



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

La construcción de *Gallus gallus*
Organismos modelo y prácticas de estandarización

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

PRESENTA:

Miguel López Paleta

TUTORA

Dra. Edna M. Suárez Díaz

Facultad de Ciencias

Ciudad de México, febrero de 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

La investigación doctoral presentada en esta tesis fue realizada dentro del programa de **Doctorado en Filosofía de la Ciencia** de la **Universidad Nacional Autónoma de México** (UNAM) y para su realización conté con una beca de tiempo completo por parte del **CONACyT** (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) de 2013 a 2017.

De igual forma, los proyectos **PAPIIT IN401017**, **CONACyT 152879-H** y **CONACyT-DAAD 242618** hicieron posible la realización de estancias de investigación en la Universidad del Ruhr en Bochum, Alemania de septiembre a noviembre de 2014 y en la Universidad de Exeter en Inglaterra de septiembre a diciembre de 2015. Esta última estancia también fue posible gracias al programa de **Becas mixtas** de **CONACyT** durante el segundo semestre de 2015.

Por su parte, el **Programa de Apoyos a los Estudios de Posgrado (PAEP)** de la UNAM me permitió realizar tanto la estancia de investigación en Exeter, como asistir a dos encuentros bianuales de la *International Society for the History, Philosophy, and Social Studies of Biology* (ISHPSSB) en Montpellier, Francia (2013) y Montreal, Canadá (2015).

Agradezco a mi asesora **Edna M. Suárez Díaz** por su acompañamiento, guía y apoyo académicos a lo largo de esta investigación. De igual forma, agradezco a las integrantes de mi comité tutorial: **Vivette García Deister** y **Sabina Leonelli**, quienes permitieron encaminar la investigación y las versiones previas de cada capítulo hacia su versión final, a través de su lectura minuciosa, su recomendación de literatura, y su énfasis en destacar aquellos puntos clave la investigación realizada. También agradezco a mis sinodales **Sergio F. Martínez Muñoz** y **David Suárez Pascal** cuyas lecturas y revisiones me permitieron realizar una versión más concreta de la tesis que destacara las aportaciones relevantes de mi estudio de caso.

El cuarto capítulo se nutrió de comunicaciones personales con investigadores como **Hans H. Cheng, Martien Groenen** y **Susan J. Lamont**, a quienes les agradezco su apertura para comunicarme detalles sobre los especímenes utilizados en el mapeo genético del pollo doméstico y el proyecto de secuenciación genómica en general.

De manera personal, agradezco a **Mónica Livier Aguilar Martínez** por todo su apoyo y, aunque este párrafo es breve, la realización de esta tesis, la investigación reflejada en ella y mi desarrollo académico y personal a lo largo de estos años no hubieran sido posibles sin ella.

Finalmente, agradezco a mi familia, quienes me han impulsado en todas las etapas de mi formación académica.

Contenido

Agradecimientos.....	1
I. Introducción.....	7
I.1 Importancia de <i>Gallus gallus</i> en la biología y los estudios de la ciencia	11
I.1.1 Análisis históricos sobre el caso de <i>Gallus gallus</i> en las ciencias de la vida	13
I.2 Estructura de la tesis	17
Capítulo 1. Novedad y continuidad en la estandarización de <i>Gallus gallus</i>	20
1.1 La estandarización material de los organismos experimentales	21
1.1.1 Cuantificación y estandarización material	23
1.1.2 Perspectivas “generalistas” de la estandarización	26
1.2 La historicidad de la estandarización	28
1.2.1 Novedades y continuidades entre los episodios de estandarización de <i>Gallus gallus</i>	31
1.3 La estandarización en los estudios de la ciencia y la tecnología a través del caso de <i>Gallus gallus</i>	33
1.3.1 Relaciones entre estándares y las personas que los realizan	33
1.3.2 El uso del término “estándar”	36
1.3.3 Aspectos dinámicos de la estandarización.....	37
1.4 <i>Gallus gallus</i> en la discusión sobre los organismos modelo	41
1.4.1 Organismos estandarizados	41
1.5 La especificidad de <i>Gallus gallus</i>	43

1.5.1 <i>Gallus gallus</i> entre la agricultura y la investigación “básica”	45
1.6 <i>Gallus gallus</i> como un estudio de caso	49
Capítulo 2: Estandarización en la crianza comercial y de exhibición	53
2.1 La importancia de la crianza de exhibición y comercial	55
2.1.1 El surgimiento de los clubes de exhibición	55
2.1.2 Algunos pasos hacia la agricultura industrial	58
2.2 Comunidades, actores y estándares en la crianza de pollo	61
2.2.1 Tres campos: La exhibición, el comercio y la investigación genética	61
2.2.2 La producción de nuevas razas desde la genética	65
2.2.3 Crianza: creadores y usuarios.....	68
2.2.4 La agricultura y las ciencias biológicas.....	71
2.3 El Leghorn blanco: de la exhibición a la producción	72
2.3.1 Los Livorno y la “American Poultry Association”: Estándares y modificación	78
2.3.2 El Livorno en los estándares de la APA	82
2.4 Conclusiones: Estandarización material y prácticas de crianza	87
Capítulo 3. Estandarización inmunológica: las aves LPE.	90
3.1 La industrialización de la agricultura	91
3.1.1 El surgimiento de la investigación agrícola	92
3.1.2 <i>Gallus gallus</i> en la agricultura industrial.....	95
3.2 La importancia de la investigación de enfermedades aviares	113

3.2.1 Las enfermedades aviarias en la industria avícola	113
3.2.2 <i>Gallus gallus</i> como un organismo experimental en la inmunología: Glick, Chang y la bursa de Fabricio.....	117
3.3 Roy E. Luginbuhl y las aves LPE	122
3.3.1 Agricultura e investigación agrícola en Connecticut	123
3.3.2 La carrera de Luginbuhl	128
3.3.3 Las aves libres de patógenos específicos (LPE)	130
3.3.4 SPAFAS: “Specific Pathogen Free Avian Supply”	136
3.4 Conclusiones: Ciencias agrícolas, estandarización y organismos experimentales.....	141
Capítulo 4: Las variedades de pollo en el genoma de <i>Gallus gallus</i>	145
4.1 <i>Gallus gallus</i> como un organismo modelo.....	147
4.2 La “pre-secuenciación”: El mapeo de los genes de <i>Gallus gallus</i>	149
4.2.1 Mapas de ligamiento de <i>Gallus gallus</i>	150
4.2.2 Bibliotecas BAC y de cDNA.....	154
4.2.3 Mapas de ligamiento y el proyecto de secuenciación.....	156
4.3. La secuenciación del genoma de <i>Gallus gallus</i>	158
4.3.1 La comunidad de <i>Gallus gallus</i>	161
4.4 El ejemplar de la secuenciación: “Red Jungle Fowl #256”	163
4.4.1 Líneas endogámicas previas a la secuenciación	164
4.4.2 El proyecto de secuenciación: decisiones sobre los especímenes utilizados	165
4.4.3 Especímenes materiales, herramientas genómicas y estándares	170

4.5 Conclusiones: herramientas genómicas y estandarización	175
Capítulo 5. Conclusiones generales	181
5.1 Distintos estándares y tecnologías interactúan en la estandarización del pollo doméstico	182
5.1.1 La estandarización requirió controlar las parvadas y la aplicación de distintas tecnologías	183
5.1.2 La estandarización de <i>Gallus gallus</i> se ha dado mediante una heterogeneidad de proyectos	187
5.2 La estandarización “local” de <i>Gallus gallus</i>	189
5.2.1 La diversidad de las relaciones entre la agricultura y la biología	191
5.3 El pollo doméstico como organismo modelo	194
5.4 La estandarización del pollo doméstica muestra un carácter histórico e historicista	197
Bibliografía	200
Anexos.....	220
A1. Incubation technologies in the poultry industry.....	220
A2. Transportation and keeping methods.....	223
A3. Changes in the organisation of poultry farming	225

I. Introducción

El 3 de febrero de 1963, en una columna dedicada a noticias agrícolas locales, S. Archie Holdridge, articulista del diario estadounidense “The Hartford Courant”, reportó la asignación de una beca para establecer una parvada de pollos “libres de gérmenes” en la Universidad de Connecticut, Estados Unidos. Dicha beca había sido concedida por el Instituto Nacional del Cáncer de dicho país a un grupo de investigación dirigido por Roy E. Luginbuhl en dicha universidad. En su columna, Holdridge declaraba:

“Científicos de la Universidad de Connecticut, quienes recientemente han comenzado un estudio de virus en los pollos, consideran que, de ser exitosa, su investigación podrá arrojar luz acerca del control del cáncer en los humanos.

Una beca de \$24,400 por parte del Instituto Nacional del Cáncer del Servicio de Salud Pública de EUA ha sido asignada al Departamento Animal [de la universidad] para establecer una parvada de pollos White Leghorn libre de patógenos específicos (libre de enfermedades).

[...] [Luginbuhl] afirma que el departamento pretende investigar si el pollo puede servir como un animal modelo para utilizarse en experimentos sobre el cáncer humano. Hasta la fecha, señala, los científicos han tenido dificultades para encontrar un animal que no haya sido expuesto a organismos que producen enfermedades.

Si las pruebas de la UdeC resultaran exitosas, el Dr. Luginbuhl afirma que las aves serán utilizadas como una parvada base para producir pollos jóvenes para experimentos sobre el cáncer” (Holdridge 1963).

Este breve reporte pone de relieve el tema principal del presente trabajo: **la configuración de la especie *Gallus gallus* (el pollo doméstico) como un “organismo modelo” en las ciencias de la vida.**¹ Específicamente, mi investigación detalla y analiza las maneras en que dicha especie fue configurada para la investigación en distintas áreas de las ciencias biológicas, como la genética, la inmunología y la genómica, en las cuales se establecieron parvadas estandarizadas que comparten rasgos biológicos determinados. Con ello, los actores involucrados (como señala Holdridge) buscaron generar y utilizar organismos que permitieran obtener resultados relevantes y adecuados para la producción de conocimiento científico no sólo en sus disciplinas.

El cuerpo de la tesis describe distintas parvadas que fueron establecidas principalmente durante el siglo XX, las técnicas empleadas para establecerlas y los usos prospectivos de cada grupo de organismos. Estas cuestiones se abordan a través de tres episodios históricos en los que el pollo doméstico fue estandarizado, los cuales conforman un **estudio de caso** enfocado en el **proceso de estandarización** de la especie *Gallus gallus* para fines de investigación. En este sentido, la nota de Holdridge también destaca tres puntos relevantes que se desarrollan en cada episodio: (1) la relevancia de la estandarización material de los organismos para la investigación biológica, (2) los fines específicos que han dirigido dicha estandarización, y (3) el papel de ciertos grupos de investigadores e instituciones que la han llevado a cabo.²

Al enfocarme en estos rasgos de la estandarización, el objetivo principal de este trabajo es **aportar una perspectiva histórica e historicista** al tema de la estandarización en las ciencias de la vida. Así,

¹ La noción de “organismo modelo” ha sido discutida por Ankeny y Leonelli, quienes la consideran parte de una manera distintiva de utilizar los modelos en la biología, y la distinguen de la noción más general de “organismo experimental” (Ankeny & Leonelli 2011). Aunque considero que la distinción es relevante para comprender el uso de los organismos en contextos como el de la genómica, a lo largo de este trabajo hago un uso más amplio del término “organismo modelo”, que corresponde a lo que dichas autoras señalan como “organismo experimental” y que, de cualquier manera, es.

