hasta el día 30 o 35. El corto ciclo de vida de este animal hace posible que esta etapa sea rápida. Se estima que el tiempo requerido para que el pollo alcance el peso óptimo para su beneficio es de 6 a 8 semanas. Esto ocasiona que la densidad poblacional cambie aceleradamente y, por lo tanto, se haga imprescindible realizar un estricto manejo sanitario y alimentario, es decir debe atenderse cuidadosamente las necesidades de alimentación, hidratación y ventilación del ave. La etapa finaliza cuando el pollo alcanza el peso para su comercialización (2,5 kg/pollo).

Para el sistema de alimentación del ave se considera una dieta específica según se menciona en la

Tabla 2.3 Patrón alimentario durante el ciclo de vida del pollo por día

Fases	Periodo que comprende	Consumo de alimento por pollo
1	1 día hasta los 10 días	40 g
2	Día 11 hasta el día 22	86 g
3	Día 22 hasta el día 32	130 g
4	Hasta más de 50 días	200g

Fuente: (Junta de Andalucía, 2012)

En los centros de producción generalmente se realizan de 5 a 6 ciclos al año. No obstante, esto dependerá de: a) si hay o no separación entre sexos, b) del peso vivo previsto, c) del número de días que el galpón permanezca en limpieza y espera (vacío sanitario que normalmente dura entre 10 y 15 días), d) de la calidad del manejo del galpón y e) del control ambiental (que a su vez, depende de la calidad técnica que presente el galpón en cuanto a infraestructura).

2.3.1.4 Etapa de faenamiento

Esta etapa comprende el traslado del animal desde la granja hasta su sacrificio. Es importante señalar que, como paso previo al faenamiento, los animales deben cumplir un ayuno de 8 a 12 horas. De esta manera, se evita la acumulación de alimento en los intestinos y el desperdicio de alimento no asimilado. Sin embargo, no se restringe el consumo de agua, ya que así se evita la deshidratación y la pérdida de peso que afectan negativamente al rendimiento del producto (Cruz, 2012).

Dentro de esta etapa se llevan a cabo las siguientes actividades:

- *Recolección de las aves del galpón:* para ello el operario, como método de captura junta las alas del pollo hacia el cuerpo del animal, de este modo se evita que aletee y se ocasione lesiones o traumatismos. Posteriormente, se introducen las aves dentro de jaulas, las cuales son apiladas en columnas dentro del camión en el que serán transportadas, manteniendo entre ellas el espacio adecuado para el movimiento interno de las aves y suficiente aireación. Las jaulas apiladas en la parte central de la plataforma requieren de mayor cuidado para evitar el hacinamiento de las aves y su posible muerte por asfixia.
- *Recepción de las aves:* los animales que son transportados hasta la planta de faenamiento no son descargados sino hasta el momento de ser sacrificados.

Este procedimiento evita el estrés de los animales que podría incrementar su ritmo cardíaco, y consecuentemente el desangre de los mismos en la línea del proceso. Para un proceso de faenamamiento efectivo, se recomienda que los animales reposen entre 15 y 20 minutos antes de ser sacrificados (Cruz, 2012).

- *Sacrificio*: después del período de espera los pollos son llevados en sus respectivas jaulas hasta la línea de matanza. Una vez ahí, los pollos son introducidos cabeza abajo en unos conos que poseen un orificio en la parte inferior. De este modo, la cabeza del animal y el pescuezo quedan expuestos, facilitando así el degollamiento y su desangrado. En términos operativos, este proceso dura entre 1,5 y 3 minutos.
- *Escaldado y desplumaje*: después que el ave ha sido desangrado, el cuerpo se sumerge en agua caliente (50 - 52°C), por un tiempo de 2 a 2,5 minutos con la finalidad de facilitar el proceso de desplumaje.
- *Eviscerado*: consiste en la extracción de las menudencias (o vísceras) de la cavidad gastrointestinal del ave y en el lavado del resto del cuerpo. Estas menudencias son divididas en desechos comestibles (cabeza, pescuezo, patas, molleja, corazón e hígado), y no comestibles (buche, proventrículo, intestinos, vesícula biliar, pulmones y páncreas).

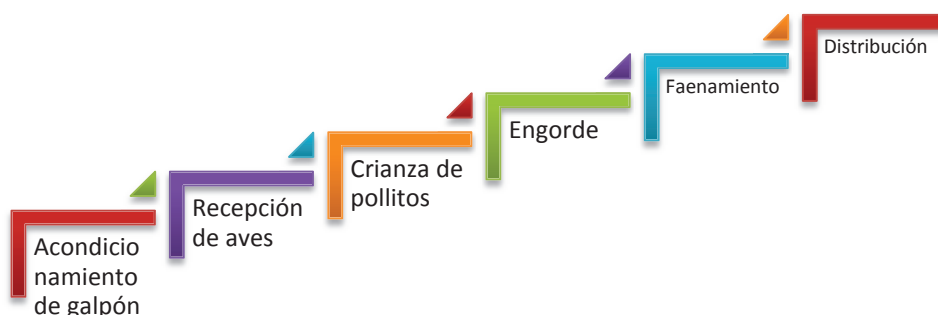


Figura 2.9 Flujo de producción de carne de ave

Fuente: (Junta de Andalucía, 2012)

2.3.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN HUEVOS DE MESA

2.3.2.1 Etapa de crianza aves de postura

Esta etapa empieza con la compra y crianza de las pollitas de un día de nacidas, las cuales son distribuidas en la granja en jaulas metálicas y permanecen allí por un período de 17 semanas o hasta que hayan alcanzado su madurez sexual y estén aptas para pasar a la etapa de postura.



Figura 2.10 Sistemas de acondicionamiento para aves ponedoras

Fuente: Elaboración propia

Durante los siete primeros días de vida del ave se controla estrictamente la temperatura, el alimento y el agua. Los tres factores son esenciales para el bienestar y desarrollo del ave. A los 10 días se realiza el proceso de despique, que consiste en cortar el pico de las aves para evitar el canibalismo entre ellas.

En los centros de producción generalmente se realizan de 2 a 3 ciclos al año. No obstante, esto dependerá de: a) el número de días que el galpón permanezca en limpieza y espera (vacío sanitario que normalmente dura entre 10 y 15 días), y b) la capacidad de producción (Junta de Andalucía, 2012).

2.3.2.2 Etapa de postura de aves

Esta etapa comprende el traslado del animal desde la granja de crianza hasta la granja de postura. En esta última granja los animales permanecen en jaulas metálicas desde la semana 17 hasta la semana 80. Igualmente, se lleva un estricto control de tres variables que interactúan entre sí, sumando o restando en el resultado final de producción de huevo de la gallina. Estas son:

1. Alimentación
2. Infraestructura y medio ambiente
3. Manejo y salud del ave

A partir de la semana 17 las aves ya han alcanzado su madurez sexual, sin embargo la puesta de huevos es baja debido a que no todas las aves son iguales, por lo mismo no todas estarán aptas para la puesta de huevos. El proceso productivo mejora a partir de la semana 20, y se acelera aún más mientras se acerca la semana 72 de vida del ave.

Posterior a la semana 72 la producción de huevos tiende a descender, y las aves empiezan a perder su plumaje, denominándose a esta etapa como *peleche*. Cuando las aves ya no generan una producción de huevos rentable, son enviadas generalmente a los centros de faenamiento, culminando así su ciclo.

2.3.2.3 Etapa de clasificación de huevo de mesa

Las gallinas ponen los huevos sobre las rejillas de las jaulas que presentan una ligera inclinación, tal como se muestra en la Figura 2.11 permitiendo que los huevos sean transportados por cintas hasta la zona de recolección y clasificación. En esta zona se procede a separar los huevos según la Normativa Ecuatoriana INEN 1973:2013, la cual especifica que el huevo de mesa apto para la venta y distribución, será aquel que cumpla con ciertas características físicas tales como: sea fresco, no se lave, mantenga intacto el cascarón, presente coloración

uniforme, esté libre de suciedades (ya sea de heces o sangre) y tenga un peso de acuerdo a la Tabla 2.4.



Figura 2.11 Sistemas de recolección de huevos - plantas automatizadas

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4 Características físicas del huevo de acuerdo a normativa INEN.

Tamaño huevo	Masa unitaria (g)	Características físicas huevo
Supergigante	>76	<ul style="list-style-type: none"> - Cascarón y cutícula intactos. - Cutícula limpia, clara y transparente, exenta de cuerpos extraños. - Yema exenta de cuerpos extraños. - Exento de olor y sabores extraños.
Gigante	70 – 76	
Extragrande	64 – 70	
Grande	58 – 64	
Mediano	50 – 58	
Pequeño	46 – 50	
Inicial	< 46	

Fuente: (INEN, 2013)



Figura 2.12 Flujo de producción de huevo de mesa

Fuente: (Cruz, 2012)

2.4 LA GESTIÓN AMBIENTAL EN EL SECTOR AVICOLA ECUATORIANO

Actualmente, muchas industrias orientan sus esfuerzos a compatibilizar sus actividades con el cuidado del medio ambiente; motivadas, principalmente, por las nociones de un “Desarrollo Sostenible” y una “Producción más Limpia”. Aunque estos esfuerzos pueden tener una iniciativa voluntaria, en algunos casos se inician por dar cumplimiento a las normas y leyes que establece el Estado en esta materia.

En este sentido, el Ecuador ha dado pasos importantes en el reconocimiento de la importancia de proteger los ecosistemas, como parte de una dinámica complementaria entre sociedad y naturaleza. Tal como lo resalta el Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador aprobada en el 2008, en donde señala “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir...”.

Adicionalmente, se han elaborado una serie de instrumentos legales que norman la gestión ambiental y se responsabiliza de ella tanto a las entidades del

sector público como a las del sector privado. Por ejemplo, se puede citar el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), promulgado en el Registro Oficial No. 725 con fecha 16 de diciembre de 2002 y ratificado mediante el Decreto No. 3516 con su consecuente publicación en el Registro Oficial No. 51 el 31 de marzo de 2003. En este documento se especifica las diferentes matrices y parámetros para evaluar las condiciones del suelo, el agua, el aire, el ruido, etc.

Al año siguiente, se publica la Ley de Gestión Ambiental, a través del Registro Oficial No. 418 con fecha 10 de septiembre de 2004, la cual marca los lineamientos y políticas ambientales del Estado ecuatoriano que deben ser acatadas por todos los que ejecutan acciones relacionadas con el ambiente en general.

Posteriormente, en 2007, la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE) con el afán de cumplir con la Ley de Gestión Ambiental y de promover el desarrollo de actividades enfocadas en el cuidado medioambiental, presentó al Ministerio de Ambiente (MAE) la denominada "*Guía de Buenas Prácticas de Producción Avícola*"; la cual proporcionaba procedimientos para el control y manejo ambiental dentro del sector avícola con el objetivo de mitigar cualquier impacto negativo que pudiese generarse en cuanto a la salud del animal y del medio ambiente.

Este documento fue aprobado bajo el Acuerdo No.036 del Ministerio de Ambiente el 28 de abril del 2009, siendo utilizado hasta mediados de año 2013 como referente para la obtención del permiso ambiental denominado Ficha Ambiental. Esta Ficha era expedida al avicultor solicitante, previa demostración de que las actividades realizadas en el proceso productivo, cualquiera que fuere éste, no generaba impactos significativos al ambiente.

Esta Guía se aplicaba para el caso de empresas avícolas con proceso de producción de carne de pollo en las fases de incubación, reproducción y engorde de aves, en sus etapas de instalación, operación, mantenimiento y cierre de granjas. Sin embargo, esta Ficha no aplicaba a plantas faenadoras de aves, las cuales debían cumplir con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), mismo que analizaba de manera detallada todo el proceso, en busca de posibles consecuencias e impactos hacia el ambiente y hacia la integridad de los ecosistemas (MAE, 2015). La derogación de esta normativa se produjo por la poca definición de los roles que debían cumplir las instituciones responsables de velar por su cumplimiento, tales como el MAE y la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de Calidad del Agro (Agrocalidad)³, ocasionando una duplicidad de acciones y costos (Agrocalidad, 2014).

El 18 de junio de 2013, el MAE, mediante el Acuerdo No. 068 publicado en el Registro Oficial - Edición Especial No. 033 con fecha 31 de julio de 2013, pone en vigencia la reforma del Título I, Libro VI del TULSMA referido a la evaluación ambiental de impactos y riesgos ambientales por actividad económica a nivel nacional. En esta reforma se incluyó el Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (C.C.A.N), la cual enlista de manera ordenada, valorada y estratificada los diferentes proyectos, obras y actividades existentes en el país según sus características particulares y los impactos negativos que causan al ambiente.

De manera muy general, se puede decir que esta categorización se divide según su impacto en:

- **Categoría I** → Impactos no significativos;
- **Categoría II** → Impactos Bajos;
- **Categoría III** → Impactos Medios;
- **Categoría IV** → Impactos Altos.

³ Autoridad adscrita al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP)

En un primer momento, el sector avícola (granjas de producción o crianza de aves) fue considerado dentro de la Categoría IV, es decir como un generador de impactos altos. Sin embargo, el MAE aprobó el acuerdo ministerial No.028, publicado en el Registro Oficial con fecha 13 de febrero de 2015, mediante el cual se sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria por el Libro VI de la Calidad Ambiental. En este libro se establecen los procedimientos y se regula las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental, cambiándose así el catálogo de impactos por industria. Ahora, con este cambio, el sector avícola es considerado como una actividad de Categoría II, es decir de impacto bajo.

Tabla 2.5 Clasificación ambiental de las actividades avícolas en estudio de acuerdo al Catálogo de Categorización Ambiental Nacional (C.C.A.N) - Ecuador

Categoría del Impacto	Actividad
II	Construcción y/o operación de granjas avícolas, ponedoras, de engorde y afines mayor a 1000 aves. Código C.C.A.N 11.2.3.1
IV	Construcción y/o operación de camales y centros de faenamiento de aves mayor a 5000 animales/mes. Código C.C.A.N. 31.1.6.1.5

Fuente: (MAE, 2015)

La asignación de Categoría II al sector avícola asegura que las actividades realizadas en sus procesos productivos generan bajos riesgos ambientales. Por ende, el proceso en granjas no genera mayores consecuencias y le permite al medio ambiente recuperarse en el corto plazo hacia su estado original. En referencia al cumplimiento de la normativa, esta categoría involucra la obtención del Registro Ambiental, permiso que permite la ejecución de las actividades de manera regular y legal. Este documento implica una descripción breve del proceso, descripción del entorno de granjas y con base en ello se elaboran planes

de manejo ambiental (PMA), los cuales están orientados a evitar contaminación o generación de pasivos ambientales que afecten al entorno no sólo biofísico sino también social.

No obstante, dentro de la Categoría IV se encuentran catalogados los Centros de Faenamiento, cuyo impacto o riesgo ambiental es considerado como alto, es decir que la afectación generada por las actividades se mantendrán por largo plazo, extensibles a través del tiempo, haciendo casi imposible revertir el medio a su estado original. Esta categorización requiere de la obtención de una Licencia Ambiental que es, en este caso, el permiso de funcionamiento ambiental. Para conseguir este documento se requiere un estudio y descripción profunda de las actividades realizadas, así como las afectaciones que éstas generen al entorno físico y social del área de influencia directa del establecimiento.

En 2015, el MAE vuelve a reformar el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, mediante el Acuerdo No. 061 publicado en el Registro Oficial con fecha 4 de mayo de 2015. En esta reforma se establecen los procedimientos que regulan las actividades y la responsabilidades tanto de instituciones públicas como privadas en materia de calidad ambiental, es preciso señalar que esta normativa es la que se encuentra vigente.

Finalmente, se puede decir que la transformación ideológica del siglo XXI obliga a que las empresas tomen en consideración los aspectos ambientales, es decir, la utilización racional de los recursos naturales (agua, energía, suelo, etc.) en la ejecución de sus actividades productivas. Se debe considerar que la gestión ambiental no debe realizarse únicamente por el hecho de evitar sanciones económicas a la empresa⁴, sino más bien porque ésta proporciona una mejor

⁴El principio ambiental e internacional “Quien contamina paga” se encuentra regularizado en Ecuador por el Ministerio del Ambiente a través del Programa de Reparación Ambiental y Social (PRAS) ligado a la Política Pública de Reparación Integral que busca restablecer las condiciones ambientales y sociales que fueron afectadas por el manejo inadecuado de actividades económicas y productivas.

imagen de la organización ante la opinión pública, pues con ella se demuestra un verdadero compromiso con el medio ambiente y por ende con la sociedad.

2.5 EL METABOLISMO DE LA SOCIEDAD COMO NOCIÓN PARA UN ANÁLISIS INTEGRADOR.

Al comienzo de este capítulo se describió cómo ha ido evolucionando el patrón alimenticio en el mundo y en el Ecuador, lo cual ha significado un cambio en el tipo de dieta de productos ricos en carbohidratos (por ejemplo, las papas) por otros ricos en proteínas (como el caso de la carne de pollo y de huevos). Transición descrita en la ley de Bennet (1941), la cual establece que conforme las sociedades van mejorando sus condiciones socio-económicas paulatinamente van ocurriendo estos cambios en el patrón alimenticio. También, se describió algunas proyecciones que señalan que el consumo de carne de pollo y de huevos aumentará en el futuro.

Posteriormente, se explicó los aspectos organizacionales del sector empresarial avícola, resaltando la importancia de entender la estructura organizacional a través del modelo de cadena de valor para identificar las fortalezas y potencialidades de una determinada empresa. Así como también, la utilidad de este modelo para plantear estrategias de fortalecimiento empresarial como la integración vertical. Seguidamente, se detalló los procesos industriales para la producción de carne de pollo y de huevos que son los temas centrales de esta investigación, para, finalmente, describir de manera breve las normas que rigen la producción de estos productos respecto a la gestión ambiental.

Sin embargo, generar información para una mejor toma de decisiones orientada a la planificación empresarial con miras a un desarrollo sustentable⁵

⁵ Algunos investigadores, especialmente de habla hispana, consideran que los términos sostenible y sustentable tienen significados distintos. No obstante, para el presente trabajo se considera a ambos términos como sinónimos, tal como lo hace Martínez-Sastre (2015). MARTÍNEZ-SASTRE, Javier (2015): "El paraíso en venta. Desarrollo, etnicidad y ambientalismo en la frontera sur del Yasuní (Amazonía ecuatoriana). Quito: Abya Yala.

requiere de un análisis holístico, el cual debe involucrar al aspecto económico, el ambiental y social de manera simultánea. Ello empieza por reconocer que las actividades humanas están incrustadas dentro de la naturaleza y que, por lo tanto, siempre se debe tener en cuenta la dinámica entre el sistema socio-económico y el sistema ecológico (Holling, 2001), para plantear un verdadero desarrollo sustentable. De este modo, se desecha la visión antropocentrista que se contempla desde la visión de la economía neoclásica.

El hecho de considerar un sistema socio-económico y un sistema ecológico que interactúan entre sí, conlleva, implícitamente, a representar estos sistemas como “sistemas abiertos”; es decir son sistemas que están intercambiando materia y energía para mantener su existencia. Esto se aprecia claramente al notar que las sociedades humanas se apropian de materia prima de la naturaleza para llevar a cabo sus actividades y que producto de estas actividades se generan residuos y desechos que son depositadas en la naturaleza.

Esta representación de apropiación y depósito de materia y energía de las sociedades humanas mediante procesos vitales proporcionan un parecido a los organismos vivos, quienes realizan procesos similares para su existencia y que en el ámbito de la biología se le denomina metabolismo. Esta analogía fue planteada por primera vez por Karl Marx influenciado por los trabajos del naturalista Jacob Moleschott (1822-1893) según lo menciona González de Molina, M. G. Toledo (2014). Así, Marx utilizó el concepto de Metabolismo para explicar los intercambios entre la sociedad y la naturaleza (Martinez, 2003).

No obstante, este término bajo esa concepción estuvo en el olvido hasta la década de los sesenta del siglo pasado, cuando algunos investigadores lo utilizaron para el análisis biofísico dentro de las ciudades (Wolman, 1965). A partir de entonces, este concepto ha tomado mucha notoriedad en el análisis de flujos de las sociedades; derivando, incluso, en diversas acepciones, tal como lo clasifica Reina (2013): El metabolismo socioeconómico, el metabolismo de la

sociedad, el metabolismo socioecológico, el metabolismo urbano, el metabolismo industrial, el metabolismo rural, el metabolismo agrario.

Para el presente estudio, se utilizará la noción del metabolismo de la sociedad, planteado por M. Giampietro & Mayumi (2012). Según esta acepción el concepto de metabolismo parte de dos interrogantes, la primera, en el ¿Cómo? que hace referencia a la estructura organizacional del sistema a evaluar con el objetivo de comprender su funcionalidad, y, la segunda, ¿Por qué? que hace referencia a la funcionalidad integradora del todo, es decir el objetivo de dicho sistema, que incluye la producción de las estructuras funcionales, el mantenimiento y reparación de las estructuras funcionales y su comportamiento dentro de un contexto.

Para este autor, analizar un proceso desde esta perspectiva requiere de dos partes pre-analíticas: una identificación plena del todo, mejor dicho definir el objeto de estudio (una economía, un hogar, un país, una región, etc.) y asociarlo a un patrón metabólico, que vendría a ser la expresión del consumo por parte del sistema ante uno o varios recursos. A esta fase pre-analítica, la considera como la definición de lo que el “*sistema es*”. La segunda, la definición de lo que el “*sistema hace*”, la cual enfatiza dos visiones: a) la relacionada a las limitaciones externas con el contexto, por ejemplo la vulnerabilidad existente por depender de la importación de fertilizantes para la producción de balanceados y b) la relacionada a las limitaciones internas, por ejemplo, si fuese el caso, la escasa capacidad instalada para abastecer totalmente a la población de carne de pollo y huevos.

Para adaptar dicho concepto al tema de estudio, se puede considerar a la producción de carne de pollo y de huevos como un sistema abierto, el cual se apropia de recursos para cumplir satisfactoriamente sus actividades. Entre los que se encuentra de modo directo: agua, energía, actividad humana, alimento balanceado, suelo; y de modo indirecto los recursos utilizados para la producción

de alimentos balanceados: actividad humana, suelo, agua, energía, plaguicidas, fertilizantes.

Por otro lado, este sistema también deposita residuos y desechos a la naturaleza que implica un impacto ambiental: agua contaminada, heces de las aves, plásticos, etc. Aunque este aspecto es importante para un desarrollo sustentable, la información que se requiere sobrepasa los recursos de esta investigación, razón por la cual no será considerada en la misma.

Al realizar un análisis bajo esta noción se tiene un panorama integrador del aspecto económico, ambiental y social. En el económico, porque proporciona los ingresos por fase de producción facilitando la identificación de las etapas más rentables. En el ambiental, porque se cuantifica el uso de recursos y se da un margen de evaluación para el impacto ambiental. Finalmente, en lo social, porque es el consumo el que marca la pauta para una mayor o menor demanda de estos productos, lo cual repercute en los otros aspectos.

3 METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene como finalidad realizar una caracterización biofísica y económica de la producción de carne de pollo y de huevos en la provincia de Pichincha, la cual sirve como instrumento para la elaboración de un plan de desarrollo sostenible de este sector económico. Para el cumplimiento de este objetivo, esta investigación adoptó un enfoque cuantitativo. De esta manera, se obtuvo indicadores que sirven como parámetros de referencia para la comparación de eficiencia de recursos y, a la vez, para realizar escenarios de futuro. Respecto al alcance de la investigación, ésta tiene un alcance exploratorio, descriptivo y correlacional. *Exploratorio*, porque es uno de los primeros trabajos de esta naturaleza que se realiza en el ámbito netamente avícola. *Descriptivo* porque realiza una descripción del sistema avícola ecuatoriano, específicamente en el área de la producción de carne de pollo y de huevos, con base en el uso de sus recursos. Finalmente, *Correlacional* porque explica la relación que existe entre variables.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Tal como se mencionó en el capítulo anterior, en la provincia de Pichincha se concentra el porcentaje más alto en cuanto a producción de carne de pollo con un 38% de la producción nacional, y una producción de huevos de mesa del 40% (Orellana, 2014a), es por esta razón que se escogió a esta provincia para el desarrollo del trabajo de investigación.

La provincia de Pichincha es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador. Se encuentra ubicada al norte del país, en la región geográfica conocida como sierra. Limita al norte con las provincias de Esmeraldas e Imbabura, al este con las de Sucumbíos y Napo, al sur con las provincias de

Cotopaxi y Los Ríos, y al oeste con las provincias de Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas (véase la Figura 3.1).

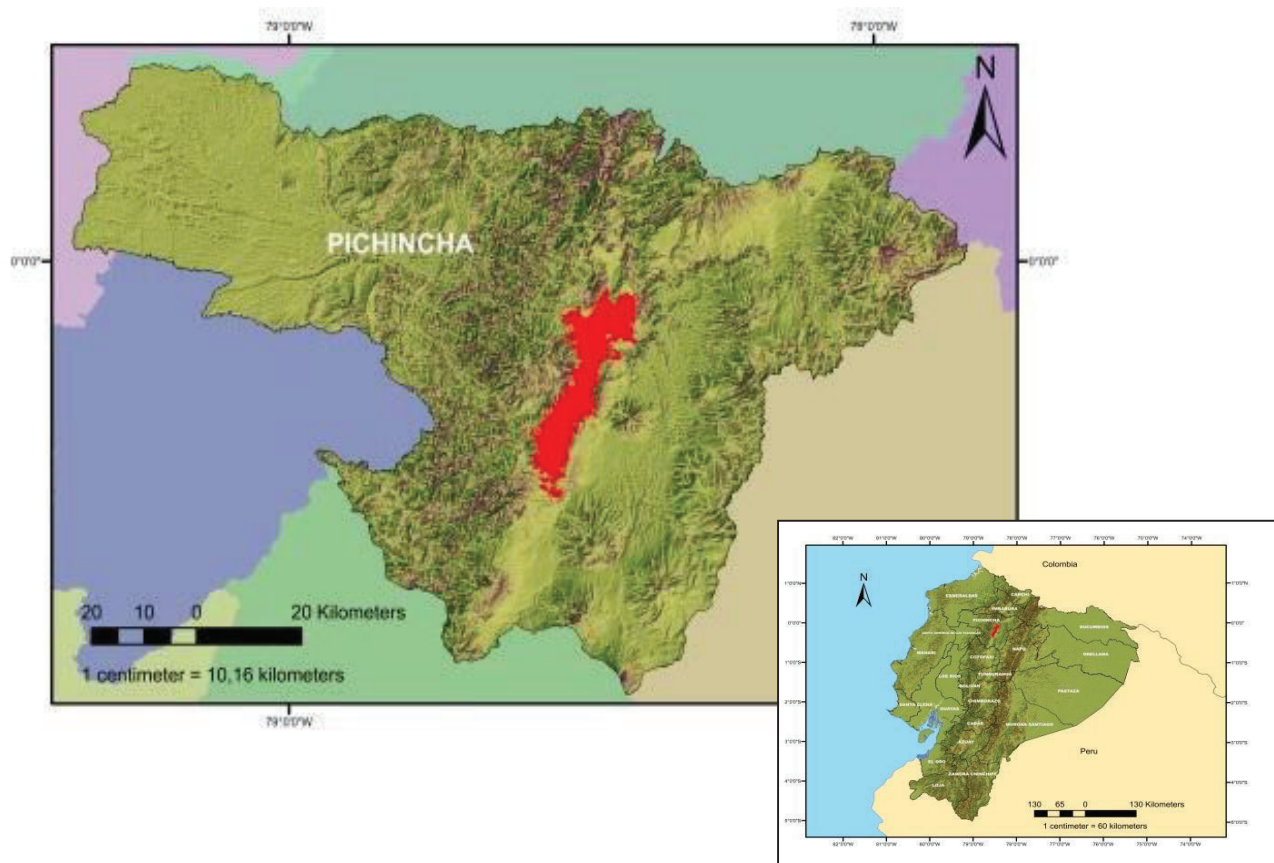


Figura 3.1 Ubicación de la provincia de Pichincha

Fuente: Dirección de Planificación – GPP 2016

La provincia es administrada por el Consejo Provincial de Pichincha desde su capital la ciudad de Quito, que también es cabecera del cantón Quito y capital del Ecuador. Pichincha es la segunda provincia más poblada de Ecuador, tras la provincia del Guayas. De acuerdo al último censo poblacional realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) la población total de Pichincha para el año 2010 fue de 2.576.287 habitantes, de las cuales 1.255.711 fueron hombres y el resto, es decir, 1.320.576 personas fueron mujeres. Para fines de ésta investigación se considerará despreciable el crecimiento poblacional de 2010 a 2012.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Para el presente caso de estudio, se buscó una metodología que permita realizar un análisis integral en los sistemas de producción de carne de pollo y de huevos de mesa, considerando que las sociedades humanas, en donde toman acción estas actividades, se articulan a través de un conjunto de relaciones sociales en las que, también, se manifiesta el aspecto biofísico y el económico.

Tal como se comentó en el capítulo anterior, la noción del Metabolismo de la Sociedad se ha convertido en un campo teórico que ha facilitado el desarrollo de algunas metodologías para el análisis de la sustentabilidad de las sociedades. Dentro de estas metodologías, el Análisis Integrado Multi-Escala del Metabolismo de la Sociedad y el Ecosistema (MuSIASEM) proporciona representaciones sistémicas del aspecto biofísico, social y económico de una determinada sociedad o de un determinado sistema (Mario Giampietro, Aspinall, Ramos-Martín, & Bukkens, 2013). El MuSIASEM, que fue desarrollado por Mario Giampietro y Kozo Mayumi (M. Giampietro & Mayumi, 2012) (M. Giampietro & Mayumi, 2000), es una metodología de análisis que integra los conceptos teóricos de distintas disciplinas científicas, tales como la termodinámica del no-equilibrio aplicada al análisis ecológico (Odum, 1971, 1983, 1996); (Ulanowicz, 1986, 1995, 1995), la teoría de los sistemas complejos (Rosen, 1958; Zipf, Rosen, Kaufmann, & Morowitz, 1993) y la bioeconomía, según los criterios de (Georgescu-Roegen, 1971).

Aunque esta metodología ha sido aplicada a distintos ámbitos de estudio, tales como: la energía (M. Giampietro, Mayumi, & Ramos -Martin, 2009; M. Giampietro & Mayumi, 2012) los desperdicios urbanos (D'Alisa, Di Nola, & Giampietro, 2012), el agua (Madrid, Cabello, & Giampietro, 2013). No obstante, en el ámbito de los alimentos recién se están empezando a realizar estudios de esta naturaleza (Cadillo, 2015; Cadillo, Giampietro, Serrano-Tovar y Bukkens, 2014). Por lo tanto, esta investigación es también una contribución para evaluar la versatilidad de esta metodología.

El MuSIASEM adopta de Georgescu-Roegen (1971), el modelo de representación a través de los elementos de flujo y fondo, con la finalidad que el investigador realice como análisis pre-analítico la definición de lo que el *sistema es* y lo que el *sistema hace*. Según este autor, los elementos de fondo son aquellos que mantienen sus mismos atributos y características durante toda la representación, denotando así lo que el *sistema es*; mientras, que los elementos de flujo son aquellos que sufren algún tipo de modificación o cambio durante la representación, denotando así lo que el *sistema hace*. De este modo, los fondos representan los agentes transformadores de materia y energía y los flujos en cambio representan los elementos transformados.

Entonces, a partir de la definición de los elementos de flujo y fondo se lleva a cabo una representación que consiste en relacionar un conjunto de categorías semánticas de manera coherente a los cuales se les atribuye los elementos de flujo y fondos. A este tipo de representación, M. Giampietro & Mayumi (2012) las denominan gramáticas, por analogía con el lenguaje que requiere el relacionar este tipo de categorías de forma adecuada para transmitir un mensaje. En esta investigación las categorías seleccionadas son las fases que involucra la producción de carne de pollo y de huevos, es decir la producción de alimento balanceado, la crianza y engorde, el faenamiento (para la carne de pollo) o la postura (para la producción de huevos), la distribución y el consumo.

Por lo expuesto anteriormente, la aplicación de ésta metodología permitió caracterizar y evaluar la sostenibilidad del sector avícola en la producción de carne de pollo y huevo de mesa en la provincia de Pichincha, estableciendo así los desafíos multidimensionales que enfrenta actualmente el sector, teniendo en cuenta que el consumo de los dos productos crece masivamente y que se reducen cada vez más las fuentes de recursos necesarios para responder al aumento de su producción.

Para cumplir con el objetivo de evaluar la sostenibilidad, y cumpliendo con los criterios del MuSIASEM, se esquematiza dos tipos de panoramas dentro de la representación, la visión interna que hace referencia a la demanda de carne de pollo y huevos que tiene la provincia de Pichincha para satisfacer sus necesidades, para ello, se clasificó el consumo en: consumo humano, otros usos y pérdidas; y la visión externa que hace referencia a la demanda del sistema en estudio, en este caso el sector avícola, de recursos biofísicos para proporcionar la oferta que satisface la demanda.

Además, al incorporar los elementos de flujos y fondos desde la perspectiva de estas visiones dilucida el patrón metabólico que cumplen los alimentos en estudio y su interacción con la sociedad, los recursos y el medio ambiente (Figura 3.2; Figura 3.3). También, proporciona un diagnóstico de la situación actual para los dos procesos: producción de carne de pollo y producción de huevos de mesa. Finalmente, con la representación obtenida se elaboró escenarios que evalúan las posibles estrategias que permitan la sostenibilidad de los procesos tanto en eficiencia, eficacia y sobre todo en la prevención de impactos en los ecosistemas.