² Como se puede ver en el cuerpo de la tesis, la importancia del primer punto ha sido enfatizada previamente por autores que han abordado la historia de estos organismos (cf. Ankeny & Leonelli 2011, Kirk 2012) y es reiterado por los actores referidos en los distintos episodios históricos descritos.

los episodios descritos en esta tesis destacan la historicidad de la estandarización en varios sentidos:

- 1) Al mostrar la articulación de distintos objetivos e intereses prácticos y epistémicos en cada episodio, lo cual produce variedades localmente estandarizadas; a diferencia de la estandarización de otros reconocidos organismos como *Drosophila melanogaster*, *Arabidopsis thaliana* o *E. coli*, en las que se han producido cepas estándar globales que se usan en distintos contextos disciplinarios (cf. Ankeny 2001, Leonelli 2007)
- 2) En la contingencia de las relaciones entre los episodios, es decir, entre los procesos de estandarización de un organismo que responden a objetivos prácticos y epistémicos locales y que son retomados en distintas direcciones
- 3) En la falta de direccionalidad de estos procesos, es decir, la ausencia de un conjunto de criterios globales aplicables a todos los casos de estandarización de este organismo
- 4) En las características biológicas –la variabilidad genética y la historia evolutiva– propias de esta especie, las cuales hacen que la especie *Gallus gallus* sea útil para la investigación en áreas particulares de la investigación en las ciencias de la vida, como en otros organismos modelo.

Con base en esto, mi investigación muestra que la estandarización del pollo doméstico ha articulado y reconfigurado los intereses de actores que provienen de disciplinas como la genética clásica y la genómica, y otras aparentemente distantes como las ciencias agrícolas y la inmunología. Y, también, que cada proyecto de estandarización llevado a cabo se reconstruye en otros subsecuentes mediante el uso de parvadas generadas previamente. Sin embargo, dicha recuperación del trabajo previo se da en función de los intereses locales de los actores de los proyectos subsecuentes y, en consecuencia, los episodios no “derivan” necesariamente el uno del otro ni tienen un objetivo o una direccionalidad común; los une exclusivamente una historia

contingente. Por último, las características de la especie *Gallus gallus* contribuyen a la multiplicidad de proyectos de estandarización enfocados en aspectos materiales de esta especie, pues los distintos rasgos biológicos del pollo doméstico -como la relativa facilidad de utilizarlos en experimentos de cruzamientos mendelianos o de cultivar virus en sus embriones- han sido aprovechados por grupos de investigadores con objetivos diversos.³

De esta manera, el presente trabajo permite abrir **vías de reflexión y reformulación de cuestiones de un interés más general** para la historia y la filosofía de la biología y, en general, los estudios de la ciencia. Por ejemplo, lejos de la imagen homogénea sobre la estandarización ofrecida por autores de los estudios de la ciencia como Busch (2011, 88-90), para quienes los estándares son parte de una “única y sencilla solución” a un problema, mi trabajo enfatiza la interacción entre personajes y objetivos provenientes de distintas disciplinas como un factor productivo en la estandarización de un organismo modelo para distintas áreas del conocimiento biológico.⁴

Mi trabajo no busca mostrar únicamente que diversas disciplinas en las ciencias de la vida han producido sus propios organismos estandarizados, aunque ciertamente coincide con la literatura histórica sobre los organismos modelo, la cual ha reflejado este hecho (cf. Ankeny 2001, Kohler 1994, Leonelli 2007). En cambio, al enfocarme en las diversas maneras en que la especie *Gallus gallus* ha sido estandarizada, queda de manifiesto que la conjunción de diversos intereses, en

³ Esta noción de historicidad es semejante a la “historialidad” mencionada por Rheinberger, noción que destaca la confluencia de varios sistemas en un campo de investigación determinado y la falta de una temporalidad lineal típica (Rheinberger 1994, 66-69). Sin embargo, mi trabajo no se enfoca en la recurrencia de los sistemas experimentales, sino en diversos proyectos de estandarización (ver primer capítulo).

⁴ Busch caracteriza la estandarización en la ciencia de manera sumamente amplia en citas como la siguiente: “Con unos cuantos instrumentos estandarizados, un número relativamente limitado de proyectos proclives al análisis científico, y una firme creencia tanto en el método, como en el poder de las matemáticas, no es de extrañarse que los científicos concluyeran que todo problema tenía una única y sencilla solución. Requirió muy poco más análisis llegar a convencerse de que existía una forma mejor, y estandarizada, de llevar a cabo toda tarea, construir todos los objetos e, incluso, conducir la vida propia” (Busch 2011, 88). Mi trabajo también se distingue del de Lampland & Star, pues, aunque su compilación de ensayos ofrece varias perspectivas acerca de los estándares, el objetivo principal de estas autoras es destacar la manera en que los estándares impactan en las personas (Lampland & Star 2008).

episodios históricos particulares, es aquello que ha posibilitado el establecimiento y el uso del pollo doméstico como un organismo de investigación y las subsecuentes modificaciones a sus líneas estandarizadas.

Dicho esto, el espacio restante de la presente introducción tiene como objetivo detallar la importancia de *Gallus gallus* para la investigación biológica. Con ello, busco poner de relieve las razones por las que esta especie es de interés para abordar la estandarización de los organismos vivos y mostrar las particularidades de mi estudio de caso. Finalmente, en la última parte de esta introducción, se describe la estructura general de la tesis y se ofrece un breve resumen de cada episodio abordado en ella.

I.1 Importancia de *Gallus gallus* en la biología y los estudios de la ciencia

El pollo doméstico ha sido utilizado a lo largo de varios siglos para investigar distintos aspectos biológicos como la formación de órganos y estructuras en el desarrollo embrionario, una actividad que, algunos biólogos afirman, comenzó en la Antigüedad europea con el trabajo descriptivo de Aristóteles y continúa hasta hoy en día (cf. Stern 2005, 9-13, Wolpert 2004, 1015-16).⁵ Aunque trazar una línea directa desde los trabajos de Aristóteles a la biología del desarrollo puede ser anacrónico, ciertamente, en la embriología experimental y la biología del desarrollo, el uso de *Gallus gallus* ha permitido desarrollar conceptos y técnicas de largo alcance. Por ejemplo: la capacidad de “inducción” del hipoblasto, que determina la llamada “línea primitiva”;⁶ la formación de patrones en la extremidad de los tetrápodos y la identificación de las áreas que controlan la

⁵ Este tipo de afirmaciones requieren ser contrastadas con una perspectiva histórica que dé cuenta de los cambios en las distintas maneras de estudiar el desarrollo embrionario a través del tiempo, pues personajes como Aristóteles ciertamente cuentan con supuestos teóricos distintos a los embriólogos experimentales del siglo XIX. No obstante, dichas afirmaciones resultan relevantes pues buscan enfatizar la importancia histórica del uso de *Gallus gallus* frente a otros organismos modelo desarrollados más recientemente (cf. Stern 2004, 2005, Tickle 2004, Wolpert 2004).

⁶ La línea primitiva es una estructura embrionaria que establece el sitio donde las tres capas germinales (hipodermo, mesodermo y epidermo) se formarán en el embrión en desarrollo.

formación de sus ejes;⁷ el concepto de “plasticidad del desarrollo”, introducido al mostrar que células separadas a partir de un mismo embrión podían dar origen a individuos distintos; el estudio de los movimientos celulares a partir del uso de “colorantes vitales”; los genes que controlan la asimetría izquierda-derecha en el embrión; la migración de las células de la cresta neural; etc. (Stern 2004, Stern 2005, Tickle 2004, Wolpert 2004).

De igual forma, *Gallus gallus* ha sido utilizado como un modelo animal en las ciencias cognitivas experimentales, en donde la capacidad de “impronta” de los pollitos recién nacidos ha permitido realizar estudios comparativos entre los rasgos cognitivos de distintas especies (cf. Matsushima et al. 2003, Vallortigara 2009). Por último, otra área de estudio en la que esta ave ha sido comúnmente utilizada es la inmunología, donde ha permitido estudiar fenómenos como el papel de ciertos virus en el desarrollo del cáncer (cf. Calnek 1992), la función de los linfocitos B y del complejo mayor de histocompatibilidad, y de igual forma ha sido importante en el desarrollo de vacunas atenuadas (Davison 2003) (ver capítulo 2).

A pesar de su presencia constante en estas disciplinas, la manera en que la especie *Gallus gallus* fue configurada para fines de investigación no ha sido explorada sistemáticamente en la literatura histórica y filosófica que se ha interesado por el uso de los organismos modelo. En dicha literatura, existen menciones ocasionales sobre la importancia del pollo en dicho ámbito, las cuales se insertan en la discusión de temas más amplios sobre aspectos de la práctica científica en la embriología y la biología del desarrollo (cf. Ankeny 2012, Hopwood 2011). Aunque destacan la presencia constante de esta ave en la investigación biológica, este tipo de menciones no representan una exploración detallada del papel de esta ave en la investigación.

⁷ En el caso de la extremidad de los vertebrados tetrápodos (con cuatro extremidades), dichos ejes son: próximo-distal, que en los humanos va del hombro a la punta de los dedos; anteroposterior, del pulgar al meñique; y dorsoventral, de los nudillos a la palma de la mano. A lo largo del desarrollo embrionario, las células se “diferencian” y se agrupan, formando tejidos que deben ubicarse en lugares específicos para dar origen a una extremidad funcional.

Por otra parte, la literatura biológica que destaca el papel de *Gallus gallus* en las ciencias de la vida carece de un análisis histórico acerca de su configuración como un organismo para investigación. A este respecto, una serie de artículos de revisión, publicados en torno a la secuenciación genómica de esta ave, ofrece distintos recuentos del uso del pollo en las ciencias de la vida (cf. Burt 2004, 2007, Stern 2004, Stern 2005, Wolpert 2004). Estos artículos cumplen el objetivo de señalar distintos ámbitos donde el pollo doméstico ha sido utilizado como organismo modelo, mas no buscan detallar cómo esta especie ha sido configurada para tal uso.

I.1.1 Análisis históricos sobre el caso de *Gallus gallus* en las ciencias de la vida

En contraste con los casos antes expuestos, Bäumer ha abordado históricamente el papel del pollo doméstico en el estudio del desarrollo embrionario desde la Antigüedad europea hasta el siglo XIX (Bäumer 1985, Bäumer-Schleinkofer 1991). Dicha autora ofrece un recorrido histórico por distintos naturalistas y científicos que describieron e investigaron el desarrollo embrionario de esta ave, y buscaron explicar dicho fenómeno. Desde una historia de la ciencia enfocada en las disputas teóricas, Bäumer discute el surgimiento de una “teoría del desarrollo”, en el cual el embrión de pollo ha estado involucrado en el trabajo de distintos investigadores (Bäumer-Schleinkofer 1991).⁸

Para efectos de este trabajo, es importante señalar que el enfoque de Bäumer deja de lado el análisis de cómo se establecieron las cepas de investigación (si acaso éstas existiesen en los contextos que ella aborda) o las características materiales de los especímenes utilizados en la investigación del desarrollo. En contraste, esta tesis ofrece una **descripción amplia** sobre la manera en que esta ave ha sido configurada como un organismo relevante para la

⁸ Este enfoque histórico muestra al pollo como un agente “pasivo”, lo cual contrasta con estudios que le atribuyen cierta “agencia” a los organismos experimentales utilizados en la investigación; por ejemplo, aquellos que destacan la manera en que las características de un organismo pueden determinar el desarrollo y los resultados de la experimentación (Burian 1993, 357-359, cf. Kohler 1994).

experimentación en **la genética clásica, la inmunología y la genómica**. Al enfocarme en los episodios de estandarización de *Gallus gallus* en el siglo XX, mi trabajo destaca que la investigación de fenómenos biológicos específicos ha conllevado el desarrollo de cepas estandarizadas de organismos. Adicionalmente, esta tesis también arroja luz sobre las relaciones de estas disciplinas con **la investigación agrícola**. De esta interacción constante, a lo largo de su presencia en las ciencias de la vida y de su importancia para las ciencias agrícolas (o aplicadas), proviene gran parte del interés histórico en esta ave, así como los rasgos específicos de sus procesos de estandarización.

Por este motivo, mi investigación se nutre de la literatura histórica y sociológica que ha abordado la importancia agrícola de esta ave y analizado la manera en que la investigación biológica ha influido en la producción de variedades estandarizadas de pollo para la producción agrícola (cf. Derry 2012, 2015, Squier 2011). A este respecto, Derry ha explorado las distintas maneras en que las variedades agrícolas de pollo fueron configuradas. Su trabajo permite analizar la influencia de la genética en la producción avícola, la cual no consiste meramente en una aplicación de las ideas Mendelianas al ámbito productivo (cf. Derry 2015, 371-373). Por su parte, el trabajo de Squier (compilado en la colección de ensayos “Poultry Science, Chicken Culture”) muestra distintos ámbitos culturales en los que el pollo doméstico cobra relevancia, desde la literatura hasta la política, entre los cuales se mencionan cuestiones relacionadas con la investigación agrícola en enfermedades aviares y en la producción de razas de pollo.

Los trabajos de Derry y Squier resultan de interés para esta tesis pues ofrecen perspectivas valiosas sobre la producción agrícola, las razas utilizadas en dicho ámbito y la investigación agrícola. No obstante, mi enfoque se diferencia del de aquellas autoras pues mi punto de partida es la pregunta: ¿de dónde surgieron las variedades de *Gallus gallus* utilizadas en la biología experimental? Es decir, lejos de buscar explicar cómo la genética o las ciencias biológicas se

integraron a la producción de variedades agrícolas o desplazaron a otras prácticas, mi interés se enfoca en los ejemplares utilizados en la genética para investigar cuestiones biológicas.

En este sentido, es importante señalar que los episodios de estandarización aquí descritos coinciden con trabajos históricos que han analizado la relación entre la investigación biológica “básica” (particularmente la genética) y la agricultura. Dicha literatura problematiza la idea común de que los principios teóricos de la genética fueron aplicados exitosamente a la agricultura, logrando una mayor productividad en dicho sector. En contraste, la literatura histórica ha señalado distintas problemáticas y contingencias en la aplicación de la genética a la producción agrícola, las cuales ponen de relieve la existencia de distintos métodos y perspectivas teóricas involucrados en el desarrollo de variedades de organismos agrícolas, y no exclusivamente aquellos de la genética clásica (cf. Berry 2014, Harwood 2005, 2006, Müller-Wille 2007, Palladino 1994, Paul & Kimmelman 1988, Theunissen 2012, 2014).

En este tenor, mi investigación muestra además que la investigación agrícola tuvo una **influencia clara y constante** en el establecimiento de los especímenes de pollo utilizados posteriormente en la investigación biológica “básica”. Dicho de otro modo, un aporte de mi tesis es señalar que el interés por estandarizar a *Gallus gallus* surgió en contextos relacionados con la industrialización de la agricultura y la “investigación agrícola”. Como se describe en el cuerpo de la tesis, la influencia de estos ámbitos continuó presente hasta la secuenciación del genoma del pollo doméstico a inicios del siglo XXI. Aunque esta tesis parte del interés por explicar cómo fue estandarizada esta ave en el contexto de la investigación biológica, los actores, instituciones y herramientas que destacan en cada episodio que abordo, hacen necesario enfatizar el contexto de la investigación

agrícola, pues esta área ha provisto de herramientas y actores relevantes en la estandarización del pollo doméstico como un organismo de investigación en la biología.⁹

Por último, cabe destacar que el interés por las parvadas que se utilizan en la investigación biológica implicó dejar fuera de mi tesis procesos de alcance histórico más amplio, como la domesticación. Como Potts (2012, 16-18) señala, la domesticación del pollo doméstico ha sido motivada por prácticas religiosas, deportivas, estéticas y alimenticias. A esta lista pueden sumarse las parvadas que se destacan en mi propia investigación, pues ellas surgieron con el fin de ser útiles para una actividad humana específica: la investigación científica. No obstante, es importante destacar que la estandarización no es equivalente a la domesticación, pues la primera incluye una serie de criterios específicos para evaluar objetos, los cuales suelen ser validados por una comunidad identificable. Por ejemplo, asociaciones o empresas mencionadas en la tesis que promueven la estandarización del pollo doméstico, como la American Poultry Association o SPAFAS, Inc (analizadas en esta tesis), cuentan con listas de características que deben cumplir sus individuos o parvadas. Aunque la domesticación involucra comunidades de personas que han adecuado a la especie *Gallus gallus* para usos humanos, este proceso no ha sido llevado a cabo necesariamente con base en criterios de instituciones específicas que evalúan a las parvadas, ni tampoco se ha enfocado exclusivamente en producir organismos para investigación.

⁹ En efecto, otras especies utilizadas en la investigación biológica como la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* o el maíz *Zea mays* resultan interesantes tanto para el estudio de aspectos básicos de biología, como por sus posibles aplicaciones industriales o agrícolas. Por ejemplo, a finales del siglo XIX personajes como Emil Christian Hansen (en el Laboratorio Carlsberg de la cervecería del mismo nombre) o Martinus Willem Beijerinck (en la “Fábrica Neerlandesa de Levadura y Bebidas Alcohólicas” o “Nederlandsche Gist–en Spiritus Fabriek”) estandarizaron cepas de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* mediante la implementación de métodos para obtener cultivos puros. De acuerdo con S. Müller-Wille, este tipo de proyectos, llevados a cabo en un terreno intermedio entre la bioquímica, la microbiología y la producción de variedades (‘breeding’) de interés comercial, cimentaron el “enfoque Mendeliano” de inicios del siglo XX. Además, proyectos similares a los de Hansen y Beijerinck fueron particularmente influyentes en Wilhelm Johannsen, cuya idea de línea pura (aplicada primeramente en plantas) tomó como base los cultivos puros de la microbiología (Müller-Wille 2007).

I.2 Estructura de la tesis

Para concluir esta introducción, presentaré la estructura argumentativa de esta tesis, la cual se compone de cuatro capítulos. El primero sienta las bases de la discusión sobre organismos modelo y estandarización; los siguientes tres están dedicados, cada uno, a analizar un episodio de estandarización particular; y el capítulo final presenta las conclusiones generales de mi trabajo.

El primer capítulo retoma las discusiones históricas y filosóficas sobre los organismos modelo, así como la discusión sobre la estandarización en los estudios de la ciencia. Su objetivo es situar mi estudio de caso en las discusiones generales del área y destacar lo que éste puede aportar a dichas discusiones.

Posteriormente, se detalla el estudio de caso compuesto por tres episodios de la historia de estandarización de *Gallus gallus* en la investigación biológica:

- 1) El establecimiento de razas de pollos para exhibición, agricultura e investigación genética a principios del siglo XX.
- 2) El desarrollo de aves “libres de patógenos específicos” a mediados de dicho siglo en el contexto de la industria avícola.
- 3) El uso de distintas variedades estandarizadas de *Gallus gallus* en la secuenciación del genoma de esta especie a inicios del siglo XXI.

De esta forma, el segundo capítulo discute el establecimiento de razas de pollo doméstico a finales del siglo XIX y principios del XX. En un principio, este proceso de estandarización fue llevado a cabo por criadores enfocados en la “belleza” y en la “productividad” de distintas variedades de pollos. No obstante, más adelante, dichas variedades resultaron de interés para los genetistas de inicios del siglo XX, los cuales utilizaron dichas razas para estudiar distintos aspectos de la transmisión

hereditaria y, paralelamente, buscaron establecer razas útiles para la investigación genética y para la producción agrícola.

Más adelante, la importancia agrícola de esta ave cobró fuerza y surgió una mayor atención en establecer rasgos útiles para la producción alimenticia a través de la estandarización. Este es el núcleo del tercer capítulo, en el cual se detalla el establecimiento de pollos “libres de patógenos específicos” (LPE) en la segunda mitad del siglo XX. Estas aves surgieron en el contexto de un creciente interés por la investigación agrícola, particularmente en el estudio de enfermedades aviares que afectaban a la industria, así como la fabricación de vacunas y tratamientos para ellas. A la postre, las aves LPE se volverían relevantes en el contexto de la virología y la investigación inmunológica, y actualmente se utilizan también en otras áreas la investigación en ciencias de la vida.

El cuarto capítulo rastrea la importancia de las variedades de pollo estandarizadas genéticamente que sirvieron para llevar a cabo el mapeo genético de *Gallus gallus* y la secuenciación de su genoma a finales del siglo XX e inicios del XXI. Este episodio se enmarca en la financiación de proyectos de secuenciación por parte del Proyecto Genoma Humano y fue llevado a cabo por investigadores interesados en investigación agrícola y biomédica. Este es, además, un momento destacado en la historia de esta ave en la biología, pues la secuenciación genómica suele ser vista como un indicativo de la importancia de una especie en la biología actual. Una vez más, el papel de la investigación agrícola se hace presente, pues generó varias de las parvadas estandarizadas que se utilizarían en el mapeo genético y la secuenciación genómica de esta ave.

Pese a la aparente secuencia cronológica que siguen estos episodios, los capítulos 2 al 4 tratan con casos que son relativamente independientes y que muestran una combinación de novedades y continuidades. Como he señalado, todos los episodios comparten el objetivo general de

estandarizar al pollo doméstico, aunque sus orígenes y resultados son distintos. Por ejemplo, los casos abordados se relacionan en tanto las parvadas y las técnicas de estandarización de un episodio suelen ser utilizadas directa o indirectamente en los siguientes. Sin embargo, esta tesis destaca que cada uno es producto de una serie de condiciones, intereses y enfoques distintos.

En este sentido, a través de los siguientes capítulos se muestra que no existe una única manera de estandarizar un organismo para investigación. Al igual que muchas otras prácticas de las ciencias experimentales, la estandarización tiene un carácter dinámico, resultado de los múltiples factores que se articulan para llevarla a cabo. La homogeneidad de estos organismos es transitoria, pues la variabilidad genética continúa presente al ser ellos producto de la evolución biológica y, de manera relevante, los actores redirigen la estandarización hacia nuevos objetivos y prácticas que emergen en la dinámica de la investigación científica. De esta manera, mi estudio de caso destaca la importancia de *Gallus gallus* para la investigación biológica, una importancia que se ha modificado a través de su historia en la biología, pero que ha sido apuntalada a partir de sus proyectos de estandarización.

Finalmente, mi tesis muestra que los análisis generales sobre la producción de estándares, y la literatura histórica-filosófica acerca de los organismos modelo, se enriquecen con la reconstrucción detallada de estudios de caso, los cuales no sólo establecen la dinámica de construcción, establecimiento y modificación de estándares en prácticas locales, sino que generan nuevas preguntas y perspectivas (*insights*) que profundizan nuestro análisis de este tipo de prácticas. Lejos de ser un ejemplo de la aplicación de una receta única para un sinfín de problemas, la estandarización de *Gallus gallus* muestra, más que ninguna otra especie de organismo modelo previamente analizado, los procesos contingentes en que los actores y sus intereses transforman sus materiales de estudio y de intervención, volviéndolos adecuados para la obtención de resultados fiables.

Capítulo 1. Novedad y continuidad en la estandarización de *Gallus gallus*

Este capítulo tiene como fin discutir la importancia de explorar los aspectos materiales y el carácter dinámico de la estandarización, a la luz de la literatura existente sobre el tema. Esto me permitirá caracterizar a la estandarización de *Gallus gallus* como una actividad que se transforma continuamente en función de factores que involucran tanto agentes específicos, como objetivos de investigación, económicos o de practicidad.