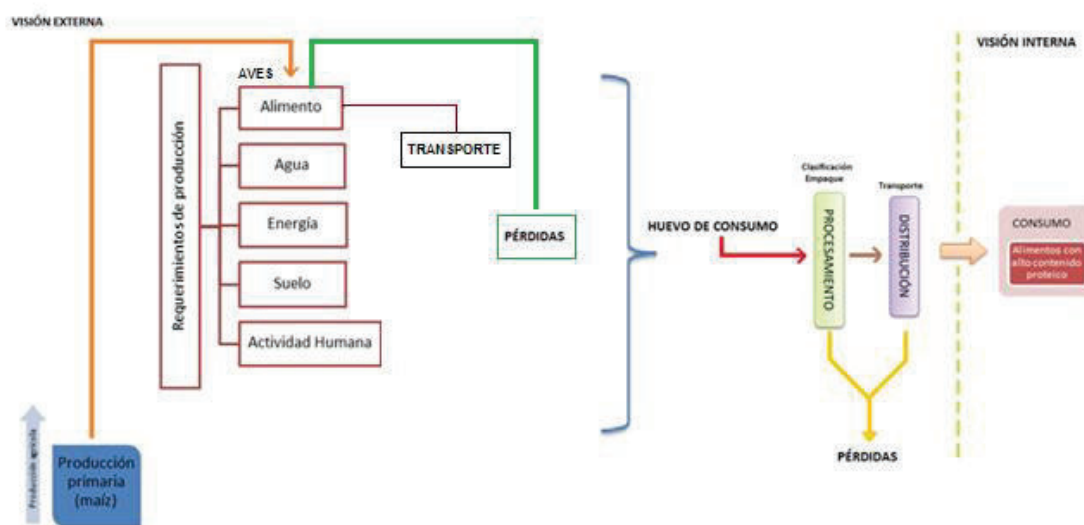


Figura 3.2 Diagrama de Gramática MuSIASEM caso de estudio producción de huevo

Fuente: Elaboración propia

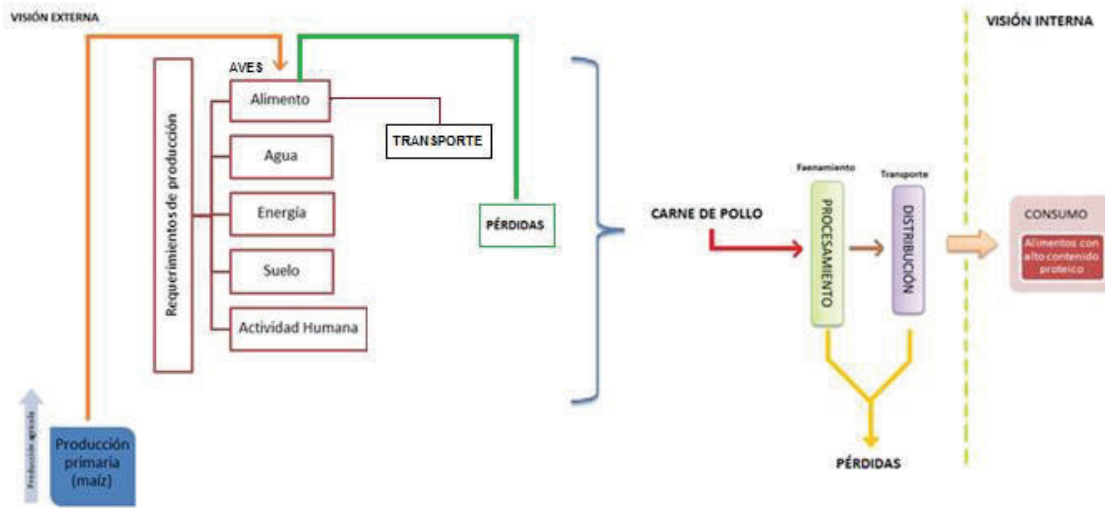


Figura 3.3 Diagrama de Gramática MuSIASEM caso de estudio producción carne de pollo

Fuente: Elaboración propia

3.4 DESCRIPCIÓN DE VARIABLES E INDICADORES

Según los principios del MuSIASEM se realizó una fase pre-analítica, en donde se seleccionó una serie de variables que van acorde a los objetivos del estudio y que fueron ratificados en un proceso iterativo durante la investigación (véase la Tabla 3.1). Para el cálculo de las pérdidas se utilizaron los coeficientes que presentó la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) para América Latina (FAO, 2012).

Tabla 3.1 Variables de investigación según los principios del MuSIASEM

Variable	Descripción	Unidad	Elemento según Georgescu-Roegen (1975)	Fuente de información
Habitantes de Pichincha	Representa la cantidad de personas que residieron en la provincia de Pichincha durante el año 2012	Número de personas residentes de Pichincha	Fondo	Debido a que el último censo que se realizó en el Ecuador fue en el 2010, se consideró las proyecciones de crecimiento poblacional realizadas por el INEC para el año 2012 (INEC, 2010)
Actividad humana		Horas de trabajo	Fondo	
Carne de pollo		Kilogramos	Flujo	
Huevos		kilogramos	Flujo	
Agua		Metros cúbicos	Flujo	
Alimento balanceado	Corresponde a la dieta que se le proporciona al animal para satisfacer sus necesidades nutricionales.	Kilogramos	Flujo	
Energía	Esta variable corresponde a la energía utilizada para cumplir con las actividades propias del proceso productivo de huevo y carne de pollo, esta incluye la energía fósil como el diesel y GLP . De acuerdo a lo expuesto por Pfeiffer (2006), un kilogramo de GLP contiene aproximadamente 50.24 MJ de energía fósil, y un galón de diesel	Joule	Flujo	

	<p>contiene 176.05 TJ de energía fósil.</p> <p>El transporte de materia prima, transporte de aves, despachos, son parte de la energía utilizada en el proceso, generalmente para esto se utiliza vehículos de carga pesada (trailers), que tienen una longitud de 53 pies (16 m) y una capacidad de carga máxima de 26 toneladas, es decir que puede cargar hasta 52.000 libras (23.587 kg) de maíz, y pueden llenar su tanque de combustible con 250 litros.</p>			
Fertilizantes		Kilogramos	Flujo	
Plaguicidas		Kilogramos	Flujo	
Suelo		Hectárea	Flujo	
Costos monetarios	Corresponde al costo monetario de producción de cada etapa para producir carne de pollo/huevos.	Dólares	Flujo	
Ingresos monetarios	Corresponde al ingreso monetario que se obtiene por cada etapa para producir carne de pollo/huevos.	Dólares	Flujo	

Fuente: Elaboración propia

Entonces, a partir de las variables descritas anteriormente se elaboran los siguientes indicadores (véase la Tabla 3.2), los cuales servirán como parámetros de referencia para evaluar la eficiencia en el uso de recursos y para desarrollar escenarios que permitan establecer los requerimientos biofísicos ante una mayor demanda de carne de pollo y huevos.

Tabla 3.2 Indicadores de la investigación

Indicador	Descripción	Cálculo	Unidad
Consumo de carne de pollo/huevos	Representa la cantidad de carne de pollo/huevos que consumo un habitante por año	Total de carne de pollo/huevos consumidos por residente en un año	Kg carne de pollo (huevos)/persona/año
Consumo de agua por carne de pollo/huevo producido	Representa la cantidad total de agua que se consumió para producir un kilogramo de carne de pollo/huevo	Total de agua consumida durante el proceso de producción de carne de pollo (huevo)/Total de carne de pollo (huevos) producidos	m ³ de agua consumida/kg de carne de pollo (huevo) producido
Consumo de energía por carne de pollo/huevo producido	Representa la cantidad total de energía que se consumió para producir un kilogramo de carne de pollo/huevo	Total de energía consumida durante el proceso de producción de carne de pollo (huevo)/Total de carne de pollo (huevos) producidos	Joule de energía consumida/kg de carne de pollo (huevo) producido

<p>Consumo de alimento balanceado por carne de pollo/huevo producido</p>	<p>Representa la cantidad total de alimento balanceado que se consumió para producir un kilogramo de carne de pollo/huevo</p>	<p>Total de alimento balanceado consumido durante el proceso de producción de carne de pollo (huevo)/Total de carne de pollo (huevos) producidos</p>	<p>Kilogramos de alimento balanceado consumido/kg de carne de pollo (huevo) producido</p>
<p>Actividad humana requerida por carne de pollo/huevo producido</p>	<p>Representa la cantidad total de actividad humana que se requirió para producir un kilogramo de carne de pollo/huevo</p>	<p>Total de la actividad humana que se requirió durante el proceso de producción de carne de pollo (huevo)/Total de carne de pollo (huevos) producidos</p>	<p>Horas de trabajo/kg de carne de pollo (huevo) producido</p>
<p>Cantidad de suelo requerido por carne de pollo/huevo producido</p>	<p>Representa la cantidad total de suelo que se requirió para producir un kilogramo de carne de pollo/huevo</p>	<p>Total de suelo que se requirió durante el proceso de producción de carne de pollo (huevo)/Total de carne de pollo (huevos) producidos</p>	<p>Hectáreas de suelo/kg de carne de pollo (huevo) producido</p>

Fuente: Elaboración propia

3.5 ESCENARIOS

Para mostrar la utilidad de este tipo de representación, también llamado diagnóstico, para analizar la sustentabilidad biofísica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos, se realizaron dos tipos de escenarios:

Escenario 1: En este escenario se consideró que la dieta alimenticia se mantiene constante en el tiempo, por lo tanto se utiliza la proyección de la población de Pichincha para el año 2035 para evaluar los requerimientos biofísicos necesarios para satisfacer la demanda de carne de pollo y huevos.

Escenario 2: En este escenario se consideró un cambio en la dieta alimenticia de la población de Pichincha, para ello se utilizó como referencia el consumo de carne de pollo y huevos para Brasil en el año 2012.

Durante este siglo, Brasil registró un incremento en la producción avícola y en las exportaciones. En 2000 se produjeron casi 6 millones de toneladas de carne de pollo y en tan sólo 12 años produjeron un poco más del doble: 12,6 millones de toneladas. La producción de huevo no ha tenido la misma onda expansiva, pues en este mismo período pasaron de 1,2 a 1,9 millones de toneladas (Ruiz, 2014).

En 2012 Brasil comenzó con un nuevo record en la historia del sector avícola alcanzando apenas en enero de este año la marca de 1,1 millones de toneladas de carne de aves producida. Del total, cerca de 65% permanecieron en el mercado interno, lo que comprueba la fuerza de esa industria para el país. El consumo per cápita de carne de aves en Brasil está en aproximadamente 39 kilos por año. Las proyecciones muestran aumento en el consumo interno, en el periodo 2008/2009 a 2018/2019, equivalente a 9,9 millones de toneladas (Agregaduría Agrícola Brasil, 2012).

3.6 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para los propósitos de esta caracterización se realizó una revisión profunda de las actividades relacionadas a los procesos productivos de la carne de pollo y de huevos, para ello se recopiló los informes elaborados por instituciones públicas tales como el Instituto de Altos Estudios Nacionales (IAEN), el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). También, se llevó a cabo entrevistas y visitas de campo a planteles avícolas. Esto último se ejecutó de acuerdo al cronograma de trabajo establecido en el Plan de tesis, es decir, durante los meses de octubre y noviembre de 2015 con el fin de recopilar información fidedigna y contrastar los datos obtenidos de la revisión bibliográfica. Asimismo, por los compromisos de confidencialidad adquiridos con las empresas estudiadas no se presentará en esta investigación el nombre o algún dato que permita identificarlas.

Debido a que la información recolectada fue tomada en distintos años, en la presente investigación se utilizó como año de referencia el 2012. La justificación para tomar ese año como referencia se basó en que la mayor cantidad de datos recopilados correspondieron a ese año. De igual manera, dicha decisión fue apoyada por diversas autoridades del MAGAP.

En el caso de la producción de huevo de mesa, la información fue obtenida de una empresa avícola de gran escala, caracterizada por desarrollar sus actividades con integración vertical de tipo parcial sectorizada hacia atrás; es decir, esta empresa es dependiente de otras subsidiarias que le suministran el alimento balanceado y los polluelos para empezar el proceso productivo.

Para la producción de carne de pollo se realizó visitas a planteles avícolas de menor escala con el fin de validar los costos de producción obtenidos de la revisión bibliográfica. Adicionalmente, se logró obtener información de libre acceso público de una industria avícola de gran escala con integración vertical plena, es decir una empresa autosuficiente situada en la provincia de Pichincha.

Otras fuentes de información fueron: el Censo Avícola realizado en el 2006 (MAGAP, 2007), las proyecciones de crecimiento poblacional para el 2035 a partir del último Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010 (INEC, 2014) y la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT).

4 RESULTADOS

Esta investigación tuvo como propósito realizar la caracterización biofísica y económica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos de mesa, y sobre todo desarrollar indicadores que permitan mostrar la eficiencia del uso de recursos en los sistemas de producción de estos alimentos en la provincia de Pichincha.

A continuación, se presentan los principales hallazgos de esta investigación expuestos desde dos panoramas: la *visión interna* en la cual se considera el consumo de huevo y el consumo de carne de pollo en la población de la provincia de Pichincha para el año 2012, y la *visión externa* que implica conocer de dónde provienen y cómo se producen los alimentos en estudio.

4.1 REPRESENTACIÓN BIOFÍSICA

El uso de la metodología MuSIASEM nos ha permitido analizar la disponibilidad y la accesibilidad de los alimentos por parte de la población. Sin embargo, para evaluar el consumo de estos alimentos (visión interna) y su relación con el abastecimiento de los mismos (visión externa), se debe realizar un análisis del patrón metabólico mostrado en las Figuras 4.2 y 4.3, que son representaciones cuantitativas del sistema alimentario en estudio.

Estas caracterizaciones biofísicas nos muestran la contribución de cada uno de los recursos involucrados en la producción de carne de pollo y huevos de mesa: agua, suelo, energía, alimento balanceado y actividad humana, así como también el porcentaje de pérdidas que se registró en cada fase productiva de acuerdo al proceso que corresponda, y la cantidad de energía que fue requerida para transportar la materia prima y el producto terminado. Así también muestra la demanda alimenticia de carne de pollo requerida para el año 2012 en la provincia de Pichincha que fue de 85.017,5 toneladas, el consumo de éste alimento de

acuerdo a lo que indicó CONAVE (Orellana, 2014b) para este año fue de 33 Kg/persona/año, y el peso del sacrificio de cada animal fue de 2,5 Kg considerando un porcentaje de conversión de peso vivo a carne en canal de 75%.

Para el caso de huevos de mesa, CONAVE indicó que la demanda de este alimento en 2012 registró el consumo de 140 unidades/persona/año, representando un consumo de 9 Kg/persona/año. La producción anual de éste alimento fue de 23.083,5 toneladas de huevos equivalente a una producción de 360.680.180 huevos.

Otra contribución importante que genera la caracterización biofísica, es la visualización del aporte nutricional que proporciona cada alimento. Para la población de la provincia de Pichincha se realizó esta caracterización a través de la medición de flujos en nutrientes, específicamente de Calorías, Proteínas y Grasas según se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Cantidad de energía aportada diariamente por el consumo de cada gramo del alimento en estudio, año 2012

Producto	Calorías	Proteínas	Grasas	Energía Total
	Kcal			
Huevos	1,39	0,43	0,88	2,70
Carne de pollo	1,22	0,49	0,69	2,40

Fuente: Modificado de FAO (2001)

Como puede verse en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., la carne de pollo es la que menor energía endosomática⁶ brindó a la población de Pichincha en el año 2012 con un aporte de 2,40 Kcal por cada gramo de alimento consumido en el día, mientras que por cada gramo de huevo consumido el valor de energía endosomática asciende a 2,70 Kcal.

⁶ Energía que proviene de los alimentos y que es requerida por cada organismo para su mantenimiento y desarrollo de sus actividades. (Cadillo, 2015)

Cabe mencionar que no existen estudios que muestren interrelación en cuanto al uso de todos los recursos citados en esta investigación. En la revisión bibliográfica realizada se registran análisis de manera independiente o a su vez interrelación entre dos recursos. Así por ejemplo el estudio realizado por Mekonnen y Hoekstra (2010) en el cual determinan la cantidad de agua utilizada en la producción agrícola y producción de alimentos, el publicado por Pimentel y Pimentel (2008) en sus estudios de “Alimentos, Energía y Sociedad” mismo que presenta datos de consumo de energía por tipo de producto consumido y su afectaciones al medio social y ambiental. Los estudios de Veermae et al., (2013), “Consumo de energía en la producción animal”.