Para ello, comenzaré detallando algunos aspectos de la discusión sobre estandarización en los estudios de la ciencia y haré ver los aportes de mi trabajo en dicho ámbito. La literatura sobre estandarización generalmente se ha enfocado en destacar el uso común y extendido de los estándares en distintos ámbitos sociales. Aunque este enfoque difiere de aquel de mi investigación, me interesa destacar que estudios de caso como el que presento permiten enriquecer la discusión, pues muestran la dinámica de construcción, establecimiento y modificación de estándares en prácticas locales, y generan nuevas preguntas y perspectivas al respecto. En este sentido, dedicaré una sección especial a destacar la perspectiva histórica e historicista de mi trabajo, en la cual me interesa enfatizar que la estandarización de los organismos modelo es un proceso histórico en varios sentidos.

Posteriormente, sintetizaré algunos aspectos de la discusión histórica y filosófica acerca de los organismos modelo, lo cual me permitirá destacar la relevancia del pollo doméstico como objeto de estudio en las ciencias de la vida. Como he señalado en la introducción, a pesar de que esta ave ha sido utilizada frecuentemente como un organismo para investigar distintos procesos biológicos, su caso no ha sido abordado desde la literatura que se ha ocupado de analizar distintos casos de organismos modelo. Más aun, *Gallus gallus* es una especie de importancia económica en la producción agropecuaria y esto añade una dimensión poco considerada en los análisis previos de organismos modelo, en la cual interviene la “investigación agrícola”. De manera sucinta, el caso de

Gallus gallus permite explorar la interacción entre la investigación “básica” y la “aplicada”, así como la interrelación entre consideraciones prácticas y epistémicas al estandarizar organismos.¹⁰

En resumen, el presente capítulo tiene como finalidad proveer de los elementos necesarios para analizar el caso de la estandarización del pollo doméstico, la cual se desarrollará en los siguientes capítulos. Con ello, es posible ponderar la importancia del caso de *Gallus gallus*, el cual aporta perspectivas novedosas en la historia y la filosofía de la biología, así como en los estudios de la ciencia.

1.1 La estandarización material de los organismos experimentales

Este trabajo se enfoca en distintos proyectos que tuvieron como fin homogeneizar las características materiales de *Gallus gallus* y establecer parvadas homogéneas que permitieran utilizar a esta ave como un organismo para la investigación biológica. Por tanto, mi investigación aporta un punto de vista que no se enfoca directamente en aspectos cuantitativos relacionados con la estandarización, o en la importancia de mediciones precisas o exactas relacionadas en dicho proceso.

Es también importante destacar que, si bien mi estudio de caso pretende analizar aspectos sobre la estandarización, no busco establecer una noción general de este proceso que funcione para todos los casos. La presente investigación aborda la estandarización material de los organismos experimentales, la cual tiene su propia relevancia dentro la investigación biológica. Como sugiere la nota introductoria sobre las parvadas de la Universidad de Connecticut (ver Introducción), y como se ha enfatizado en la literatura histórica y filosófica al respecto, los organismos utilizados comúnmente en la experimentación científica suelen ser muy distintos de aquellos que habitan

¹⁰ Utilizo el término “epistémico” en un sentido amplio que incluye aquellos objetivos relacionados explícitamente con la obtención de conocimiento acerca de los fenómenos naturales. Es decir, en la cita mostrada al inicio de este trabajo, un fin epistémico es la obtención de conocimiento acerca de la biología del cáncer. No obstante, como se muestra a lo largo de este trabajo, los fines epistémicos a menudo están relacionados con la productividad económica o la practicidad de un proyecto.

“libremente” en la naturaleza o en determinados ambientes domésticos. A diferencia de los organismos silvestres, los organismos que se utilizan en la investigación biológica son el producto de acciones directas y constantes de grupos de personas cuya intención es establecer poblaciones de individuos con características específicas. Dichas características se consideran útiles para llevar a cabo distintos tipos de experimentos y su homogeneización permite desarrollar cepas del organismo que sirvan “como la base para la investigación futura” (Ankeny & Leonelli 2011, 316).

Por ejemplo, el equipo de investigación mencionado por Holdridge tenía la intención explícita de desarrollar un grupo de aves libres de ciertos patógenos, una característica inusual en los pollos de granja y, más aún, en las poblaciones silvestres de la especie *Gallus gallus* que aún hoy habitan en el sudeste asiático.¹¹ Al estar libres de gérmenes particulares, dichas aves pueden ser utilizadas para experimentos que involucran infecciones bacterianas o virales y, en última instancia, para el estudio de ciertos tipos de cáncer relacionados a estas últimas (cf. Calnek 1992, ver capítulo 2).

Debido a que características como estas son prácticamente inexistentes en las poblaciones silvestres, establecer un grupo de organismos para llevar a cabo investigación requiere cierta cantidad de trabajo para volverlos adecuados para la realización de experimentos. En este sentido, las características específicas de los organismos de laboratorio son el resultado de procesos de *estandarización material* realizados por grupos de personas como el equipo mencionado por Holdridge. Estos procesos, que son llevados a cabo en condiciones adecuadas y con la infraestructura necesaria, permiten obtener poblaciones relativamente *homogéneas* de una especie en particular. Es decir, poblaciones en las que *características físicas* consideradas relevantes son compartidas por todos y cada uno de los individuos. En contraparte, la variabilidad

¹¹ De acuerdo con algunos investigadores, la “integridad genética” de dichas poblaciones silvestres está en peligro de desaparecer debido al entrecruzamiento con aves domésticas, por lo que resulta difícil afirmar que el *Gallus gallus* “silvestre” aún se conserva. Biólogos de la conservación como A. T. Peterson y I. L. Birbin han afirmado que, a nivel genético y anatómico, los pollos silvestres han perdido características que alguna vez los diferenciaron de los ejemplares domésticos (Lawler 2014, 21-23, Peterson y Brisbin 1998).

de dichas poblaciones se reduce hasta niveles que son, pragmáticamente, considerados como adecuados y suficientes con respecto a fines concretos. Por tanto, lo que se considera una población “homogénea” variará dependiendo no solamente de la especie sino del área de estudio, del problema específico de investigación, etcétera.¹²

La manera en que son configurados los organismos estandarizados para la investigación ha sido abordada por trabajos previos en la literatura de historia y filosofía de la ciencia (cf. Kirk 2004, Leonelli 2008). No obstante, varios trabajos que abordan la estandarización desde los estudios de la ciencia y la tecnología se enfocan más bien en aspectos como la cuantificación y los instrumentos de precisión, o en destacar la multitud de contextos en los que permea la estandarización. Detallaré algunos de ellos en la siguiente sección con el fin de ubicar el estudio de caso en la literatura existente.

1.1.1 Cuantificación y estandarización material

Ciertamente, la estandarización se lleva a cabo en muchos más ámbitos que el establecimiento de organismos de laboratorio y tiene orígenes más antiguos que varios campos de investigación en las ciencias de la vida.¹³ Al respecto, Norton Wise (1995, 4) afirma que, a finales del siglo XVIII, el interés por la precisión matemática y la cuantificación se expandió a distintas áreas de la sociedad europea, como lo muestra el establecimiento de nuevos y diversos instrumentos de precisión. La relevancia de la estandarización en varios ámbitos se encuentra relacionada con dicho interés, en tanto permitía homogeneizar las medidas “universales”, así como la construcción y el funcionamiento estable de distintos instrumentos y tecnologías desarrollados en esta época.

¹² Ciertamente, la estandarización material, entendida como el establecimiento de homogeneidad en un grupo de cosas no es exclusiva de los organismos para investigación. No obstante, no es el fin de esta tesis mostrar una serie de ámbitos en los que este tipo de estandarización también ocurre.

¹³ Trabajos como los de L. Busch (2011) y M. Lampland y S. L. Star (2008) muestran la diversidad de contextos en los cuales se utilizan e implementan estándares (ver más adelante).

Norton Wise asocia el interés por la precisión a los *“intentos por extender un orden y control uniformes sobre grandes territorios”* (Norton Wise 1995, 5), un objetivo que no necesariamente está asociado a la obtención de conocimiento acerca de la naturaleza o al “descubrimiento” de sus leyes o principios subyacentes. Precisamente, tanto Norton Wise (1995, 5-6) como Theodore Porter (1993, viii) han señalado que, lejos de haberse originado en las ciencias naturales, el interés por la cuantificación y la medición precisa parece haber surgido en contextos administrativos y burocráticos. A partir de estos dos ámbitos, la cuantificación y la estandarización se extendieron al estudio científico de la naturaleza y, en ambos contextos, una de sus virtudes más notorias ha sido la practicidad para establecer comunicación y permitir la organización entre distintos grupos de personas (Porter 1993, viii-x).¹⁴

Si bien el interés por estandarizar puede estar cercanamente relacionado con el desarrollo de instrumentos de medición comunes en las ciencias experimentales, el caso de los organismos vivos es apreciablemente distinto. Estas especies no funcionan como instrumentos para la cuantificación de las variables analizadas en una investigación, sino como una base o un sustrato material sobre la cual se llevan a cabo experimentos que aspiran al control de algunas (o varias) de dichas variables (cualitativas o cuantitativas).

En contraste con los instrumentos de medición, la estandarización de organismos es una práctica relativamente reciente en las ciencias de la vida y ha tenido su auge en el último siglo como parte del establecimiento de las prácticas experimentales en estas disciplinas.¹⁵ Esta práctica se basa en

¹⁴ Tanto Norton Wise, como Porter se enfocan en la precisión y la cuantificación y no específicamente en la estandarización. No obstante, implícitamente hacen referencia a procedimientos, protocolos, reglas y materiales compartidos, homogéneos y estandarizados que permiten obtener y dar sentido a los números generados en contextos burocráticos y científicos. Por ejemplo, Porter señala que: *“Puesto que las reglas para coleccionar y manipular números se comparten ampliamente, estos pueden ser transportados fácilmente a través de los océanos y los continentes y utilizados para coordinar actividades o resolver disputas”* (Porter 1993, ix).

¹⁵ Müller-Wille y Rheinberger asocian el uso de “organismos modelo” al trabajo de personajes como Gregor J. Mendel en la segunda mitad del siglo XIX. Por su parte, Ankeny y Leonelli identifican la investigación con

establecer un grupo básico de organismos para realizar investigaciones futuras en las que se explorarán las características de la especie en turno, así como los procesos biológicos que ocurren en ella (cf. Ankeny 2007). En otras palabras, la estandarización genera “cepas estándar” de especies como la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, el ratón *Mus musculus* o, en un episodio analizado en esta tesis, una “parvada base” de pollos libres de gérmenes (ver Capítulo 3).

Los resultados de los experimentos llevados a cabo en dichas poblaciones suelen ser considerados como reproducibles y susceptibles de ser generalizados a procesos o relaciones biológicas que ocurren en un rango más amplio de especies. Es decir, estas especies son utilizadas como “organismos modelo”, en el sentido en que sustituyen y representan, materialmente, a otras especies.¹⁶

La extrapolación de los resultados experimentales se basa en la idea de que las características relevantes de la cepa son conocidas y homogéneas; es decir, que cierto número de variables biológicas relevantes han sido controladas antes y durante la experimentación. En este sentido, la estandarización de los organismos modelo se enfoca en propiedades biológicas que hacen práctico o significativo su uso en un laboratorio. Estas propiedades pueden incluir aspectos generales que permiten utilizar a un organismo en un laboratorio (un desarrollo rápido, una tasa de reproducción alta, etc.), rasgos que resultan de interés debido a la particular historia experimental de cada

organismos modelo con la investigación en genómica de finales del siglo XX. De cualquier forma, el uso de organismos estandarizados resulta posterior al establecimiento de estándares en otros ámbitos de la sociedad humana. Por otra parte, la importancia del enfoque experimental en la biología estadounidense de la primera mitad del siglo XX ha sido enfatizada por Garland Allen (cf. Allen 1969). Aunque es importante señalar que el cambio radical que Allen atribuye al establecimiento de la biología experimental por encima de otras tradiciones de investigación como la morfología ha sido problematizado por autores como K. Benson (1985) y J. Maienschein (1981).

¹⁶ Utilizo el término “organismo modelo” en un sentido más amplio que la caracterización propuesta por R. Ankeny y S. Leonelli (2011) y que, a diferencia de estas autoras, incluye los usos de una especie en contextos de investigación desarrollados con anterioridad a los proyectos de secuenciación genómica de dichas especies. Mi uso del término es equivalente al uso que Ankeny y Leonelli proponen para el término “organismo experimental”; no obstante, evito utilizar esta distinción con el fin de destacar la continuidad de los distintos enfoques experimentales en el uso del pollo (ver capítulo 3).

especie (en el caso del pollo: un desarrollo embrionario fácil de observar y monitorear, accesibilidad para realizar experimentos, etc.), o características biológicas que permiten realizar comparaciones con otras especies (p.ej. genes homólogos, vías de señalización similares a las de otros organismos, etc.).

Ciertamente, el interés por desarrollar instrumentos de precisión utilizables en las ciencias experimentales puede expresarse de determinada forma en procesos de estandarización material; por ejemplo, en el desarrollo de parámetros concretos y numéricos para revisar las características de un grupo de organismos homogéneos. No obstante, a diferencia del trabajo de autores como Norton-Wise o Porter, que se enfocan en el interés por el surgimiento de la precisión matemática, este trabajo busca explorar específicamente las maneras en que se estandarizan características materiales en la producción de organismos para investigación.

1.1.2 Perspectivas “generalistas” de la estandarización

Otra vertiente de trabajos sobre la estandarización intenta dar cuenta de la ubicuidad de este proceso. Autores como L. Busch, M. Lampland y S. L. Star han ofrecido panoramas amplios que reflejan la influencia de los estándares en una multitud de ámbitos (cf. Busch 2011, Lampland & Star 2008). Sin embargo, dicha literatura ha dejado de lado varios aspectos históricos de la estandarización material llevada a cabo en la investigación biológica.

Por ejemplo, en su libro *Standards. Recipes for reality*, L. Busch dedica un breve apartado a señalar que las condiciones en las que se producen y mantienen los organismos de laboratorio, particularmente la rata albina, se encuentran altamente estandarizadas (Busch 2011, 88-90). Aunque este autor afirma que estas cepas son parte de un interés más general por la estandarización dentro de la investigación científica, Busch ofrece poca reflexión histórica acerca de los procesos por los cuales este u otros organismos de laboratorio han sido estandarizados, así

como de los objetivos particulares de aquellos actores que han llevado a cabo la estandarización, los cuales guían buena parte del interés por estandarizar una determinada especie.

Si bien este no parece ser el interés principal de su libro, en su descripción de la rata de laboratorio Busch pasa por alto que existen distintos factores que influyen en la estandarización de los organismos modelo y que resultan en una diversidad de cepas existentes.¹⁷ Más aun, omite que los procesos y los objetivos de estandarización distan de ser los mismos en todas las situaciones.¹⁸ Esta omisión se refleja en afirmaciones como la siguiente, en la que Busch busca enfatizar la importancia de la estandarización en “la ciencia”:

“Con unos cuantos instrumentos estandarizados, un número relativamente limitado de proyectos proclives al análisis científico, y una firme creencia tanto en el método, como en el poder de las matemáticas, no es de extrañarse que los científicos concluyeran que todo problema tenía una única y sencilla solución. Requirió muy poco más análisis llegar a convencerse de que existía una forma mejor, y estandarizada, de llevar a cabo toda tarea, construir todos los objetos e, incluso, conducir la vida propia.” (Busch 2011, 88).

El caso abordado en esta tesis contrasta notoriamente con esta afirmación. En los proyectos de estandarización de *Gallus gallus*, difícilmente puede sostenerse que haya una única manera de resolver un problema de investigación. Tampoco es claro que los objetos (en este caso, las parvadas de especímenes) se construyan siguiendo un mismo camino.

¹⁷ La intención de Busch es mostrar que los estándares nos permiten ordenar y dar sentido a los distintos objetos y personas con las que interactuamos en nuestro entorno o, en sus palabras, los “estándares moldean no sólo el mundo físico alrededor nuestro, sino nuestras vidas sociales e incluso a nosotros mismos. Ciertamente, los estándares son las recetas por las que creamos realidades” (Busch 2011, 2).

¹⁸ Aunque Busch reconoce también que “en años más recientes” se han establecido distintas cepas de ratón “desarrolladas mediante la selección de ciertas características genéticas”, este autor no da cuenta de los objetivos particulares que pueden dirigir la estandarización de cada una de ellas (Busch 2011, 90).

Bajo una perspectiva como la de Busch, resulta difícil capturar los distintos usos y la relevancia de la estandarización material de organismos dentro la investigación científica. En contraste con la visión de este autor, mi trabajo analiza estos aspectos a partir de un caso concreto dentro de las ciencias experimentales, lo cual permite destacar los fines particulares que suelen dirigir cada proyecto de estandarización y el carácter heterogéneo de la actividad científica.

En este sentido, mi investigación subraya que el establecimiento de cepas de esta ave se da en función de distintos fines prácticos y de investigación que han cambiado conforme grupos específicos se han interesado en variados aspectos biológicos del pollo y en la investigación de distintos problemas. Como argumentaré, las distintas variedades de *Gallus gallus* resultan de procedimientos que buscan fijar una u otra serie de rasgos físicos por encima de otros, y que integran métodos y tecnologías provenientes de distintas disciplinas. Es decir, mi investigación muestra que ante el problema de obtener organismos adecuados difícilmente existe “una única y sencilla solución”.

Dicho esto, me interesa enfatizar este punto: la presente tesis difiere de las discusiones generalistas acerca de los estándares y su amplio espectro de influencia y se enfoca en la *estandarización material* de organismos para investigación a través de un caso concreto. De esta forma, la estandarización es abordada desde una perspectiva histórica y filosófica que busca dar cuenta de un aspecto específico dentro de la diversidad de fines y prácticas que contribuyen a la construcción del conocimiento científico. Con ello, este trabajo busca aportar elementos de discusión en espacios poco reflexionados en torno al tema de la estandarización.

1.2 La historicidad de la estandarización

Como he señalado en la introducción, esta tesis puede ser vista como un estudio de caso compuesto por tres episodios de la historia de estandarización de *Gallus gallus* en la investigación biológica. Cada uno de estos episodios se detalla en los capítulos siguientes, pero por ahora es

importante destacar que el análisis de estos episodios en conjunto permite enfatizar un aspecto de dichos proyectos de estandarización: su *historicidad*.

En este trabajo, el término “historicidad” hace referencia a distintas cuestiones interrelacionadas:

- a) La articulación de distintos objetivos e intereses contingentes, prácticos y epistémicos, que posibilitan la realización de proyectos de estandarización con distintos resultados.
- b) Las características biológicas del pollo doméstico las cuales posibilitan su uso en distintas áreas de la investigación biológica.
- c) La contingencia de las relaciones y resultados entre episodios que responden a distintos objetivos y son retomados en distintas direcciones.
- d) La falta de direccionalidad en los procesos de estandarización y la ausencia de un conjunto de criterios globales que se apliquen a la estandarización de *Gallus gallus*.

En cuanto al primer inciso, diversos factores intervienen y se articulan para que un proyecto sea llevado a cabo. Estos incluyen las relaciones entre los actores involucrados en la estandarización de *Gallus gallus*, sus objetivos e intereses prácticos y epistémicos, y su relación con las instituciones donde se ha llevado a cabo la estandarización de esta ave. Aunque, ciertamente, muchos más factores se encuentran en juego para que un proyecto de estandarización se realice, las distintas interacciones entre aquellos abordados en la tesis han repercutido marcadamente en los resultados de la estandarización.

A este respecto, es importante destacar la posibilidad de llevar a cabo ciertos tipos de experimentación con la especie *Gallus gallus* (p.ej. experimentos en inmunología o en biología del desarrollo) juega un papel en los proyectos de estandarización. De manera notoria, la capacidad de utilizar a esta ave como organismo de investigación responde a las características biológicas de dicha especie, que permiten que sea de utilidad en la inmunología o en la genética. Esto se

corresponde con los distintos proyectos de estandarización llevados a cabo en esta especie, que sacan provecho de sus características biológicas exploradas (y explotadas) en dichas áreas de investigación.

De manera relacionada, la historicidad de los proyectos se refleja en la diversidad existente entre ellos. Tanto las condiciones de desarrollo de cada proyecto, como sus resultados, difieren, a pesar de que todos ellos comparten una finalidad general: *homogeneizar* -es decir, controlar la variabilidad- de poblaciones de aves para la investigación biológica. En resumen, en la medida en que cada proyecto es el producto de situaciones históricas particulares y de intereses en características biológicas específicas, las poblaciones de *Gallus gallus* resultantes muestran rasgos propios y son distintas entre sí.

Por último, la variedad de factores y objetivos que posibilitan cada proyecto repercuten en el hecho de que los episodios seleccionados no tengan una direccionalidad específica; esto es, un proyecto no deriva necesariamente del anterior, ni existe un “telos” especial de la investigación científica experimental. Si bien esta tesis muestra que los episodios abordados guardan relación entre sí, cada proyecto, por separado, no representa un paso necesario dentro de la historia de estandarización del pollo doméstico. Más aun, a pesar de que los resultados de los episodios pueden ser reutilizados por otros grupos de investigadores, resulta difícil determinar de antemano la relevancia que éstos tendrán para nuevos proyectos de estandarización, así como su posible aplicabilidad en nuevos contextos.

En este sentido, H. Rheinberger ha propuesto la noción de “historialidad” en contraposición a la “historicidad” que él asocia a una linealidad temporal que sirve como sustento para la idea de que el trabajo del historiador es relatar la “historia real” (Rheinberger 1994, 66). Rheinberger argumenta que la historialidad permite dar cuenta de la diversidad de sistemas experimentales,

cada uno de ellos con un propio “tiempo interno” (Rheinberger 1994, 68). La historialidad surge a través del acoplamiento de varios sistemas en un campo de investigación determinado. De acuerdo con Rheinberger, este campo tiene su propia estructura temporal compleja, en la cual no domina un “tema o paradigma” determinado. El campo tiene, más bien, una “coherencia frágil”, producto de la articulación de distintos sistemas que se reproducen de manera diferenciada y, por tanto, no implica un proceso “puramente estocástico”, ni una linealidad histórica “típica” (Rheinberger 1994, 69).

A pesar de que esta noción historiográfica resulta relevante para poner de relieve los distintos aspectos históricos contenidos en un sistema experimental, no será utilizada directamente en el presente trabajo. Esto se debe a que mi tesis no se enfoca en la temporalidad y la “recurrencia” de los sistemas experimentales, sino en la comparación entre distintos episodios de estandarización cuyas diferencias son el producto de distintos actores e intereses involucrados. Tampoco busco aplicar estrictamente un análisis como el de Rheinberger a la estandarización del pollo doméstico, sino simplemente destacar que nociones historicistas como “historialidad” o “historicidad” resultan significativas para destacar un aspecto de la estandarización en casos como el que aquí se presenta.

1.2.1 Novedades y continuidades entre los episodios de estandarización de *Gallus gallus*

Destacar la historicidad de la estandarización es un objetivo de esta tesis, pues la estandarización ha sido considerada como inherentemente asociada al objetivo de “volver homogéneas” cosas o personas (cf. Busch 2011, 3). Si bien este es un componente clave de quizá todas las prácticas de estandarización, los episodios aquí presentados enfatizan que homogeneizar una población de organismos no conlleva una imposibilidad de variación a largo plazo. Es decir, al contrario de

estándares como el sistema métrico decimal, las poblaciones de organismos regularmente se mantienen abiertas a nuevas modificaciones.