Esta investigación pretende entregar información que correlacione el uso de los recursos: agua, suelo, energía, alimento balanceado y actividad humana en el desarrollo de todas las actividades de los dos procesos productivos de manera simultánea, de modo que pueda analizarse la sostenibilidad de los mismos en el tiempo. Precisamente para realizar ésta determinación fue importante establecer la eficiencia con la que se desarrolló cada una de las actividades productivas para obtener carne de pollo y huevos de mesa, cuantificando el porcentaje de pérdidas que se generaron durante cada eslabón dentro de cada proceso productivo.

Estudios realizados por FAO (2012), indican que en países en vías de desarrollo las pérdidas en cuanto a la producción de alimento se distribuyen de manera equitativa a lo largo de la Cadena de Suministro de Alimentos (CSA), es decir las pérdidas se generan desde las actividades de producción, cosecha, procesamiento de los alimentos, venta y consumo.

Esto se confirma en los datos mostrados en la Tabla 4.2, ya que se visualizan pérdidas de alimentos principalmente durante las primeras etapas productivas como en la crianza de aves y en las etapas intermedias como el faenamiento y la clasificación de huevo. Sin embargo las fases de crianza y postura del proceso de

obtención del huevo de mesa son los que registran mayores pérdidas, lo que a su vez involucró pérdida de agua, suelo, energía, alimento y horas de mano de obra.

Tabla 4.2 Pérdidas registradas a lo largo de la cadena de producción de huevo de mesa y carne de pollo, año 2012

Etapa	Aves (unidades)	Huevos (unidades)
(Para huevo) Crianza + Postura + Clasificación	75.142	18.034.009
(Para carne de pollo) Crianza + Faenamiento	2.720.559	-----

Fuente: Elaboración propia

Tomando como referencia lo que indica (Kaufmann, 2015), la pérdida significativa de alimento puede atribuirse a que no se utiliza tecnología especializada para el desarrollo y control de los procesos productivos, lo cual impidió alcanzar la máxima eficiencia en la utilización de recursos en los dos procesos avícolas evaluados.

PRODUCCIÓN CARNE DE POLLO

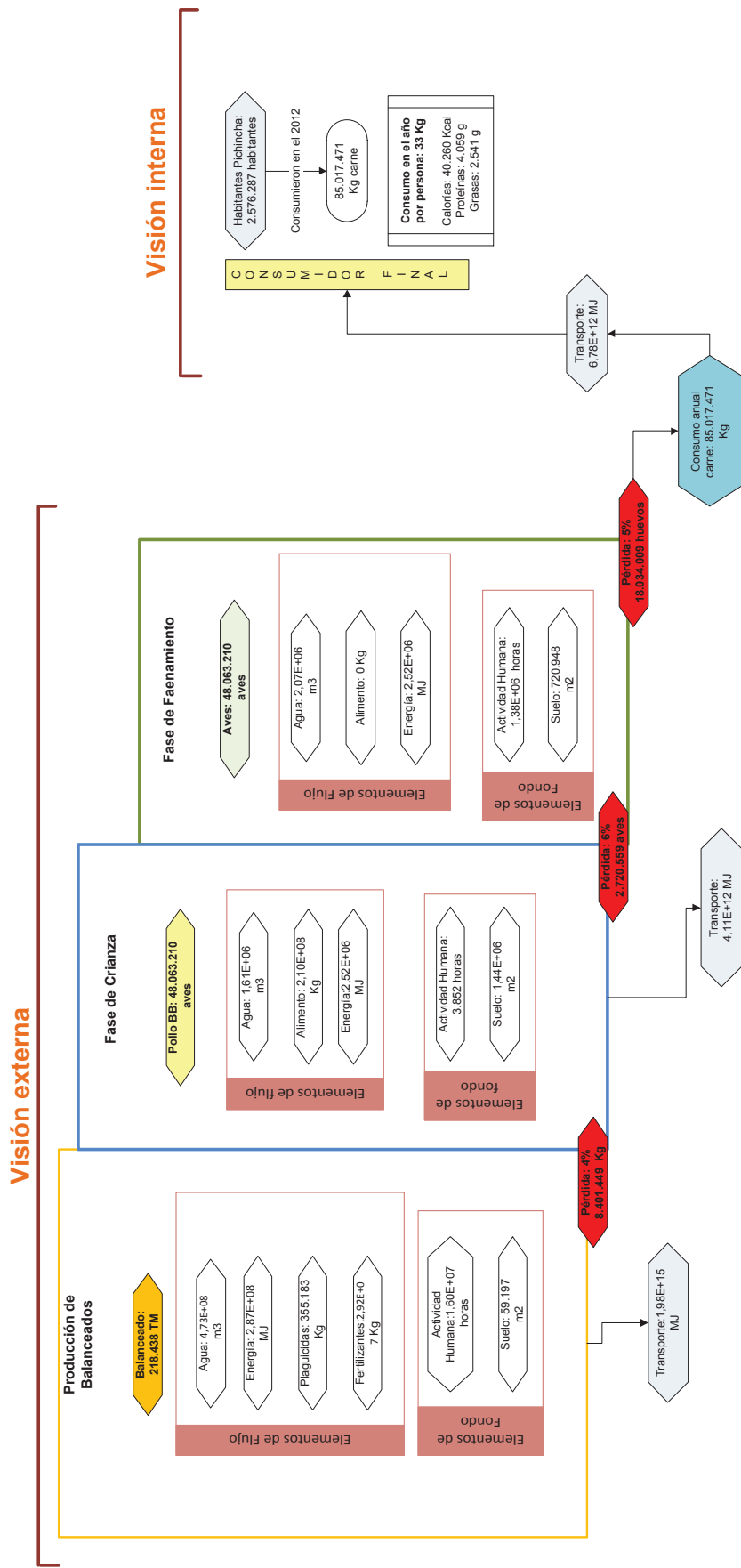


Figura 4.1 Caracterización biofísica del proceso de producción de carne de pollo

Fuente: Elaboración propia

PRODUCCIÓN HUEVO DE MESA

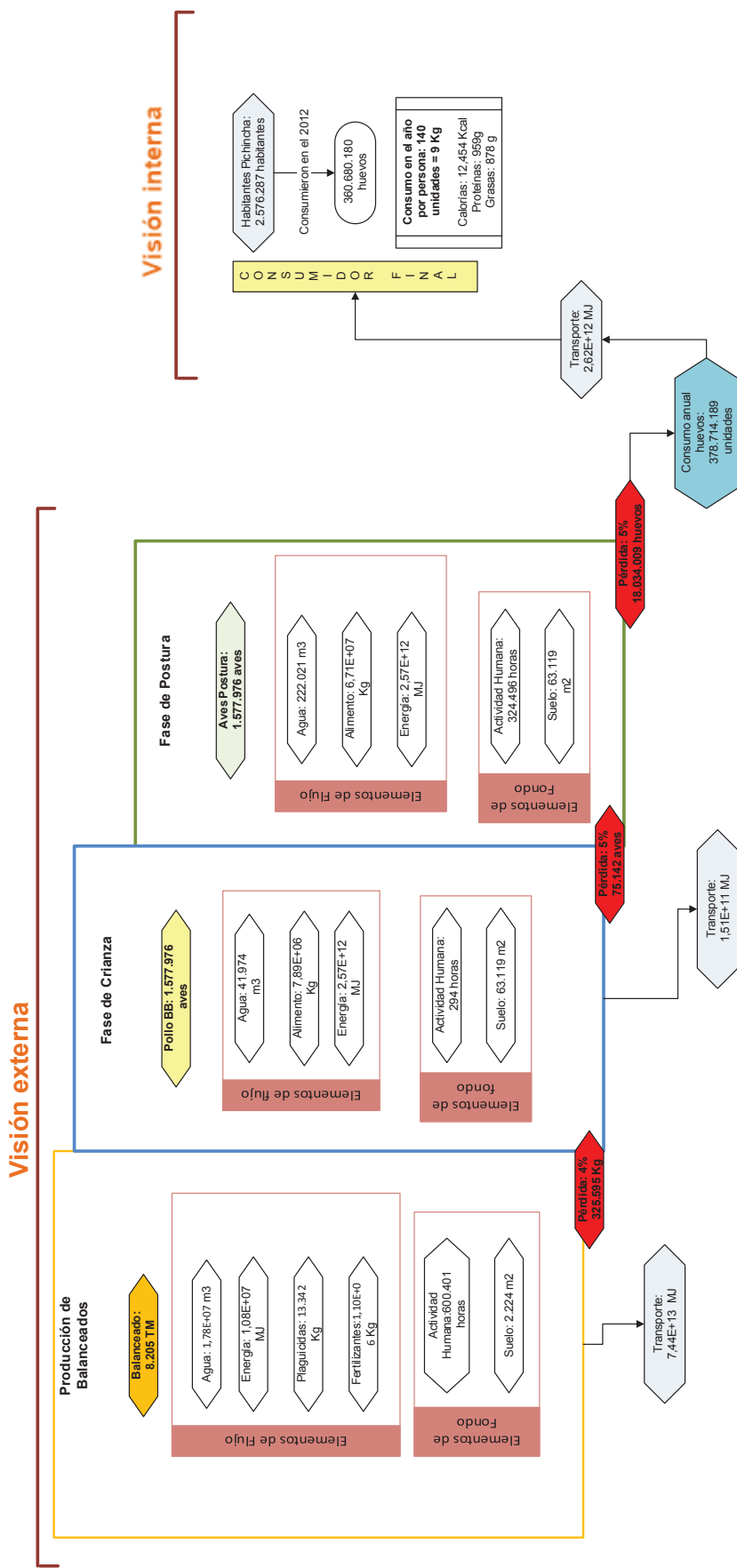


Figura 4.2 Caracterización biofísica de la producción de huevo de mesa.

Fuente: Elaboración propia

La revisión de literatura y los resultados obtenidos en esta investigación, podrían llevar a afirmar que el consumo de los recursos naturales que intervienen en la producción de huevos de mesa y carne de pollo tales como el agua, suelo, alimento y energía, representan una condición complicada para la sostenibilidad del medio ambiente. Precisamente según lo mencionado por Kaufmann (2015), la producción pecuaria es una importante contribución a los problemas ambientales, especialmente por la alta demanda de cultivos para la alimentación animal.

Enfocándonos en la situación de este estudio, para reducir las pérdidas en la producción de huevo de mesa y carne de pollo en la provincia de Pichincha y a nivel país, es necesario contar con la tecnología e infraestructura apropiadas, de modo que se pueda mantener a los dos procesos productivos sustentables en el tiempo. El alto consumo per cápita de estos alimentos, acompañado del uso de tecnología estándar que limita el control adecuado de los requerimientos del ave, generan un impacto ambiental severo que debe ser minimizado, como la generación de grandes volúmenes de desechos orgánicos y de aguas de procesos que contribuyen a desestabilizar el medio ambiente. En Latinoamérica uno de los modelos a seguir en cuanto a la producción de carne de pollo y huevos de mesa es Brasil, quien ha sumado esfuerzos en las últimas décadas para contar con una industria avícola tecnificada que le permite producir sus alimentos con un porcentaje más bajo de desperdicios.

4.2 DETERMINACIÓN DE INDICADORES

La metodología MuSIASEM permite evaluar problemas de sostenibilidad en base a la viabilidad, en el presente estudio nos ha generado indicadores que caracterizan el patrón metabólico de la sociedad frente a la producción de carne de pollo y huevo de mesa.

La importancia de los indicadores, radica en mostrar valores del consumo de cada uno de los recursos utilizados en toda la cadena de producción de carne y huevo, los mismos que relacionan a la visión interna y externa como se explicó en los primeros capítulos.

a. Consumo de alimentos

Tabla 4.3 Consumo total anual de huevos de mesa y carne de pollo en la provincia de Pichincha

Habitantes	Consumo año 2012	
	Carne de pollo (Kg/año)	Huevos (Kg/año)
2.576.287	85.017.471	23.083.532

Fuente: Elaboración propia

Debido a que el consumo de energía proveniente de la alimentación depende de varios factores, entre ellos económicos y el tipo de población, para el caso de la provincia de Pichincha – Ecuador en el año 2012 el consumo per cápita de huevo de mesa y carne de pollo se vieron incrementados en relación al consumo que tuvo la población hace 25 años. Es así que el consumo de pollo ha pasado de 9 Kg/persona/año a cerca de 33 Kg/persona/año, en el caso del huevo en ese mismo período, ha pasado de un consumo de 90 huevos/persona/año a 140 huevos/persona/año aproximadamente (Anomino, 2015), lo que sin duda ha implicado mayor uso de recursos para satisfacer la demanda.

b. Consumo de agua por alimento producido

En los últimos años, se ha realizado varios intentos de evaluar el consumo global de agua y ha existido gran interés en determinar cuáles son los impactos que genera a gran escala el consumo de los recursos hídricos, principalmente los relacionados al consumo de agua azul en la agricultura. Tal es el caso de los estudios realizados por Alcamo et al. (2003), quien a través de modelos basados en el cálculo diario de saldos de agua en el suelo, describe el balance del agua requerida en sectores industriales y en el sector agrícola, es decir en las necesidades de agua para riego. Rost et al. (2008), realizó estudios de efectos individuales de

cambio de cobertura del suelo por actividad humana y riego, cuantificando 11 tipos de cultivo para evaluar el impacto hidrológico global de la agricultura. Hanasaki et al. (2013), presentó una evaluación sobre el consumo de agua bajo diferentes escenarios que considera factores socioeconómicos, producción de energía eléctrica, grado de cambio tecnológico y conciencia ambiental, resaltando que la actividad agrícola contribuye a que la huella hídrica aumente.

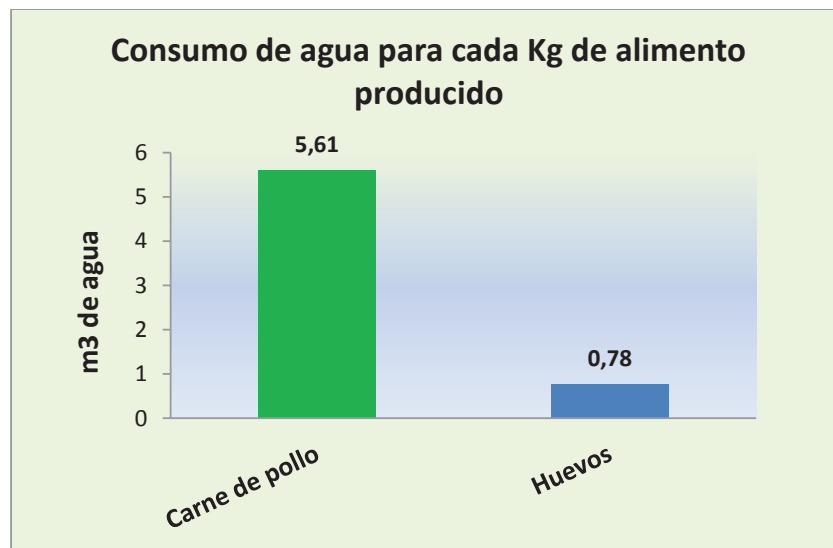


Figura 4.3 Representación del consumo de agua para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo

Fuente: Elaboración propia

Respecto al consumo de agua en actividades avícolas, en la publicación realizada por Mekonnen & Hoekstra (2010), “La huella hídrica verde, azul y gris de los animales de granja y productos de origen animal”, indica que para la producción de carne de pollo se requiere de $4,3 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de carne, en cambio para el caso de huevos de mesa se requiere de $3,2 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de huevos, comparando esta información con la huella hídrica de la producción de estos alimentos en la provincia de Pichincha para el año 2012 (ver Figura 4.5) que fue de $5,6 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de carne y para el huevo de mesa $0,78 \text{ m}^3/\text{Kg}$ de huevos, se observa una gran diferencia. En el caso de producción de carne de pollo el consumo de agua para producir un kilogramo de alimento en la provincia de Pichincha fue superior en más de

20% al citado en la publicación, mientras que el volumen de agua necesario para la obtención de un kilogramo de huevo de mesa fue mucho menor al considerado en el estudio relacionado.

Los estudios referidos anteriormente corresponden a resultados de investigaciones en países desarrollados en los cuales se realiza un control a detalle de cada recurso involucrado en sus actividades productivas.

c. Consumo de energía por alimento producido

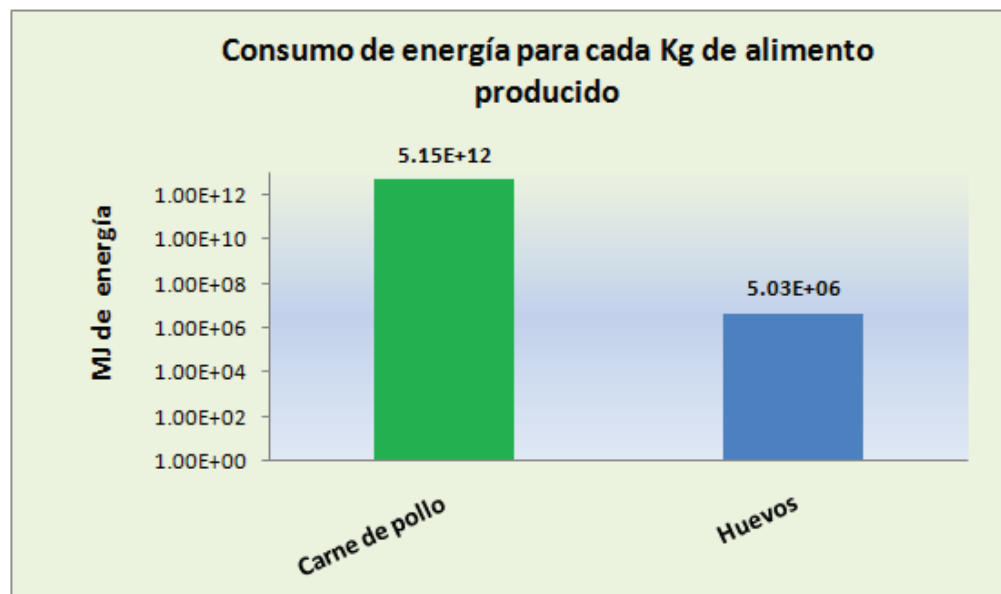


Figura 4.4 Representación del consumo de energía para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.

Fuente: Elaboración propia

Según lo menciona Pimentel y Pimentel (2008), la energía no nutricional o exosomática, obtenida a partir de recursos fósiles, esenciales para la fabricación de fertilizantes y plaguicidas, así como para el funcionamiento de maquinaria utilizada a lo largo de toda la cadena de producción, en este caso de estudio para la producción de carne de pollo y huevos de mesa, es no renovable. Barber, Classen, y Thacker (1989), mencionan que la industria pecuaria tiene una alta dependencia de los combustibles fósiles

ya que genera finalmente productos alimentarios y no alimentarios. Esta afirmación se realiza considerando los estudios realizados por Southwell y Rothwell (1977), quienes indican que la cantidad de energía requerida para la producción de un kilogramo de huevo y un kilogramo de carne de pollo es de 22,9 y 18,9 MJ respectivamente, mientras que para el consumo de energía endosomática es decir la energía nutricional se relacionó en 0,11 y 0,32 MJ en el mismo orden. En otros estudios se indica que el consumo energético para la producción de 1 kilocaloría de proteína procedente del consumo de la carne de pollo se tienen que invertir alrededor de 4 kilocalorías⁷ provenientes de energía fósil y para la producción de 1 kilocaloría de proteína proveniente del consumo de huevos se tienen que invertir 39 kilocalorías provenientes de energía fósil (Pimentel y Pimentel, 2008).

La metodología MuSIASEM hace hincapié en la importancia de la dimensión de tiempo asociado a los flujos de energía, medido en la capacidad de convertir la entrada de energía en energía útil en un período determinado de tiempo. En base a ésta consideración es evidente que la producción de carne de pollo y huevo de mesa requiere de grandes cantidades de energía, principalmente de energía fósil.

La energía no nutricional que se observa en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. representa el consumo de energía fósil que fue necesaria para producir un Kg de alimento, como puede verse los valores difieren drásticamente entre los dos tipos de alimentos analizados y sobre todo difieren de los establecidos en los estudios antes mencionados, una de las causas probables de esta variación es que los procesos productivos en nuestro país dependen totalmente de combustibles fósiles haciéndolos ineficaces en cuanto al uso de energía e insostenibles a largo plazo.

El uso permanente de combustibles fósiles no renovables contribuye altamente con la polución del aire debido a la generación de gases tóxicos,

⁷ 1 Kcal equivale a 0,004184 MJ

la acidificación de la tierra y del agua, razones de peso para adoptar en corto plazo prácticas que sean ecológicamente sanas y sostenibles, como el enriquecimiento del suelo con materia orgánica mediante la rotación de cultivos, la utilización de sustancias agroquímicas y fertilizantes orgánicos, actividades que se encuentran detalladas en la guía de buenas prácticas agrícolas propuesta por FAO (2002).

La Figura 4.7 muestra la cantidad de energía fósil que fue requerida en el año 2012 para la producción de un kilogramo de alimento balanceado en relación a la producción tanto de carne de pollo como de huevos de mesa producidos en ese año. Es preciso recordar que existió mayor demanda de carne de pollo, no así la demanda de huevos de mesa, esta particularidad repercute en el cálculo de energía fósil involucrada para satisfacer la demanda de cada alimento.

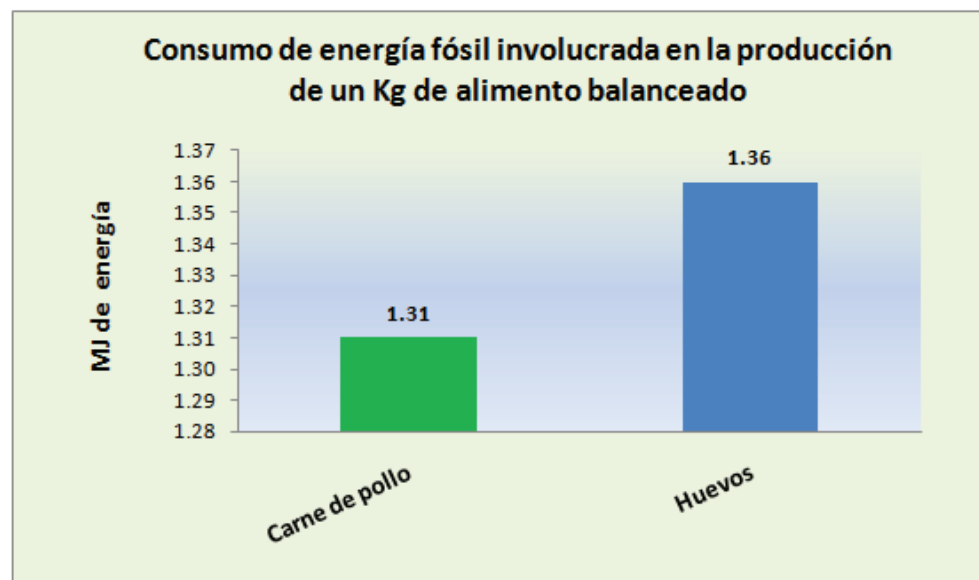


Figura 4.5 Representación del consumo de energía fósil requerido para producir un Kg de alimento balanceado utilizado en la producción de carne de pollo y huevo de mesa

Fuente: Elaboración propia

La Revolución Verde⁸ aumentó el flujo de energía a la agricultura en aproximadamente 50 veces al insumo energético de la agricultura tradicional. El consumo de energía agrícola se reparte de la siguiente manera: 31% para la producción de fertilizantes inorgánicos, 19% para la operación de maquinaria agrícola, 16% para transporte, 13% para irrigación, 8% para la crianza de ganado (sin incluir el alimento para ganado), 5% para secar la cosecha, 5% para la producción de pesticidas, 3% para usos varios. La relación existente entre la energía fósil consumida y la energía generada en la agricultura es de 0,7 Kcal (Giampietro & Pimentel, 1993). En el caso de nuestro estudio el 98% de la energía corresponde a la aplicación de fertilizantes y cerca del 2% a la aplicación de plaguicidas. Estos datos muestran como el uso de suelo destinado sobre todo a monocultivo, en este caso destinado al cultivo de maíz requerido para la fabricación de alimentos balanceados necesita de altas cantidades de fertilizantes para mantener el rendimiento esperado.

d. Consumo de alimento balanceado por alimento producido.

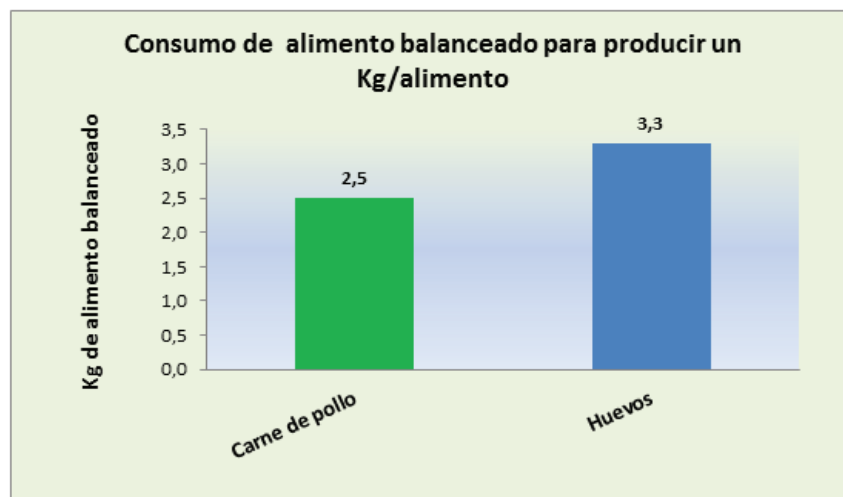


Figura 4.6 Representación del consumo de alimento balanceado para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo

Fuente: Elaboración propia

⁸ La Revolución Verde hace referencia al incremento de la producción agrícola para cubrir las demandas de alimentación de toda la humanidad. Esto se consigue con el aumento de producción por cada hectárea cultivada, lo que ha generado prácticas de cultivo que utilicen grandes cantidades de fertilizantes, pesticidas, y maquinaria pesada (FAO, 1996).

Ahora bien, en el caso del consumo de alimento balanceado para el ave, es necesario considerar el índice de conversión utilizado para medir la cantidad de alimento necesario para producir 1Kg de carne de pollo o 1Kg de huevo de mesa. De acuerdo a lo especificado en Manuales de Avicultura (Facultad de veterinaria, 2012), el consumo del alimento balanceado y agua están relacionados, sin embargo se indica que para producir un huevo se requiere 160 g de alimento balanceado, es decir por cada Kg de huevo se requiere de 2,5 Kg de alimento y para obtener un kilogramo de carne de pollo se requiere 1,8 Kg de alimento.

Tabla 4.4 Comparación acerca de la cantidad de alimento balanceado requerido para producir 1Kg de carne de pollo o 1 Kg de huevo con datos de literatura

Datos	Consumo alimento balanceado	
	Carne de pollo (Kg)	Huevos (Kg)
Estudio	2,5	3,3
Literatura	1,8	2,5

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.4, muestra la discrepancia entre los valores obtenidos en este estudio y los encontrados en la literatura, la razón se debe a que los estudios publicados hacen referencia a datos obtenidos en países desarrollados tecnológicamente y que manejan protocolos de control del ave más estrictos, los cuales contribuyen a que el porcentaje de desperdicio de alimento balanceado sea menor. Esta particularidad permite obtener 1 Kg de carne o 1Kg de huevo con una menor inversión de alimento balanceado.

e. Actividad humana requerida por carne de pollo/huevo producido

Respecto a la actividad humana, debe indicarse que no existen investigaciones relacionadas con esta variable de estudio, razón por la cual éste trabajo de investigación podría resultar ser uno de los primeros en los que se ha considerado relevante el uso de este recurso en el desarrollo de actividades productivas en América Latina. Es importante recalcar además

que la mano de obra puede ser estimada como un consumo energético debido a la cantidad de energía empleada en la ejecución de las actividades previstas para la obtención de los alimentos en estudio.

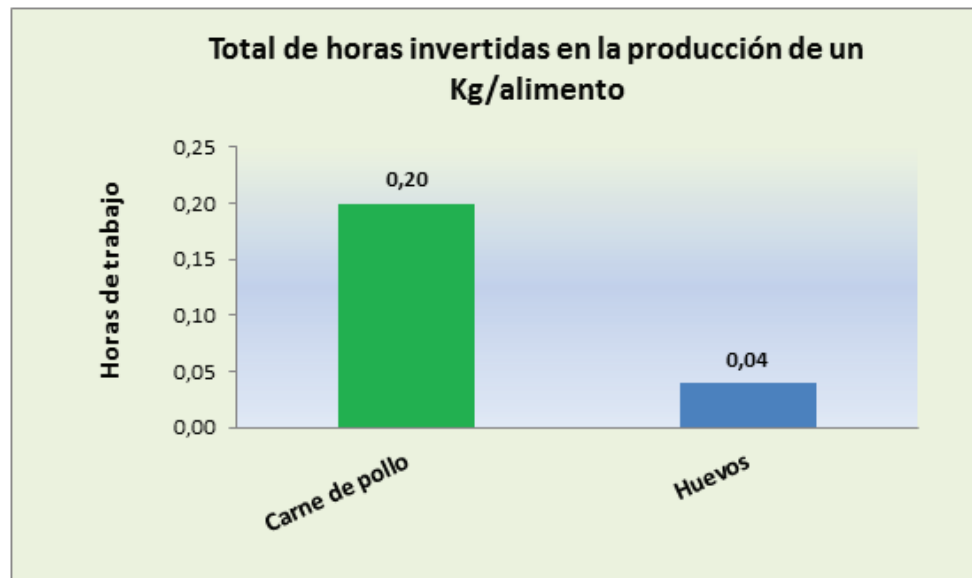


Figura 4.7 Representación del tiempo en horas dedicado por la actividad humana para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.

Fuente: Elaboración propia

Para ejemplificar lo descrito en el párrafo anterior se describe lo que ocurre en el sistema alimentario de EE.UU, quienes consumen diez veces más energía que la que producen en forma de alimentos. Una hora de trabajo endosomático en los EE.UU general alrededor de 100.000 kcal de energía exosomática, el flujo de energía exosomática requerido para proporcionar su dieta diaria se consigue en sólo 20 minutos de trabajo (Pfeiffer, 2007).

En el presente estudio se muestra que para producir 1 Kg de carne de pollo en 2012 que aporta 2.400 Kcal requirió de 12 minutos de trabajo que equivale a emplear 80,64 ⁹Kcal de energía exosomática y para producir 1 Kg de huevo de mesa que aporta con 2.700 Kcal fueron necesarios 2,4

⁹ 0,2 horas trabajando x 60 minutos x 70 kg x 0.096 (A. Carbajal, 2002).

minutos de actividad humana que equivale a 16,1 Kcal de energía exosomática. Por lo tanto es mayor la energía que se produce en el alimento que la que se emplea en la obtención del mismo. Estos valores podrían disminuir si se considera incrementar el uso de maquinarias y equipos especializados en los procesos productivos.

f. Consumo del recurso suelo por alimento producido.

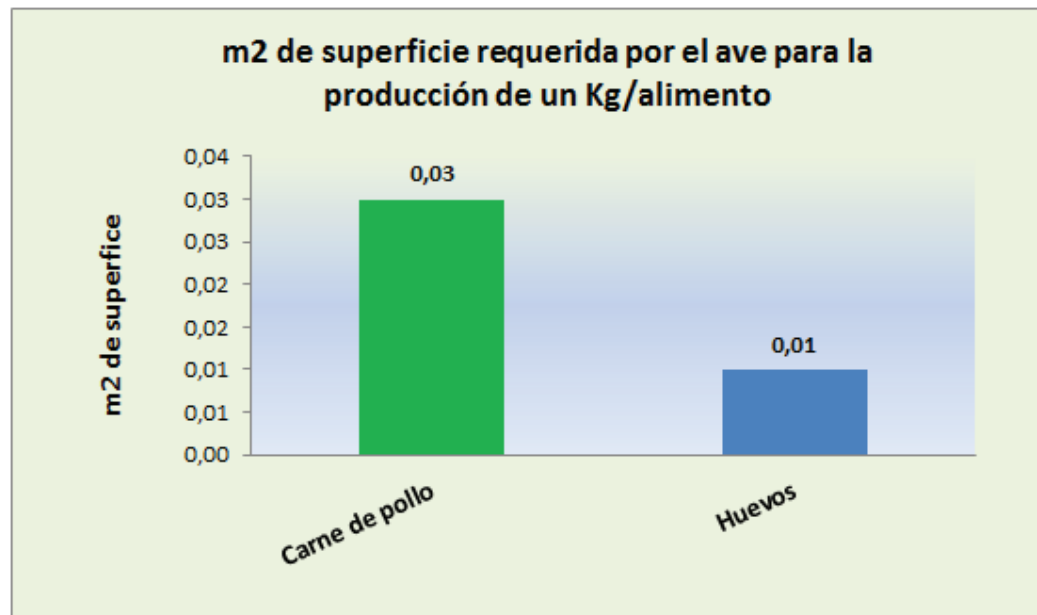


Figura 4.8 Representación de superficie en m² requerida por el ave para producir un Kg de huevo de mesa y un Kg de carne de pollo.

Fuente: Elaboración propia

Al igual que la variable anterior, este indicador constituye una nueva información.

Respecto al uso del suelo, tanto para el proceso de crianza como para el proceso de postura en la obtención de huevos de mesa, se requirió de 0,04 m²/ave, por lo que para mantener a 1.577.976 aves productoras de huevo se requirieron 6,3 hectáreas para cada etapa, es decir un total de 12,6 hectáreas para crianza y postura. De igual manera para el caso de producción de carne de pollo, en la etapa de crianza se requirió de 0,03

m²/ave, por tanto para mantener las 48.063.210 aves se necesitó de 144,2 hectáreas de suelo.