Por otro lado, “estandarizar a *Gallus gallus*” no implica una serie de acciones específicas, constantes e inamovibles a través de distintos contextos, ni tiene como objetivo producir una población única de aves para la investigación biológica. Por ejemplo, homogeneizar poblaciones de pollo doméstico a inicios del siglo XX involucró objetivos y procedimientos distintos a aquellos presentes en la inmunología de mediados de siglo y a aquellos de la genómica de inicios del siglo XXI.

Esto no significa que cada episodio esté totalmente desligado de los otros: mi investigación muestra una combinación de novedades y continuidades entre los proyectos abordados. Las poblaciones de aves estandarizadas fueron desarrolladas con base en parvadas y técnicas resultantes de proyectos similares previos y los investigadores sugieren explícita o tácitamente esta situación a medida que nuevos procesos se desarrollan. En cierta medida, los estándares desarrollados en un episodio son retomados en el siguiente.

Un aspecto crucial en la novedad y la continuidad de los episodios tiene que ver con un rasgo distintivo del pollo doméstico: su papel en la industria agrícola del siglo XX. En cada uno de los episodios que analizo en esta tesis, la investigación agrícola está involucrada en las decisiones tomadas acerca de qué características deberán conservar las poblaciones de aves resultantes y en el tipo de investigación que se espera llevar a cabo con ellas. Este factor es relevante ya que la investigación agrícola expresa sus intereses de distintas formas a través de cada episodio e influye tanto en los resultados esperados, como en las tecnologías utilizadas para estandarizar al pollo.

Más aun, al tomar en cuenta este factor, se ponen de relieve cambios en la interrelación entre los intereses económicos y de investigación en esta ave. Esto contrasta con otros organismos cuya

estandarización ha sido llevada a cabo por grupos comúnmente asociados a la investigación biológica “básica” o biomédica (ver más adelante). De manera concisa: la historia de las cepas de *Gallus gallus* utilizadas en la biología ha estado constantemente asociada a los cambiantes intereses de la industria alimenticia.

Dicho esto, en las siguientes secciones analizaré algunos temas comunes en la literatura sobre estándares que se relacionan con mi investigación, es decir cuestiones que se interrelacionan con la historicidad de la estandarización en el caso de *Gallus gallus*. Con ello, mi objetivo es destacar que aspectos recurrentes en la literatura sobre estandarización cobran sentido en los episodios analizados en los siguientes capítulos.

1.3 La estandarización en los estudios de la ciencia y la tecnología a través del caso de *Gallus gallus*

1.3.1 Relaciones entre estándares y las personas que los realizan

Como se mencionó previamente, una vertiente de la literatura sobre la estandarización dentro de los estudios de la ciencia y la tecnología se ha enfocado en mostrar la influencia de los estándares en múltiples aspectos cotidianos. Por ejemplo, la compilación de M. Lampland y S. L. Star *Standards and their Stories* presenta varios casos que muestran el impacto de los estándares en distintas personas o grupos de ellas. A través de dichos ejemplos, estas autoras buscan destacar la importancia de los estándares como un tema digno de estudio por las ciencias sociales. En específico, la pregunta que Lampland y Star intentan responder a través de su trabajo es: “¿cómo la gente lidia, de manera ordinaria, con millones de estándares interrelacionados?” (Lampland & Star 2010, 4).

Adicionalmente, Lampland y Star analizan algunas características generales de los estándares. Estas autoras señalan que los estándares: (a) se anidan unos en otros; (b) se distribuyen de manera desigual a través del paisaje sociocultural; (c) son relativos a las comunidades de sus

practicantes; (d) se encuentran vinculados uno con otro a través de distintas organizaciones, naciones y sistemas técnicos; y (e) codifican, encarnan o prescriben éticas y valores (Lampland y Star 2008, 4-5).

Algunas de estas características se refieren a las relaciones entre distintos estándares. Por ejemplo, las autoras explican con respecto al inciso (d) que en cada actividad cotidiana están involucrados varios estándares de manera implícita, los cuales deben integrarse entre sí para llevar a cabo una actividad determinada (p.ej. el pago de impuestos) (Lampland & Star 2008, 7-8). Además, como señala el inciso (a), las relaciones entre ellos pueden ser de anidación, en las cuales los estándares embonan uno en otro “como en un juego de muñecas rusas”. Para estas autoras, esta relación es “recursiva” y conecta a distintos estándares cada vez más amplios. Así, un estándar “pequeño” (llenar una forma estandarizada para el pago de impuestos) “embona” en un estándar “mediano” (un calendario fiscal) y éste, a su vez, embona en uno “grande” (el porcentaje de impuestos que una persona debe pagar). La relación de anidación forma una estructura que “permanece” y que no suele ser afectada por soluciones alternativas (Lampland & Star 2008, 5-6).¹⁹

Estas características de los estándares resultan informativas para el desarrollo de este trabajo, pero es necesario enfatizar que las relaciones entre las poblaciones estandarizadas que discuto no son estrictamente las que señalan Lampland y Star. Por ejemplo, estas poblaciones no mantienen entre sí una relación de anidación similar a la discutida por dichas autoras: no encajan una en la

¹⁹ Otros aspectos mencionados por estas autoras se relacionan con la manera en que las personas interactúan con los estándares. Lampland y Star señalan que los estándares incorporan los valores de aquellos que los establecen y esto provoca que se oculte la diversidad existente dentro de un grupo (e) (Lampland & Star 2008, 8). Los estándares también se distribuyen de manera desigual (b), es decir, existen situaciones o lugares en los que ciertos estándares no son implementados y en otros sí (Lampland & Star 2008, 6-7). Finalmente, tienen un impacto y alcance diferente en la vida de distintos actores y organizaciones que son sujetos a ellos (c); es decir, afectan de manera distinta a los actores que interactúan con ellos, dependiendo de factores como su contexto socioeconómico, la época o el régimen político (Lampland & Star 2008, 7).

otra, sino que son parte de distintos proyectos de desarrollo de organismos experimentales, cada uno con cierta independencia de los otros. Sin embargo, sí existen relaciones entre distintos estándares del caso descrito en esta tesis. Por ejemplo, a lo largo de la producción de estos especímenes estandarizados se vinculan estándares sobre las propiedades materiales de los pollos con estándares que determinan las condiciones necesarias el alojamiento y comida de este tipo de aves.

Adicionalmente, estas autoras señalan que el ocultamiento de la diversidad es una consecuencia de la estandarización. Aunque esta tesis no pretende presentar una discusión más amplia sobre este tema, existe literatura que ha cuestionado la representatividad de las especies más comunes de organismos modelo (las cuales pasan por procesos de estandarización).²⁰ Distintos análisis sobre estas especies señalan que, aunque dichas especies tienen características que las hacen prácticas para su uso en laboratorio, sus características biológicas pueden resultar poco representativas de los grupos taxonómicos a los que pertenecen (Bolker 1995). Más aun, análisis como los de J. Bolker (1995), A. Minelli y J. Baedcke (2014) señalan que el uso de un grupo limitado de especies repercute negativamente en el pretendido enfoque comparativo en áreas específicas de la biología. Cuestiones como esta y en qué sentido la estandarización de estos organismos “oculta” la diversidad son temas que requeriría un espacio mucho más amplio para ser vinculados con el caso aquí analizado.²¹

²⁰ Éste es un tema actual de discusión para la agricultura industrial, en la que sólo unas cuantas razas de esta ave son utilizadas, en contraste con la amplia variedad regional de pollos la cual ha sido desplazada (cf. Lawler 2014, 229-238).

²¹ Lampland y Star también se refieren a la manera en que distintas personas lidian con los estándares. Aunque en esta tesis se destacan los distintos actores que llevan a cabo la estandarización, mi trabajo no se enfoca en subrayar la manera en que los estándares establecidos afectan a otros grupos de personas, sino en aquellos grupos que han establecido las parvadas estandarizadas.

1.3.2 El uso del término “estándar”

L. Busch (2011, 73-75) afirma que los estándares son “recetas para [producir] la realidad”, las cuales permiten establecer un orden y “guiar la práctica” de muchas actividades cotidianas. Al igual que Lampland y Star, este autor presenta un análisis amplio de los ámbitos en los que se encuentran involucrados distintos estándares y de algunas de sus características generales (cf. Busch 2011, 53-68). Entre otras, Busch distingue qué es un estándar, qué es una prueba y qué es un indicador (Busch 2011, 52-53), así como las características de cada uno de ellos y el hecho de que algunos estándares tienen el objetivo de producir homogeneidad entre objetos y otros entre personas (Busch 2011, 53-68).

La distinción entre estándar, prueba e indicador permite destacar algunos aspectos discutidos en esta tesis. Por ejemplo, para Busch un “estándar” es propiamente un documento que especifica los requerimientos con los que debe cumplir un objeto o persona para pertenecer a cierto grupo o clasificación (cf. Busch 2011, 52). En este sentido, las parvadas descritas en esta tesis fueron producidas con base en requerimientos explícitos que determinaban cuáles características que debían permanecer homogéneas en la población para, por ejemplo, ser consideradas “aves libres de patógenos específicos”. Dichas parvadas son evaluadas con “pruebas” de corte inmunológico que permiten evaluar si son adecuadas, es decir, si son o no portadoras de enfermedades o patógenos. Finalmente, las aves resultantes cuentan con certificados (o, en términos de Busch, “indicadores”) que las distinguen como organismos “libres de gérmenes”.

A pesar de estas distinciones específicas, la caracterización del término “estándar” por parte de Busch, así como los ejemplos que aporta en su trabajo, hacen un uso excesivamente amplio del término (Radder 2012, 763). Esto es quizá un resultado de su objetivo de reafirmar la ubicuidad de los estándares en la vida cotidiana. No obstante, resulta problemático ya que Busch incluye en

dicho término casi cualquier cosa desde unidades de medida y protocolos de seguridad, hasta el comportamiento moral de un grupo específico de personas (cf. Busch 2011, 25), cosas que no necesariamente siguen criterios o documentos explícitos. Como ha señalado el sociólogo S. Timmermans (2012, 494), el trabajo de Busch presenta una “visión panorámica” del tema, sin embargo, dicha amplitud impide que se aprecien los matices y las especificidades de distintos estándares.

Por esta razón, aunque tomo en cuenta la distinción de Busch, mi uso del término “estándar” parte del objetivo de mi investigación: analizar cómo una serie de objetos (organismos) se estandarizan. Por tanto, mi uso del término “estándar” se refiere a una propiedad de un instrumento, un protocolo o una población de aves, los cuales son estables u homogéneos y son desarrollados y comúnmente utilizados por los actores que se mencionan a lo largo del trabajo. En consecuencia, mi uso del término no se restringe a hablar de estándares *qua* documentos o requerimientos. Aunque la existencia de estándares como documentos será abordada y discutida (ver capítulo 2), el objetivo de dichos documentos es, de una u otra forma, *producir* poblaciones, las cuales son el foco de discusión en esta tesis.

1.3.3 Aspectos dinámicos de la estandarización

Los episodios aquí discutidos permiten analizar algunas cuestiones relevantes de los procesos de generación de los estándares, destacadas en el trabajo de Lampland y Star: (1) ¿Quién llevó a cabo la estandarización?, (2) ¿Por qué se llevó a cabo?, (3) ¿De qué manera se estandarizó?, (4) ¿Hacia quiénes fueron dirigidos esos procesos? (i.e., ¿quiénes son los usuarios de los estándares?), (5) ¿Cómo es que los estándares desarrollados en un contexto sirven como “plantillas” para el desarrollo de otros estándares? (Lampland & Star 2008, 15).²² En tanto estas preguntas permiten

²² Para Lampland y Star, una serie de preguntas que permiten analizar históricamente los procesos de “atrincheramiento generativo” (*sensu* Wimsatt 1998) e irreversibilidad de los estándares son: “¿Qué se está

comparar los distintos episodios de estandarización, funcionarán como una guía en el desarrollo de los tres episodios abordados.