Por otro lado, la producción de 226.643 toneladas de balanceado requeridas para alimentar tanto a las aves productoras de huevo de mesa como para aves de engorde necesitó de 61.421 hectáreas de suelo.

4.3 CONSUMO DE RECURSOS

a. Consumo de agua

La Figura 4.11 muestra el consumo de agua a lo largo de la cadena de producción de huevos de mesa y carne de pollo, es así que el proceso que consume mayor cantidad de agua es la producción de alimento balanceado tanto para carne de pollo con un consumo de 99.2%, como para huevo de mesa con un 98.5%.

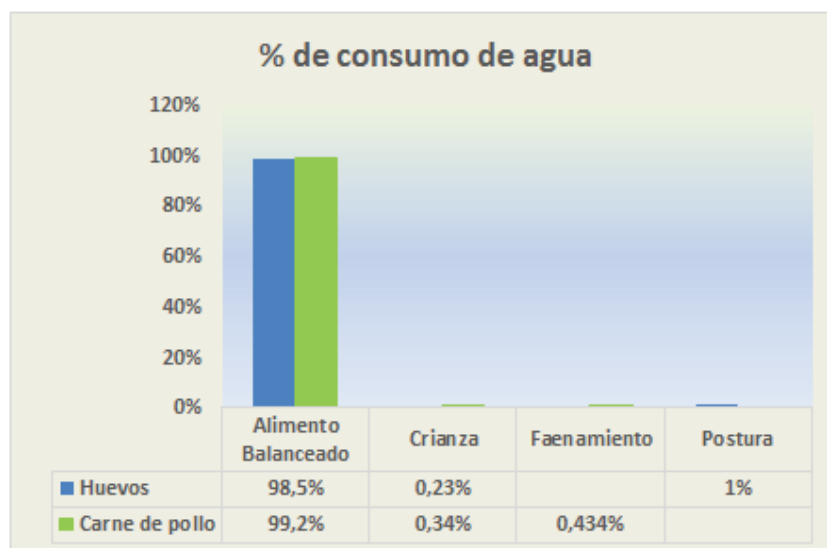


Figura 4.9 Porcentaje de consumo de agua por cada alimento en estudio a lo largo de su cadena de producción, año 2012

Fuente: Elaboración propia

b. Consumo de energía

Otro aspecto crítico es el requerimiento de energía, tanto fósil como eléctrica dentro de los procesos productivos. La Figura 4.10 muestra que en el proceso de producción de carne de pollo el mayor consumo de energía se concentra en la producción de alimento balanceado con un 98%, es decir la fase de crianza y faenamamiento del ave tienen un requerimiento de energía despreciable dentro del proceso productivo. En cambio la producción de huevo de mesa si bien requiere de gran cantidad de alimento balanceado para producirse, la energía necesaria para satisfacer el requerimiento de éste insumo es ínfimo comparado con la cantidad de energía fósil que demandan las fases de crianza y postura en las que se halla repartida de manera equitativa.

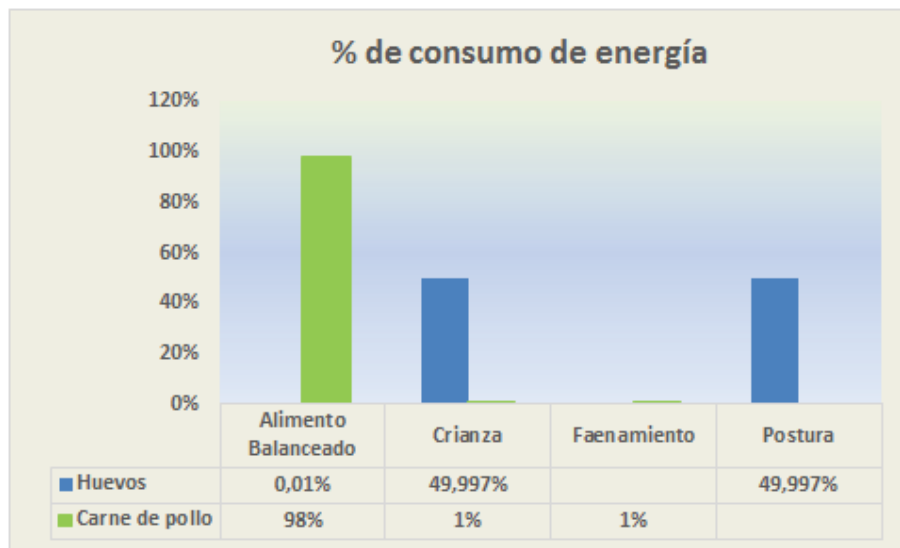


Figura 4.10 Porcentaje de consumo de energía por cada alimento en estudio a lo largo de su cadena de producción, año 2012

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente la producción de alimento balanceado tiene su inicio con el cultivo de maíz. El uso de fertilizantes y plaguicidas en la producción de éste cereal es constante y trae consigo efectos negativos para el medio ambiente. Sólo en el Ecuador para el año

2010 se registró el uso de 10 toneladas de fertilizantes por cada 1.000 hectáreas de cultivo, y para el año 2013 en una de cada diez hectáreas de cultivo se utilizó plaguicidas de carácter extremadamente tóxico (Grupo de Estudios Económicos, 2013). De acuerdo a lo expuesto por (INEC, 2013) el 67% de la población no conoce cómo usar adecuadamente los plaguicidas, esta realidad se ve reflejada en el mal uso de estos compuestos químicos, lo que conduce a contaminar de manera agresiva no solo al suelo sino también a grandes volúmenes de aguas superficiales y subterráneas.

La contaminación de la que se habla se debe a que los plaguicidas al ser sustancias químicamente complejas están sujetas a sufrir una serie de transformaciones a nivel físico, químico y biológico en el medio ambiente, incluso sus residuos pueden ser arrastrados por corrientes de aire y agua a grandes distancias, contaminando superficies de terreno ajenas a las del cultivo para el cual fueron empleados (García & Rodríguez, 2012). Finalmente el resultado obtenido en este estudio revela que la producción de alimento balanceado requiere de gran cantidad de recursos, entre ellos el uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas, los cuales a su vez requieren de gran cantidad de energía para ser sintetizados.

Tabla 4.5 Valores de consumo de plaguicidas y fertilizantes requeridos para la producción de maíz, año 2012

Producto	Plaguicidas	Fertilizantes
	Ton/ha	Ton/ha
Huevos	13	1100
Carne de pollo	355	29200

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4.5 muestra la cantidad de productos químicos que fueron empleados en la producción de maíz requerido para alimentar a las aves productoras tanto de carne de pollo como de huevos de mesa en el año 2012. Como puede observarse la producción de alimento balanceado

para satisfacer la demanda de alimento del total de aves productoras de huevo en 2012 necesitó aproximadamente del 4% de la cantidad de plaguicidas y fertilizantes requeridos para el proceso de producción de carne de pollo.

c. *Mano de obra*

Para el año 2012 de acuerdo a la investigación realizada se confirmó que en la producción pecuaria se invirtió mayor cantidad de horas de trabajo para la producción agrícola enfocada en la producción del alimento balanceado requerido para alimentar a las aves de engorde (carne de pollo), tal como se muestra en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Total de horas trabajadas por cada alimento en estudio a lo largo de su cadena de producción, año 2012

Producto	Alimento Balanceado	Crianza	Faenamiento	Postura
	(Horas trabajadas)			
Huevos	600.401	294	-----	324.496
Carne de pollo	15.983.245	3.852	1.384.218	-----

Fuente: Elaboración propia

Manabí es una de las provincias con mayor superficie agrícola, razón por la cual sus sectores de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca representaron en el 2012 el 11% de la Población Económicamente Activa (PEA). Al comparar la información obtenida en este estudio con los datos del Contexto Social y Productivo de la Provincia de Manabí (2012), se confirmó que la demanda de tiempo (horas de trabajo) requerido para la producción de carne de ave y huevos de mesa se concentró en la producción del alimento balanceado, el cual está íntimamente relacionado con el tiempo invertido en el cultivo de maíz. Para el año de estudio 159.706 personas aproximadamente se hallaron implicadas en actividades agrícolas en esta provincia, las cuales necesitaron de un gran esfuerzo por

la complejidad de las mismas, pues el cultivo del cereal requiere no solo de la siembra y cosecha, sino también de actividades como el riego de manera periódica, control de plagas, entre otras, de ahí el gran número de horas de trabajo involucradas únicamente en la producción de maíz, lo cual repercute directamente en los procesos productivos de carne de pollo y huevos de mesa.

4.4 CARACTERIZACIÓN ECONÓMICA

Los datos obtenidos en la caracterización económica nos permite identificar que el costo de producción varía entre los dos procesos, es así que para obtener carne de pollo y huevo de mesa en la provincia de Pichincha en el año 2012 se invirtieron 146,7 y 20,4 millones de dólares respectivamente, por tanto el proceso que requiere de mayor inversión económica sin lugar a duda es el de producción de carne de pollo.

Un dato importante que se puede observar en estas caracterizaciones, es el costo variable del alimento balanceado, en las Figura 4.11 y Figura 4.12 puede evidenciarse la elevada participación que tiene este insumo en la estructura de costos de producción. Esta realidad vuelve vulnerables a los dos procesos productivos debido a la fluctuación de precios que pudiere presentar el alimento balanceado.

Los costos por la adquisición de los pollitos bebés necesarios para dar inicio al proceso de engorde y de postura se encuentran entre el 13 y 14 % del costo total de producción. La alimentación del ave y el consumo de energía (fósil y eléctrica) constituyen el 80% del costo total de producción.

Por otra parte, el costo de la mano de obra y el de consumo de agua representan valores monetarios extremadamente pequeños respecto a los mencionados anteriormente a pesar de que éstos se ven involucrados a lo largo de todo el proceso productivo, particularidad que contribuye a mejorar los niveles de rentabilidad en las dos líneas de negocio.

COSTO PRODUCCIÓN CARNE DE POLLO

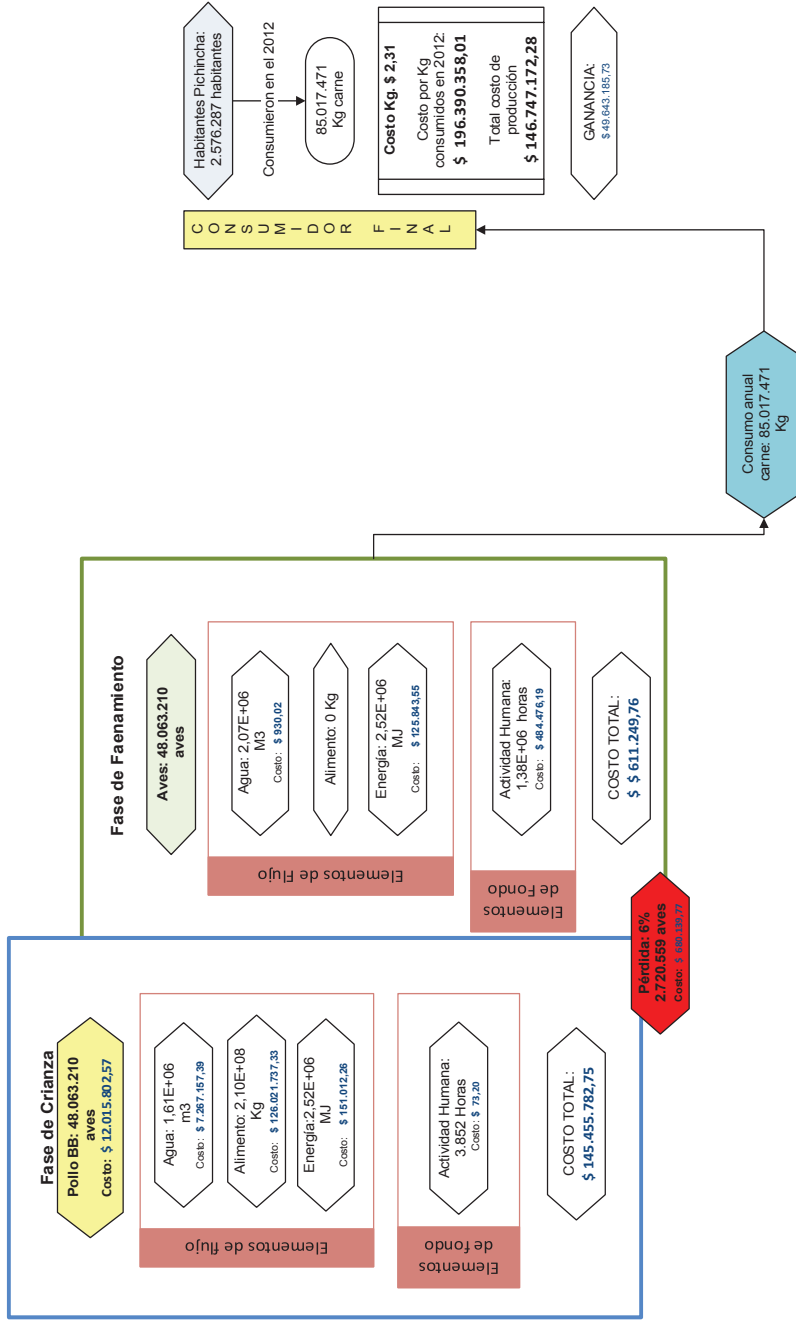


Figura 4.11 Caracterización económica en la producción de carne de pollo

Fuente: Elaboración propia

COSTO PRODUCCIÓN HUEVO DE MESA

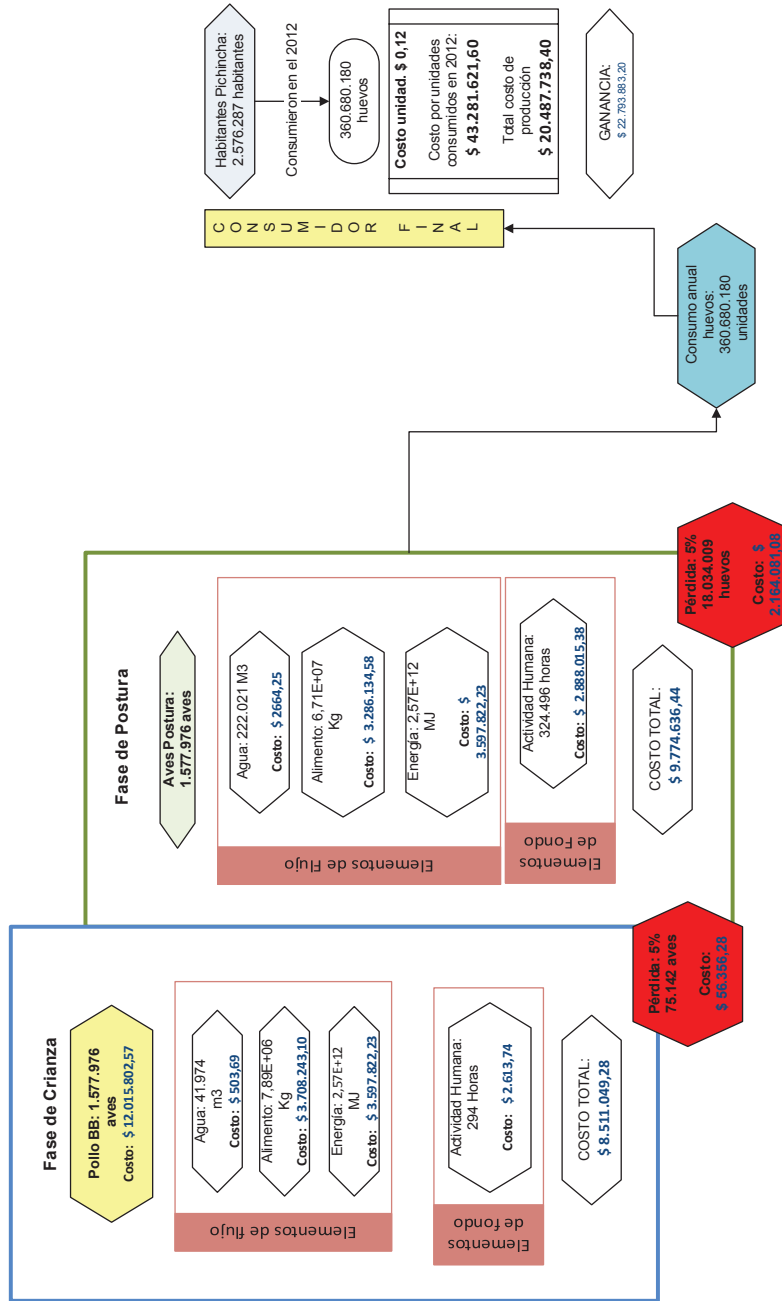


Figura 4.12 Caracterización económica en la producción de huevo de mesa

Fuente: Elaboración propia

4.5 ESCENARIOS

Como se indicó en el capítulo anterior, en este apartado se mostrará la utilidad que tiene este tipo de representación, denominado también diagnóstico, para analizar la sustentabilidad biofísica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos en la provincia de Pichincha.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en los dos escenarios propuestos en la Metodología.

Escenario 1: Se consideró que la dieta alimenticia referida para el año de estudio 2012 se mantiene constante en el tiempo, por lo tanto se utilizó la proyección de la población de Pichincha para el año 2035 para evaluar los requerimientos biofísicos necesarios para satisfacer la demanda de carne de pollo y huevos.

Según los datos del INEC (2014) basada en el censo del año 2010, la población ecuatoriana pasará de 15 a 21 millones de personas para el año 2035. Considerando una tasa de crecimiento del 1.8% anual, la población de Pichincha en el año 2035 tendría una población de aproximadamente 3.642.866 habitantes. Bajo este supuesto y tomando en cuenta los resultados preliminares de la investigación utilizando la metodología MuSIASEM, se presenta a continuación los requerimientos en cuanto a recursos se refiere para mantener el patrón de consumo actual, con un consumo de 33 Kg pollo/persona/año y con un consumo de 140 huevos/persona/año.

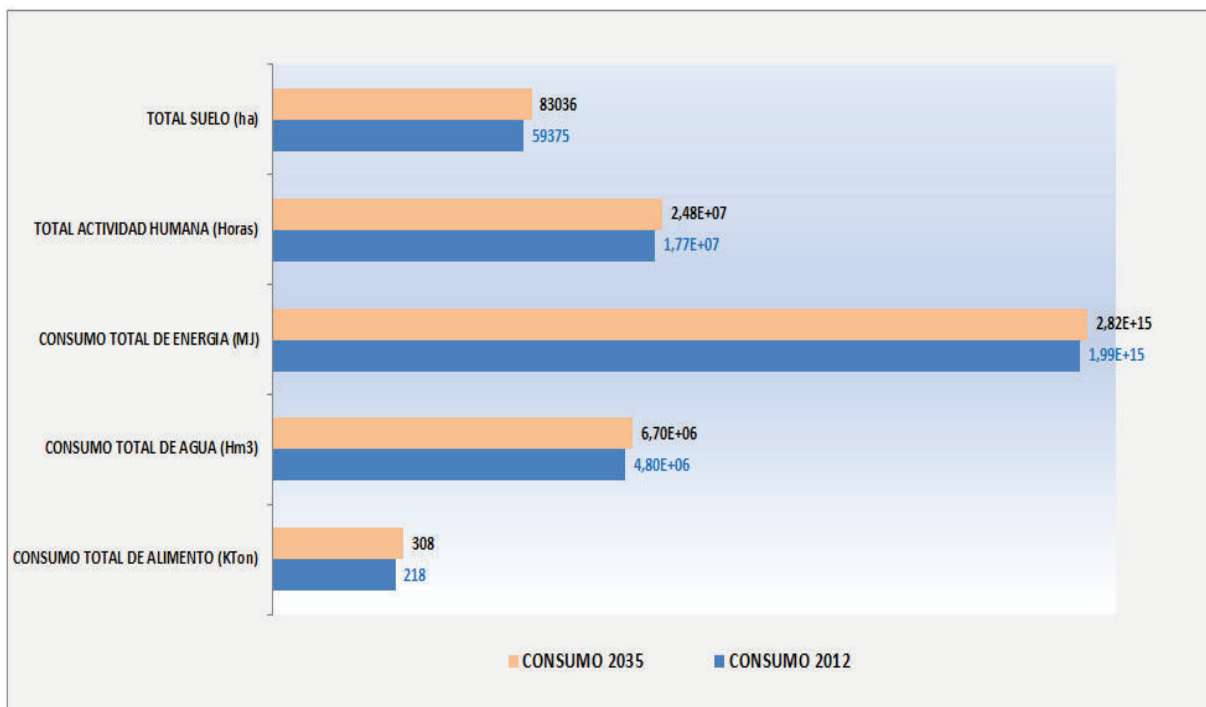


Figura 4.13 Posible escenario de consumo de recursos para producción de carne de pollo y huevo de mesa para la provincia de Pichincha en 2035

Fuente: Elaboración propia

La Figura 4.13 resume el posible escenario de consumo de recursos para producción de carne de pollo y huevo de mesa para la provincia de Pichincha en 2035, comparado con la situación que enfrentó la provincia de Pichincha en el año 2012.

Los requerimientos necesarios para satisfacer la demanda de los dos alimentos en la provincia de Pichincha en el año 2012, con una población de 2.276.285 personas - fueron de 218 mil toneladas de alimento balanceado, 4.8E+6 hectómetros cúbicos de agua, 2.6E+15 megajoules de energía (contemplando la energía fósil y la eléctrica), una inversión de 1.77E+7 horas de trabajo humano, y 59 mil hectáreas de suelo, que como se había indicado anteriormente comprende en porcentaje mayoritario la extensión de tierra destinada al cultivo de maíz previo al procesamiento del alimento balanceado. Al realizar un ejercicio de proyección, los 3.642.866 de habitantes con los que contaría la provincia de Pichincha en 2035, con la misma dieta alimenticia, es

decir manteniendo en el tiempo el consumo de 33 Kg pollo/persona/año y 140 huevos/persona/año, se necesitarán de 308 mil toneladas de alimento balanceado, $6.7E+6$ hectómetros cúbicos de agua, $3.7E+15$ megajolues de energía (contemplando la energía fósil y la eléctrica), la inversión de $2.48E+7$ horas de trabajo humano, y 83 mil hectáreas de suelo.

A medida que la población crece, para cubrir la demanda de los dos productos existirá una mayor presión sobre los recursos, entre los que más preocupan sin lugar a duda está el consumo de energía, el gran consumo de agua que sería necesario tanto en el desarrollo mismo de las actividades productivas, pero sobre todo la gran demanda de agua dulce que se necesitaría para regadío de los cultivos de maíz necesarios para satisfacer a su vez el incremento de la demanda de alimento balanceado. En el capítulo anterior se había indicado que la demanda de maíz para el procesamiento del alimento balanceado provenía mayoritariamente de la provincia de Manabí caracterizada por ser una provincia netamente agraria, el aumento en la demanda de alimento exige un incremento de suelo básicamente para el cultivo del cereal, que de acuerdo a la proyección realizada sin ninguna alteración en la dieta alimenticia que tuvo la población en el 2012 requeriría de aproximadamente 24 mil hectáreas más de suelo.

Escenario 2: En este escenario se consideró un cambio en la dieta alimenticia de la población de Pichincha, utilizando como referencia el consumo de carne de pollo y huevos para Brasil en el año 2012.

Este escenario considera el sostenimiento de la tendencia creciente en el consumo de carne de pollo y de huevos de mesa debido al aumento de población y a la accesibilidad de ésta presente para adquirir los dos productos.

Si se asume que para el año 2035 los niveles de consumo de carne de pollo y huevos en la provincia de Pichincha se situarán en los mismos niveles que

tuvo Brasil en 2012, es decir un consumo de 58,1 Kg pollo/persona/año y un consumo de 210 huevos/persona/año según reportó la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI, 2016), la demanda de alimento aumentaría aproximadamente 1,8 veces con respecto a la que tuvo la población de Pichincha en 2012.

La Figura 4.14 muestra un posible escenario para el 2035, contemplando un cambio de dieta en la población de la provincia de Pichincha para este año.

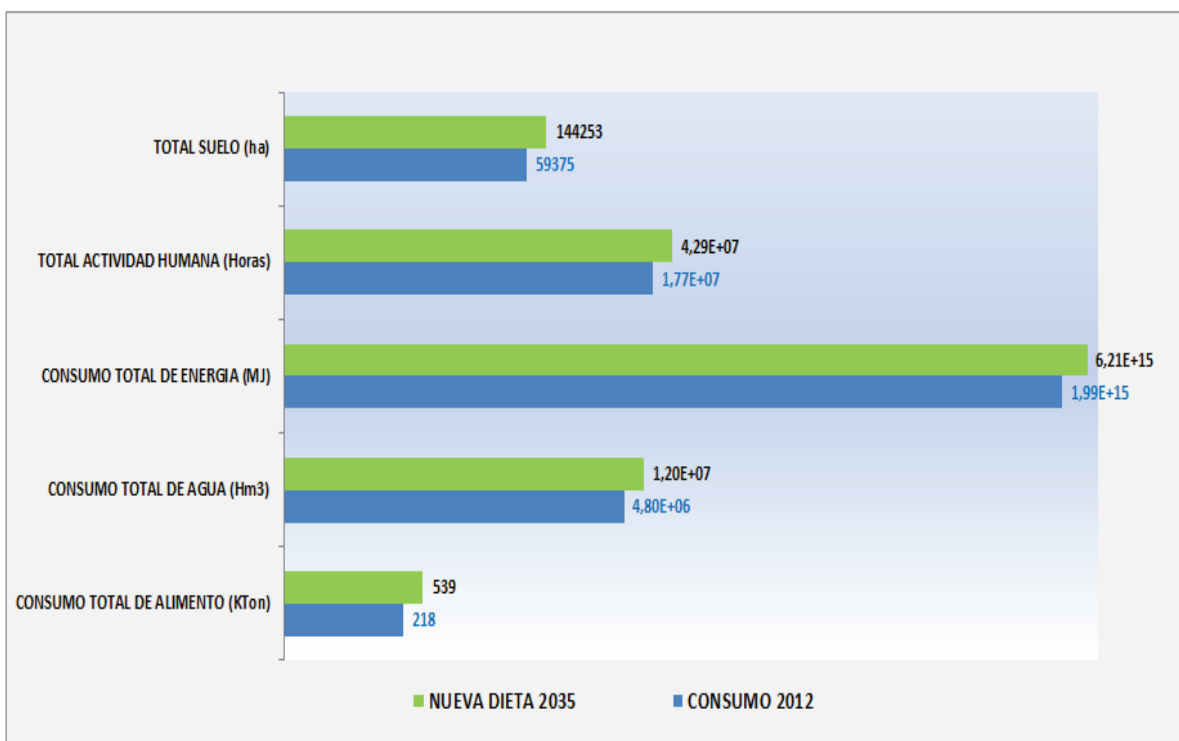


Figura 4.14 Posible escenario de consumo de recursos para producción de carne de pollo y huevo con nueva dieta en la población de Pichincha en 2035

Fuente: Elaboración propia

Los requerimientos necesarios para satisfacer la demanda de los dos alimentos en provincia de Pichincha en el año 2035, con una población de 3.642.866 de habitantes cambiando su dieta, requeriría de 539 mil toneladas de alimento balanceado, 1.2E+7 hectómetros cúbicos de agua, 6.21E+15

megajolues de energía (contemplando la energía fósil y la eléctrica), la inversión de $4.29E+7$ horas de trabajo humano, y 144 mil hectáreas de suelo. Comparando estas cifras con las requeridas para satisfacer la necesidad alimentaria de 2012 se necesitaría aproximadamente 2.5 veces más la cantidad de recursos para cubrir la demanda de alimento proyectada.

Se presionará fuertemente la demanda de agua y suelo para la producción de estos alimentos, sin embargo se debe considerar que el aumento de población requerirá de estos recursos para satisfacer en primer lugar la necesidad del agua como líquido vital, y en el caso de suelo se necesitará de más extensiones de territorio para satisfacer el requerimiento de vivienda de la población. La proyección realizada muestra claramente que a futuro sin tomarse medidas en el corto plazo los dos procesos productivos resultarían insostenibles.

La aplicación de la gramática del MuSIASEM, utilizada como una herramienta para hacer un diagnóstico de la situación actual, confirma la necesidad de realizar una transformación a la matriz agroproductiva del Ecuador, acogiendo el concepto de Soberanía Alimentaria citada en la Constitución de la República, considerando los impactos positivos y negativos que enfrentaría no solo la población de la provincia de Pichincha en la que se ha concentrado este estudio, sino en todo el país, con la toma de decisiones que involucre por ejemplo el uso responsable de recursos no renovables y la protección de los ecosistemas.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La caracterización biofísica del sistema de producción de carne de pollo y de huevos presentada en este trabajo de investigación puede servir como fuente de información, para la toma de decisiones en búsqueda de un desarrollo sostenible del sector avícola no solamente para la provincia de Pichincha sino para el país en general, considerando el uso de recursos y la eficiencia de cada proceso productivo con miras hacia el futuro.
- La obtención de indicadores usando la gramática del MuSIASEM para el estudio de los dos procesos productivos permitió determinar lo siguiente:
 - a) La población de la provincia de Pichincha en el año 2012 consumió mayormente carne de pollo antes que huevos de mesa en una proporción 4:1, esto se debió principalmente a la dieta alimenticia que mantuvo la población en ese año y al aporte nutricional que tiene el alimento.
 - b) La producción de un kilogramo de huevo de mesa necesitó de apenas el 14% de agua, 20% de horas de trabajo y 33% de superficie en m² que los requeridos para producir un kilogramo de carne de pollo en este año.
 - c) La producción de un kilogramo de huevo de mesa necesitó de 24% más alimento balanceado, para que el requerido para producir un kilogramo de carne de pollo en el año de estudio.
- La caracterización económica permitió determinar la rentabilidad que tuvo cada proceso productivo en el año 2012, considerando el porcentaje de pérdidas o desperdicios generados en cada fase productiva, es así que:

- a) En el proceso de producción de carne de pollo la fase de crianza resultó ser más costosa en este año, esto debido a la gran cantidad de alimento balanceado que se requirió para la producción de las 113.356,6 toneladas de carne de pollo. Sin embargo la producción de esta cantidad de alimento generó en 2012 una ganancia de aproximadamente 50 millones de dólares. Cabe indicar que la rentabilidad que el proceso productivo genere depende en gran parte del tipo de empresa en el que se desarrolle, los datos entregados en esta investigación revelan cuál fue el manejo de recursos para la obtención de carne de pollo en una empresa con integración plena.
- b) En cuanto a la producción de huevo de mesa, la fase de postura resultó la más costosa, debido a la demanda de alimento que se requirió para producir los 360.680.180 huevos en este año. La rentabilidad en esta línea de negocio se vio afectada por el alto porcentaje de pérdida de aves tanto en fase de crianza como postura, sin embargo para 2012 se registró una ganancia de aproximadamente 23 millones de dólares.
- La caracterización biofísica y económica permitió determinar la cantidad de recursos que están siendo utilizados para la producción tanto de huevos de mesa como para carne de pollo, así como también conocer los costos que están involucrados en la obtención de estos alimentos. Es así que el principal recurso a controlar es el consumo de alimento balanceado, para el cual la industria avícola debe tomar serio control en su fabricación y distribución a fin de minimizar las pérdidas que se generan tanto en la obtención de materias primas, proceso intermedios y en la distribución del producto final.
 - Los escenarios presentados en el capítulo de resultados, usando la gramática MuSIASEM permitieron evidenciar cuál será la presión que se ejercerá sobre los recursos con la finalidad de satisfacer la demanda alimenticia de la población de Pichincha a futuro, especialmente la energía debido al consumo recurrente de combustibles fósiles, y al suelo requerido

sobre todo por el cultivo de maíz necesario para la producción de alimento balanceado.

5.2 RECOMENDACIONES

- En base a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda a las empresas productoras de estos alimentos dentro del sector avícola optimizar sus procesos a través de: mejora de infraestructura, seguimiento y control de cada fase del proceso, uso de maquinarias tecnificadas, con el fin de optimizar recursos, mejorar productividad, y por ende aumentar la rentabilidad del negocio de manera directa.
- A futuro el uso de suelo será fuertemente demandado específicamente para destinarlo al cultivo de maíz (materia prima indispensable para la producción de alimento balanceado), por tanto se recomienda considerar el uso de la Biotecnología para obtener controles más eficientes y sustentables en los cultivos del cereal como; el empleo de bacterias regeneradoras de suelos, o el uso de abonos orgánicos que contribuirían a disminuir el consumo de plaguicidas y sobre todo el de fertilizantes requeridos fuertemente para mejorar los rendimientos del cultivo.
- La demanda tan alta de recursos que soportará no solo la provincia de Pichincha sino el resto del país para conseguir satisfacer la demanda alimenticia a futuro, exige la creación de políticas más exigentes en cuanto al uso de recursos para cualquier actividad productiva y más aún para las que involucran producción de alimento, de modo que no se atente contra el Artículo 281 de la Constitución Política del Ecuador, “la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008). En este punto incluso se podría analizar lo expresado por Giampietro y Pimentel

(1993), quienes indican que cuanto menor sea la densidad de población, menor será la demanda de energía para la producción de alimentos.