Dicha comparación resulta relevante ya que, como he reiterado, esta tesis tiene como fin destacar el carácter profundamente historicista de la estandarización. En este sentido, el enfoque de este trabajo es el de una “epistemología histórica”, pues mi análisis se enfoca en la historicidad de un aspecto de “*los procesos de generación de conocimiento científico y las maneras en que este es iniciado y mantenido*” (Rheinberger 2010, 3). Particularmente, mi tesis muestra la dinámica de la estandarización de organismos de investigación, la cual es una manera en que se mantienen procesos de generación de conocimiento biológico (p.ej. la experimentación) en las distintas áreas en las que el uso de *Gallus gallus* es relevante.

Sin embargo, es necesario apuntar que el caso aquí descrito no es igual al de ciertos objetos de interés científico que se han reconfigurado notoriamente a lo largo de sus historias en la investigación biológica (como sucedió con la transición del ARN de transferencia de un “objeto epistémico” a un “objeto técnico”) (cf. Rheinberger 1994, 1997).²³ Mi trabajo aporta una descripción detallada de los cambios de enfoque y de resultados en una práctica recurrente en las ciencias de la vida: la estandarización de organismos. Dichos cambios no significan que la especie

estandarizando?, ¿con qué propósito y con qué resultado? ¿Cuándo comenzó? ¿Cuáles fueron sus primeros atrincheramientos? ¿Qué puede y debe ser cambiado? ¿Quiénes son los actores que se involucraron en el proceso de estandarización?, ¿cambiaron durante distintos momentos en la génesis y maduración del estándar? ¿Qué pequeñas decisiones se han ramificado a través de la vida y expansión de los estándares? ¿Cuándo un estándar se vuelve suficientemente estabilizado para ser visto como un objeto o cualidad que influye en el comportamiento social? ¿Cómo debemos analizar la cualidad de objeto de los estándares, mientras mantenemos una mirada aguda acerca de la cualidad necesariamente histórica y procesual de su surgimiento, transformación y (variablemente) larga vida? ¿Cómo los estándares que se desarrollan en un contexto adquieren un carácter modular, lo que les permite ser desplazados o servir como plantillas para el desarrollo de otros estándares?” (Lampland and Star 2008, 15).

²³ A este respecto, Rheinberger ha discutido la manera en la que un objeto de investigación es reconfigurado y utilizado a través de distintas áreas dentro de la experimentación biológica, así como la multitud de historias que contiene un objeto de interés científico (Rheinberger 1994, 1997). Adicionalmente, en conjunto con S. Müller-Wille, Rheinberger ha analizado detalladamente las condiciones históricas asociadas con el establecimiento de un espacio que posibilita la producción del conocimiento científico, por ejemplo el conocimiento acerca de la herencia (cf. Müller-Wille & Rheinberger 2007).

Gallus gallus sea vista de maneras radicalmente distintas en cada proyecto de estandarización, ya que en cada caso los actores la perciben como una especie útil para estudiar uno o más fenómenos biológicos. Más aun, tampoco parecen existir nociones notoriamente distintas de la estandarización, sino que las prioridades relacionadas se modifican.²⁴ De esta forma, los episodios muestran una interacción entre continuidades y novedades que ponen de relieve el hecho de que establecer un organismo para investigación requiere un trabajo constante. En este sentido, una continuidad entre cada proyecto es que *Gallus gallus* es constantemente percibido como un organismo experimental.

Por otro lado, es importante mencionar que en la literatura de los estudios de la ciencia existen trabajos previos que subrayan el aspecto dinámico de la estandarización. Por ejemplo, el trabajo de los sociólogos S. Timmermans y M. Berg destaca la manera en que ciertos protocolos médicos estandarizados son configurados con base en estándares e infraestructuras previamente existentes y, a lo largo de su historia, son modificados por los distintos grupos de personas que los utilizan y los diseñan (Timmermans & Berg 1997). La intención de Timmermans y Berg es mostrar que la universalidad de los estándares “es siempre universalidad local”; es decir, que, a pesar de que conllevan la intención de ser aplicados en múltiples localidades, los estándares surgen en contextos y dinámicas particulares en los que no existe un rompimiento radical con las estructuras previamente establecidas (Timmermans & Berg 1997, 297-298).

Mi investigación coincide con el trabajo de estos autores al explorar el carácter histórico de la estandarización a través de casos específicos. El caso de estudio aquí presente enfatiza el carácter

²⁴ De acuerdo con U. Feest y T. Sturm, la epistemología histórica tiene distintas vertientes, entre las cuales se encuentran los trabajos de Rheinberger en los que se hace un análisis histórico de objetos de interés científico, los trabajos de J. Renn que abordan dinámicas de desarrollos científicos a largo plazo y, finalmente, los análisis de conceptos epistémicos como el de “objetividad”, ejemplificados con el trabajo de L. Daston (Feest & Sturm 2011). Aunque considero que mi trabajo difiere de estas vertientes, esto no quiere decir que el concepto “estandarización” no pueda ser analizado a través de estas distintas perspectivas. No obstante, este objetivo ha quedado fuera de mi trabajo.

dinámico de la creación y la modificación de los estándares donde diversos intereses locales (por ejemplo, disciplinares) están presentes en la producción de parvadas estandarizadas, así como distintas tecnologías que provienen de ámbitos ajenos a la investigación biológica básica (por ejemplo, técnicas agrícolas). En este sentido, mi estudio de caso permite analizar la relación entre los distintos enfoques de estandarización que confluyen en un organismo modelo.

Adicionalmente, la estandarización material de *Gallus gallus* involucra al menos dos tipos de estándares identificados por S. Timmermans y M. Berg (2003, 24-27)²⁵: “estándares de diseño” y “estándares de procedimientos”. Es decir, por un lado, los proyectos de estandarización se enfocan en establecer las características relevantes para la cepa estándar, pero, paralelamente, distintos procedimientos estandarizados son necesarios para asegurar que estas características homogéneas se mantengan en las nuevas generaciones de organismos. La conjunción entre ambos enfoques de estandarización permite asegurar la utilidad de las cepas estándar de pollo al garantizar que los individuos se producen adecuadamente para ajustarse a criterios específicos. Y, adicionalmente, los episodios abordados muestran que procedimientos establecidos previamente suelen integrarse en nuevos proyectos de estandarización que involucran la homogenización de conjuntos de características distintas. En consecuencia, la relación entre los estándares de procedimientos y los de diseño se modifica a través de las distintas etapas de la estandarización de *Gallus gallus*.

Timmermans y Berg se enfocan en la manera en que los estándares alcanzan la mencionada “universalidad local” al interior de una comunidad, en el contexto de la práctica médica y en la conjunción de distintas trayectorias de humanos y objetos en la “cristalización” de un estándar (Timmermans & Berg 1997, 276). Aunque se podría explorar en un futuro la manera en que los

²⁵ Timmermans y Berg (2003, 24-26) identifican cuatro tipos de estándares que, en se pueden empalmar: estándares de diseño, estándares terminológicos, estándares de desempeño y estándares de procedimiento.

organismos experimentales alcanzan “universalidad local”, este aspecto ha quedado de lado en mi trabajo, pues me enfoco en explorar los orígenes de los organismos estandarizados utilizados en las ciencias biológicas, un punto de partida que toma como base la literatura histórica y filosófica sobre el uso de los organismos modelo, la cual se abordará en la siguiente sección.

1.4 *Gallus gallus* en la discusión sobre los organismos modelo

1.4.1 Organismos estandarizados

Al igual que con otros organismos de la investigación biológica, distintas poblaciones “estándar” de *Gallus gallus* han sido establecidas a través de proyectos que, en comparación con la larga historia del pollo en la biología (ver introducción), son bastante recientes. De manera general, los organismos modelo utilizados actualmente en la biología suelen ser el producto de una serie de esfuerzos y procedimientos que forman parte de la intención de estabilizar las condiciones en las que se lleva a cabo la experimentación. Este rasgo se refleja, por ejemplo, en manuales sobre el uso de animales de laboratorio que recomiendan estandarizar las características de los organismos vivos y las condiciones en las que viven con el fin de “incrementar la reproducibilidad de los resultados promedio de un grupo” y la “comparabilidad de resultados dentro de los laboratorios y entre ellos” (Beynen, et al. 2003 *en* Richter, Garner & Würbel 2009).²⁶

En este sentido, análisis filosóficos han destacado el papel de la estandarización en la experimentación científica: se ha señalado que permite asegurar la reproducibilidad de las condiciones en las que se realiza un experimento y, en consecuencia, hacer comparables los

²⁶ En este sentido, la estandarización influye en varios ámbitos de las ciencias biológicas: en la producción de instrumentos de medición (p.ej. balanzas, probetas, etc.) y de material de laboratorio comúnmente utilizado (p.ej. cajas Petri, tubos Eppendorf, etc.), en la producción de los organismos utilizados en la experimentación biológica, y en el establecimiento de protocolos para realizar un experimento (como aquellos que establecen las condiciones adecuadas para la realización de la reacción en cadena de la polimerasa o PCR). Aunque discutiré la estandarización de sus ambientes, en esta tesis únicamente me enfoco en la estandarización de organismos vivos.

resultados de este para otros grupos de investigación.²⁷ En este ámbito, Radder señala que los científicos buscan estabilizar las condiciones de un experimento mediante distintas prácticas (incluida la estandarización), las cuales son consideradas valiosas para hacer a la experimentación menos dependiente de las habilidades individuales de un investigador, al igual que para “deslocalizar” sus resultados, es decir, volverlos menos dependientes de un contexto específico (Radder 1992, 70-71).²⁸

El interés por obtener pruebas y resultados experimentales confiables ha jugado un papel en promover la estandarización de organismos vivos a lo largo de la historia de las ciencias de la vida. Esto ha sucedido tanto en disciplinas como la genética o la inmunología (destacadas en esta tesis), como en ámbitos relacionados con el uso productivo o industrial de las especies, por ejemplo, en el caso de animales utilizados como herramientas diagnósticas (cf. Fujimura 1996, Kirk 2008).²⁹

Adicionalmente, la historia y la filosofía de la biología han abordado la importancia de los organismos experimentales a través de estudios de caso de especies particulares (cf. Kirk 2012, Kohler 1994, Leonelli 2008, Rader 2004). Dichos estudios muestran cómo los organismos estandarizados funcionan como nodos para la integración de comunidades de investigadores (cf. Kohler 1994, Leonelli 2007), y su relevancia para la obtención de conocimiento acerca de

²⁷ Al discutir el problema del “regreso experimental” presentado por H. M. Collins, H. Radder señala que la reproducibilidad experimental es una cuestión compleja que involucra distintos procesos de estabilización que tienen la intención de no restringir los resultados experimentales a un contexto local, y que involucran los aspectos materiales de un experimento, su diseño teórico, la replicación y la estandarización (cf. Radder 1992).

²⁸ Esto no implica que el papel de la estandarización en la reproducción de resultados experimentales esté exento de ser problematizado. Recientemente, la relevancia de la estandarización de las condiciones ambientales de un organismo para obtener resultados replicables ha sido cuestionada desde contextos de investigación científica (cf. Richter, Garner & Würbel 2009).

²⁹ No obstante, la reproducibilidad, por sí sola, no es el único factor involucrado en el éxito de los proyectos de estandarización de los organismos experimentales. Como muestra R. G. W. Kirk para el caso de Gran Bretaña, esta preocupación por la confiabilidad de los resultados y las condiciones de la experimentación se entrelazó en las décadas de 1930-1940 con el objetivo de independizar las ciencias biomédicas del mercado de animales de exhibición (Kirk 2008). Como este autor, otros factores pueden entrar en juego en distintos contextos.

características y procesos biológicos en ámbitos que involucran distintas etapas y contextos de investigación (cf. Ankeny 2000, Leonelli 2008, Meunier 2012). Los análisis en esta área incluso han generado puntos de vista críticos sobre la producción de conocimiento biológico que se basa en enfocar buena parte de la investigación biológica en un grupo reducido de especies estandarizadas (cf. Bolker 1995, Minelli & Baedke 2014).