- El consumo de combustibles fósiles hace a menudo que ciertos países sean muy dependientes de otros, y considerando lo expuesto en los escenarios para el año 2035, la energía fósil será escasa por lo que se recomienda considerar el uso de nuevos tipos de energía como la solar, eólica, o uso total de energía hídrica, que contribuyan a la disminución de costos de producción y a una producción más limpia.

6 REFERENCIAS

- Abad, J. (1996). *La avicultura de puesta en España*. Barcelona.
- Agregaduría Agrícola Brasil. (2012). *Mercado avícola en Brasil*. Retrieved from <http://brasil.minagri.gov.br/wp-content/uploads/2012/03/Mercado-Avicola-en-Brasil.pdf>
- Agro, R. el. (2013). Análisis de la Avicultura Ecuatoriana. Retrieved May 18, 2015, from <http://www.revistaelagro.com/2013/09/24/analisis-de-la-avicultura-ecuatoriana/>
- Agrocalidad. (2014). *Programa Nacional de Prevención de influenza aviar*. Quito Ecuador. Retrieved from http://www.agrocalidad.gob.ec/agrocalidad/images/pdfs/sanidadanimal/programa_de_prevenicin_de_influenza_aviar.pdf
- Alcamo, J., Petra, Dö., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., RÖsch, T., & Siebert, S. (2003). Development and testing of the WaterGAP 2 global model of water use and availability. *Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques*, 48. Retrieved from https://www.uni-frankfurt.de/45217746/alcamo_hydr-scl-paper1.pdf
- Alders, R. (2005). *Producción Avícola por Beneficio y por Placer. Folleto de la FAO sobre diversificación* 3. Roma. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5114s/y5114s00.pdf>
- Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture toward 2030/2050. The 2012 Revision* (No. ESA Working paper No. 12-03). Rome, Italy. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>
- Alonso, F. (1996). *Diagnóstico de la avicultura nacional de 1972 a 1994*. Mexico DF. Retrieved from <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol7/CVv7c6.pdf>
- Alonso, F., & Acevedo, B. (2015). Importancia de las Integraciones Verticales y Horizontales en la producción de carne de pollo. Retrieved June 2, 2016, from <http://bmeditores.mx/importancia-las-integraciones-verticales-horizontales-en-produccion-carne-pollo/>
- Anomino. (2015). El consumo de pollo y de huevos cada vez es mayor. Retrieved

- September 20, 2016, from <http://www.ppdigital.com.ec/noticias/economia/6/el-consumo-de-pollo-y-de-huevos-cada-vez-es-mayor>
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Retrieved June 24, 2015, from http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Barber, E., Classen, H., & Thacker, P. (1989). *ENERGY USE IN THE PRODUCTION AND HOUSING OF POULTRY AND SWINE AN OVERVIEW* (Vol. 21). Retrieved from <http://www.nrcresearchpress.com/doi/pdf/10.4141/cjas89-002>
- Bennet, M. (1941). *Wheat studies of the Food Research Institute*. (Stanford University, Ed.) (vol. 12 y). Stanford, CA.
- Cadillo Benalcazar, J., Giampietro, M., Serrano-Tovar, T., & Bukkens, S. G. F. (2014). Food Grammar. In M. Giampietro, R. Aspinall, J. Ramos-Martín, & S. G. F. Bukkens (Eds.), *Resource Accounting for Sustainability Assessment*. London: Routledge.
- Cadillo, J. (2015). *El uso de la gramática del MuSIASEM para el análisis cuantitativo de la sostenibilidad de los sistemas alimentarios*. Universidad Autónoma de Barcelona. Retrieved from https://ddd.uab.cat/pub/tesis/2015/hdl_10803_322819/jjcb1de1.pdf
- Carbajal, A. (2002). Energía. Retrieved September 1, 2016, from <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/nutri1/carbajal/manual-04.htm>
- Carbajal, M. A. (2005). Hábitos de consumo de carne de pollo y huevos. Calidad nutricional y relación con la salud. In *XLII Symposium de Avicultura Científica*. Cáceres- España.
- Carrie, D., Cross, A., Koebnick, C., & Sinha, R. (2011). *Trends in meat consumption in the United States*. California.
- Chirinos, A., Rodríguez, G., & Bonomie, M. E. (2008). Integración vertical de la cadena de valor del sector avícola en el estado Zulia. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, XIV, 181. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/364/36414109.pdf>
- Cruz, J. (2012). Matanza de aves de manera industrial y manual. Retrieved March

- 14, 2016, from <http://matanzadeaves.blogspot.com/2012/06/etapas-del-proceso-de-faena-miento-de.html>
- D'Alisa, G., Di Nola, M. F., & Giampietro, M. (2012). A Multi-Scale Analysis of Urban Waste Metabolism: Density of Waste Disposed in Campania. *Journal of Cleaner Production*, 35, 59–70.
- de Vries, M., & de Boer, I. J. M. (2010). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128(1-3), 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>
- Delgado, C. L. (2005). Rising demand for meat and milk in developing countries: implications for grasslands-based livestock production. In *Grassland: a global resource* (pp. 29–39).
- El Sitio Avícola. (2015). Tendencias Avícolas Mundiales 2014: Baja la participación de América en la producción mundial de pollo. Retrieved May 5, 2016, from <http://www.elsitioavicola.com/articles/2673/tendencias-avacolas-mundiales-2014-baja-la-participacion-de-america-en-la-produccion-mundial-de-pollo/>
- Facultad de veterinaria. (2012). *Manual de Avicultura*. Barcelona. Retrieved from [https://www.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA AVICULTURA_castella.pdf](https://www.uclm.es/profesorado/produccionanimal/ProduccionAnimalIII/GUIA%20AVICULTURA_castella.pdf)
- FAO. (1996). Cumbre Mundial sobre la alimentación. In *Enseñanzas de la revolución verde, hacia una nueva revolución verde*. Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm>
- FAO. (2001). Food composition tables. In *FOOD BALANCE SHEETS- A handbook*. Roma: FAO. Retrieved from http://www.fao.org/docrep/003/X9892E/X9892e05.htm#P8217_125315
- FAO. (2002). *Las buenas prácticas agrícolas*. Retrieved from <http://www.fao.org/ag/esp/revista/faogapes.pdf>
- FAO. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo*. Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/016/i2697s/i2697s.pdf>
- FAO. (2015). Faostat.
- FENAVI. (2016). Estadísticas: Consumo Per Cápita. Retrieved August 29, 2016, from

http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2160&Itemid=556

- Flores, A. (2010). Los dueños del país que concentran el poder económico y político. *Opción*. Retrieved from <http://www.nodo50.org/opcion/222/economia3.php>
- Garcés, L. (2002). La revolución pecuaria y su impacto en los pequeños productores. *Revista Leisa*.
- García, C., & Rodríguez, G. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- Georgescu-Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. *The Economic Journal* (Vol. 83). <http://doi.org/10.2307/2231206>
- Giampietro, M., Aspinall, R., Ramos-Martín, J., & Bukkens, S. G. F. (2013). *Resource accounting in sustainability assessments: establishing a nexus between land, water, food, energy and wealth using the MuSIASEM* approach*. London: Routledge. Retrieved from <http://www.fao.org/energy/36622-0b659ca62d24d17df1eff7004ca3bdce6.pdf>
- Giampietro, M., & Mayumi, K. (2000). Multiple-scale integrated assessments of societal metabolism: Integrating biophysical and economic representations across scales. *Population and Environment*, 22, 155–210. <http://doi.org/10.1023/A:1026643707370>
- Giampietro, M., & Mayumi, K. (2012). Multiple-scale integrated assessment of societal metabolism: Introducing the approach. *Multiple-Scale Integrated Assessment of Societal Metabolism: Introducing the Approach*, 22, 109–153.
- Giampietro, M., Mayumi, K., & Ramos -Martin, J. (2009). Multi-scale integrated analysis of societal and eco system metabolism (MuSIASEM): Theoretical concepts and basic rationale. *Energy*, 34, 313–322.
- Giampietro, M., & Pimentel, D. (1993). *The Tightening Conflict: Population, Energy Use, and the Ecology of Agriculture*. Retrieved from http://www.npg.org/forum_series/tightening_conflict.htm
- Gonzaga, L. (2011). *Costos De Produccion Avicola de Los Caseríos Terremoto Y*

- Santa Cruz de la Parroquia Picaihua y su incidencia en los niveles de ingresos en el año 2010.* Universidad Técnica de Ambato. Retrieved from <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1458/1/TE0005.pdf>
- González de Molina, M. G. Toledo, V. M. (2014). *The Social Metabolism. A Socio Ecological Theory of Historical Change.* Springer International Publishing Switzerland. Retrieved from <http://www.springer.com/us/book/9783319063577>
- Grupo de Estudios Económicos. (2013). *Estudio sobre plaguicidas en Colombia. Estudios Económicos Sectoriales.* Bogota. Retrieved from http://www.sic.gov.co/drupal/recursos_user/documentos/Estudios-Academicos/Documentos-Elaborados-Grupo-Estudios-Economicos/7_Estudio_Sobre_Sector_Plaguicidas_Colombia_Diciembre_2013.pdf
- Hanasaki, N., Fujimori, S., Yamamoto, T., Yoshikawa, S., Masaki, Y., Hijioka, Y., ... Kanae, S. (2013). A global water scarcity assessment under Shared Socio-economic Pathways – Part 2: Water availability and scarcity. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17. Retrieved from <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/17/2393/2013/hess-17-2393-2013.pdf>
- Hernández, T., García, M., & Navarrete, M. (2006). *Análisis De Las Estructuras Organizacionales De Las Pequeñas y Medianas Empresas Exportadoras, del Municipio De Pachuca de Soto Hidalgo, ante un Ambiente Competitivo Y Globalizado.* Mexico DF. Retrieved from http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icea/LI_ComOrga/Dolores_Nava/pachuca.pdf
- Herrera, C. (2003). *Proyecto de inversión para la creación de la granja avícola “CEYRE “ en la provincia de Cotopaxi en el sector de Joseguango bajo.* Escuela Politécnica del Ejercito. Retrieved from <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/4336>
- Holling, C. . (2001). Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems. *Ecosystem*, 4, 390 – 450. Retrieved from http://www.esf.edu/cue/documents/Holling_Complexity-EconEcol-SocialSys_2001.pdf

- Hu, F. B., Stampfer, M. J., Rimm, E. B., Manson, J. E., Ascherio, a, Colditz, G. a, ... Willett, W. C. (1999). A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 281(15), 1387–1394. <http://doi.org/10.1001/jama.281.15.1387>
- INEC. (2013). *Uso de Plaguicidas en la Agricultura 2013*. Retrieved from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/plaguicidas/Plaguicidas-2013/Presentacion_resultados_principales-Uso_de_Plaguicidas_en_la_Agricultura_2013.pdf
- INEC. (2014). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU). Retrieved June 24, 2015, from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-2014/>
- INEN. Norma de Huevos y Ovoproductos (2013). Ecuador.
- Inprovo. (2015). Historia.
- Junta de Andalucía. (2012). *Descripción de los procesos productivos. Guía de apoyo a la notificación de emisiones contaminantes*. Retrieved from http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/60-252_GUIA_DE_APOYO_A_LA_NOTIFICACION_DE_EMISIONES_CONTAMINANTES/60-252/4_DESCRIPCION_DE_LOS_PROCESOS_PRODUCTIVOS.PDF
- Kaufmann, T. (2015). Granjas de baja emisión - Sostenibilidad en la producción de alimentos y animales. *Maiz Y Soya*, 48 – 53. Retrieved from https://issuu.com/maizsoya/docs/m_s_septiembre_2015low
- Madrid, C., Cabello, V., & Giampietro, M. (2013). Water-Use Sustainability in Socioecological Systems: A Multiscale Integrated Approach. *BioScience*, 63. Retrieved from <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/63/1/14.full.pdf+html>
- MAE, M. del A. Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, Pub. L. No. ACUERDO No. 061 (2015). ECUADOR. Retrieved

from

<http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/185880/ACUERDO+061+REFORMA+LIBRO+VI+TULSMA+-+R.O.316+04+DE+MAYO+2015.pdf/3c02e9cb-0074-4fb0-afbe-0626370fa108>

Martinez, J. (2003). *Marx, energy and social metabolism*. *Encyclopedia of Energy*. Retrieved from

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.503.3541&rep=rep1&type=pdf>

Mekonnen, M., & Hoekstra, A. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, 1 The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products 27, 26 (2010). Retrieved from http://waterfootprint.org/media/downloads/Report-48-WaterFootprint-AnimalProducts-Vol1_1.pdf

Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE. Delft, the Netherlands.

Narvaez, C. (2001). *Guía Práctica de Avicultura*. Quito Ecuador.

Odum, H. (1971). *Environment, power, and society*. New York: Wiley-Interscience.

Odum, H. (1983). *Systems ecology*. New York: Wiley.

Odum, H. (1996). *Environmental accounting: emergy and decision making*. New York: Wiley.

OMS. (2015). Carcinogenicidad del consumo de carne roja y de la carne procesada.

Orellana, J. (2014a). Análisis de la avicultura en Ecuador. *El Agro*, 22–24.

Orellana, J. (2014b). Información sobre el sector avícola del Ecuador (pp. 1–11). Retrieved from www.conave.org

Pimentel, D., & Pimentel, H. M. (2008). *Food, energy, and society* (Third Edit). Boca Raton, Fl. : CRC Press / Taylor & Francis G., cop.

Porter, M. E. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. (T. F. Press, Ed.) (first). NY. Retrieved from <http://94.236.206.206/dohodi.net/books/en/BusinessBooks/Michael>

- Porter/Michael.Porter.-.Competitive.Advantage.pdf
- Reina, J. (2013). *Metabolismo Social: Hacia la sustentabilidad de las transiciones socioecológicas urbanas*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/12514/1/890519-2013.pdf>
- Rollin, B. (2011). *Putting the Horse before Descartes* (primera ed). Philadelphia, Estados Unidos: Temple University Press. Retrieved from https://is.muni.cz/el/1441/podzim2015/SC4MK_ET/um/50586201/Rollin_Putting_the_Horse_before_Descartes.pdf
- Rosen, R. (1958). The representation of biological systems from the standpoint of the theory of categories. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 20, 317–341. <http://doi.org/10.1007/BF02477890>
- Rost, S., Gerten, D., Bondeau, A., Lucht, W., Rohwer, J., & Schaphoff, S. (2008). Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *WATER RESOURCES RESEARCH*, 44. Retrieved from <http://www.gwsp.org/fileadmin/downloads/2007WR006331.pdf>
- Ruiz, B. (2014). Brasil: el planeta de la producción avícola. Retrieved August 23, 2016, from <http://www.wattagnet.com/articles/21947-brasil-el-planeta-de-la-produccion-avicola?v=preview>
- Southwell, P., & Rothwell, T. M. (1977). *Analysis of output/input energy ratios of food production in Ontario*. Ontario.
- Tamayo, P., & Piñeros, J. (2007). Formas de integración de las empresas. *Ecos de Economía*, 24, 27 – 45. Retrieved from publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ecos-economia/article/.../642
- Torres, T., Tandazo, T., & Ordoñez, J. (2012). La industria del cemento desde el punto de vista de la ley antimonopolio. *Revista Ekos*. Retrieved from www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=325
- Tortuero, F. (2009). 50 años de SA: La avicultura desde hace medio siglo. Retrieved May 24, 2016, from <http://www.avicultura.com/2009/03/10/50-anos-de-sa-la-avicultura-desde-hace-medio-siglo/>
- Ulanowicz, R. (1986). *Growth and development: ecosystem phenomenology*. New York: Springer.

- Ulanowicz, R. (1995). Ecosystem integrity: A causal necessity. In L. Westra & J. Lemons (Eds.), *Perspectives on Ecological Integrity* (pp. 77–87). Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Veermae, I., Frorip, E., Kokin, E., Praks, J., Poilakalainen, V., Ruus, A., & Lepasalu, L. (2013). *Energy consumption in animal production*. Estonia.
- Victoria, M. (2011). Integración vertical para la cadena de valor en los agronegocios. *REvista EStudios Agrarios*, 76,77,79.
- Wattagnet. (2014). Medio ambiente y avicultura en América Latina. *Industria Avícola*, p. Wattagnet. Retrieved from <http://www.wattagnet.com/articles/21273-medio-ambiente-y-avicultura-en-america-latina>
- Wolman, A. (1965). *The metabolism of cities* (Sci. Am 21). Retrieved from <http://www.irows.ucr.edu/cd/courses/10/wolman.pdf>
- Zamacona, R. (2003). *Creación de valor en la empresa a través del análisis estratégico de costos*. Universidad de las Américas Puebla. Retrieved from http://caterina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lcp/zamacona_s_r/
- Zipf, G., Rosen, R., Kaufmann, S., & Morowitz, H. (1993). *Energy flow in biology*. *Axiomathes* (Vol. 79). Bloomington: The Principia Press. <http://doi.org/10.1002/bies.950170412>

ANEXOS