Esta literatura también ha destacado la importancia de la estandarización en el establecimiento de distintas especies como organismos modelo, además del hecho de que desarrollar cepas estándar suele formar parte de proyectos de investigación específicos llevados a cabo por grupos de investigadores interesados en promover a especies particulares como “modelos” de uno o varios fenómenos biológicos. De esta forma, el análisis histórico y filosófico ha permitido destacar las motivaciones prácticas, epistémicas y disciplinares por las cuales se lleva a cabo la estandarización. Y, adicionalmente, se ha puesto de relieve que las cepas suelen estar sujetas a proyectos de *estandarización material*; esto es, procesos enfocados en establecer y homogeneizar ciertas características biológicas específicas en un grupo de organismos.³⁰ Esta serie de cuestiones quedan de relieve en mi investigación, cuyo estudio de caso también cuenta con características específicas que informan a la discusión histórica y filosófica.

1.5 La especificidad de *Gallus gallus*

El pollo doméstico tiene características que lo hacen particularmente interesante como un caso de contraste con otras especies utilizadas en la investigación de ciencias de la vida y analizadas en la literatura histórica y filosófica. Por una parte, como he señalado, aunque esta ave es una especie

³⁰ Esto no significa que los organismos modelo no estén relacionados a otros tipos de estandarización. El establecimiento de un lenguaje homogéneo alrededor de las bases de datos de información genómica sugiere que la estandarización también resulta importante en los aspectos informáticos que permiten integrar la información de los organismos modelo y llevar a cabo distintos proyectos de investigación. De esta forma, la estandarización material de una especie se relaciona con otros tipos de prácticas que permiten su uso como un organismo modelo en contextos de investigación más amplios (cf. Leonelli 2008).

con una larga trayectoria en las ciencias biológicas, la relación de su estandarización con su uso como organismo modelo, no ha sido abordada previamente. Al relacionar estos dos aspectos, mi investigación no sólo resalta la importancia de esta ave en la investigación biológica del siglo XX, sino también destaca aquellos factores que contribuyen a cambiar la dinámica de su uso en disciplinas concretas.³¹

La importancia productiva del pollo doméstico en la industria alimenticia y su relación con la estandarización de esta ave en la investigación, permite analizar la interacción entre contextos de investigación básica y de investigación aplicada en la configuración de un organismo de laboratorio. Ciertamente, la literatura histórica ha sugerido previamente que la posible importancia práctica o comercial de una especie juega un papel relevante en su establecimiento como organismo modelo. Por ejemplo, la hoy popular rana *Xenopus laevis* tuvo un papel relevante en la producción de pruebas de embarazo y, posteriormente, la disponibilidad de estas ranas en el laboratorio fue un factor que permitió su ingreso y expansión en la biología del desarrollo (Gurdon & Hopwood 2000). Por su parte, el genetista Georges Wells Beadle no sólo utilizó al hongo *Neurospora crassa* como un organismo de valor experimental para elucidar las relaciones entre los genes y las enzimas, sino que lo promovió ante instituciones de financiamiento públicas y privadas como un organismo con valor comercial (esto es, como “bioensayo” para pruebas de nutrición) (Kay 1989).

Aunque estos casos destacan la interrelación entre la investigación “básica” y la “aplicada”, mi caso aporta un nuevo enfoque al centrar su atención en un ámbito productivo influyente en las ciencias biológicas: la investigación agrícola. Como se verá en la siguiente sección (y a lo largo de

³¹ Como muestra la literatura histórica y filosófica, la historia de una especie dentro de la investigación biológica suele estar sujeta a contingencias derivadas de las características biológicas de la especie y a cambios de enfoque en la investigación (cf. Burian 1993, Gurdon & Hopwood 2000, Kohler 1994).

los tres capítulos siguientes), esta última disciplina ha mantenido una influencia constante en la estandarización del pollo para usos experimentales.

1.5.1 *Gallus gallus* entre la agricultura y la investigación “básica”

El papel agrícola del pollo doméstico es un punto de contraste de mi estudio de caso con trabajos previos enfocados en organismos modelo, ya que la literatura histórica y filosófica suele hacer referencia a especies cuyas cepas fueron estandarizadas primordialmente en contextos de investigación biológica “básica” o de la biomedicina. A pesar de que el pollo doméstico también es un organismo relevante en dichas áreas, mi investigación muestra que el establecimiento de cepas estándar de *Gallus gallus* está íntimamente relacionado con su uso como un organismo agrícola.

Desde el primer episodio descrito, la estandarización del pollo ocurre en contextos en los que se combinan intereses por investigar aspectos biológicos básicos con la importancia comercial de estandarizar a esta ave. El papel de la investigación agrícola es particularmente prominente en la década de 1950 (ver capítulo 3), pero también permitió establecer procedimientos que resultarían fundamentales para producir las aves estandarizadas involucradas en el proyecto de secuenciación genómica de *Gallus gallus* a inicios del siglo XXI (ver capítulo 4).

Existe literatura académica que ha abordado previamente la importancia agrícola de esta ave y que ha analizado la manera en que la investigación biológica ha influido en la producción de variedades estandarizadas de pollo para la producción agrícola (cf. Derry 2012, 2015, Squier 2011). La diferencia de mi enfoque con dichos trabajos es que mi punto de partida es la pregunta: “¿de dónde surgieron los ejemplares de *Gallus gallus* utilizados en la biología experimental?”. En cambio, el minucioso trabajo de autoras como M. Derry se enfoca en explorar las distintas maneras en que las variedades agrícolas de pollo fueron configuradas y en analizar la influencia de

la genética en la producción avícola, la cual no consiste meramente en una aplicación de las ideas Mendelianas al ámbito productivo (cf. Derry 2015, 371-373).

Aunque mi objetivo es distinto al de Derry, mi investigación coincide con trabajos históricos que han analizado la relación entre la investigación biológica “básica” (particularmente la genética) y la agricultura. Dicha literatura problematiza la idea común de que los principios teóricos de la genética fueron aplicados exitosamente a la agricultura y lograron de manera directa conseguir una mayor productividad en dicho sector. En contraste, la literatura histórica ha señalado distintas problemáticas y contingencias en la aplicación de la genética a la producción agrícola, las cuales ponen de relieve la existencia de distintos métodos y perspectivas teóricas involucrados en el desarrollo de variedades de organismos agrícolas, los cuales incluso preceden a la genética clásica (cf. Berry 2014, Harwood 2005, 2006, Müller-Wille 2007, Palladino 1994, Paul & Kimmelman 1988, Theunissen 2012, 2014).

En este sentido, mi investigación muestra que la investigación agrícola tuvo una influencia clara y constante en el establecimiento de los especímenes de pollo utilizados posteriormente en la investigación biológica “básica”. Dicho de otro modo, el interés por estandarizar a *Gallus gallus* surge, en buena medida, en contextos comerciales que se relacionan con la industrialización de la agricultura durante la primera mitad del siglo XX.

El caso de *Gallus gallus* muestra coincidencias con otras especies utilizadas en la investigación biológica como la levadura de cerveza *Saccharomyces cerevisiae* o el maíz *Zea mays*, las cuales resultan interesantes tanto para el estudio de aspectos básicos de biología, como por sus usos industriales o agrícolas. Por ejemplo, a finales del siglo XIX personajes como Emil Christian Hansen (en el Laboratorio Carlsberg de la cervecería del mismo nombre) o Martinus Willem Beijerinck (en la “Fábrica Neerlandesa de Levadura y Bebidas Alcohólicas” o “Nederlandsche Gist-en Spiritus

Fabriek”) estandarizaron cepas de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* mediante la implementación de métodos para obtener cultivos puros. De acuerdo con S. Müller-Wille, este tipo de proyectos, llevados a cabo en un terreno intermedio entre la bioquímica, la microbiología y la producción de variedades (‘breeding’) de interés comercial, cimentaron el “enfoque Mendeliano” de inicios del siglo XX. Proyectos similares a los de Hansen y Beijerinck fueron particularmente influyentes en Wilhelm Johannsen, cuya idea de línea pura (aplicada primeramente en plantas) tomó como base los cultivos puros de la microbiología (Müller-Wille 2007).

El interés de estos personajes por generar cepas útiles para la industria cervecera no estuvo desvinculado de su interés por realizar investigación “básica” y de su uso como organismos modelo. Por ejemplo, durante toda su carrera académica Beijerinck mantuvo un interés explícito en investigar la relación entre la herencia, la variabilidad y el desarrollo de los organismos y consideraba que los microbios eran organismos modelo útiles para abordar dichos temas y encontrar sus principios fundamentales (Theunissen 1996).³²

Por otro lado, el maíz se utilizó para estudios de genética desde el siglo XIX, de una manera cercana a la horticultura y a los intereses agrícolas. A inicios del XX, George H. Shull aplicó métodos estadísticos (desarrollados por Francis Galton) al análisis del cruzamiento de variedades de maíz. Shull identificó lo que él llamó “especies elementales” (equivalentes a las líneas puras de Johannsen) y realizó experimentos de cruce para obtener variedades con “vigor híbrido”, los cuales calificó como “la clave” para el mejoramiento comercial del maíz. En la misma línea de

³² Más aún, de acuerdo con Müller-Wille, el uso de la levadura por estos investigadores tiene como trasfondo “un estilo peculiar de razonamiento” que cuenta con dos “disposiciones” particulares: (1) Disposición a la reducción, que implica tratar a sus organismos de investigación como si estos estuviesen caracterizados únicamente por un conjunto pequeño de propiedades y (2) disposición a la construcción, en la que es posible “construir” organismos a partir de “bloques elementales” combinados mediante la hibridación (Müller-Wille 2007). Este enfoque resulta similar al uso de otros organismos modelo y perdura en la manera en que éstos se utilizan actualmente (cfr. Ankeny y Leonelli 2011, 316).

Shull, Edward M. East, de la Estación Experimental de Connecticut, y otros investigadores agrícolas llevaron a cabo experimentos similares durante las primeras décadas del siglo XX, lo cual sentó las bases para el posterior éxito del “maíz híbrido” (Endersby 2007, 292-333), en un contexto en el que se combinaban intereses teóricos y prácticos (Paul y Kimmelman 1988).³³

Paralelamente, Rollins A. Emerson estableció una comunidad de genetistas del maíz en la Universidad Cornell. Emerson promovió el uso de esta planta como organismo modelo en respuesta a la investigación de Thomas Hunt Morgan con *Drosophila* y buscó posicionarlo como la piedra angular de una “genética fisiológica” (distinta de la de Morgan) que resultara útil para estudiar organismos agrícolas. Este proyecto refleja el papel de Emerson como investigador agrícola y su definición de una agenda propia para los estudios de genética relacionados con fines de mejora de organismos de importancia económica (Kimmelman 1992).³⁴

Estos casos son botones de muestra de las variadas relaciones entre la agricultura y la investigación básica que se establecen a través del uso de un organismo modelo. No obstante, en dichos estudios históricos la estandarización de las cepas experimentales suele no ser abordada a detalle. Mi investigación integra esta cuestión al estudio de las relaciones entre agricultura y biología, a través de la exploración de las continuidades y novedades de la estandarización material de *Gallus gallus*. Como se muestra a lo largo de la tesis, estas continuidades y novedades

³³ D. B. Paul y B. Kimmelman ofrecen una discusión más detallada sobre las relaciones de la genética mendeliana y la agricultura en Estados Unidos a principios de siglo XX. En el mismo tenor que la bibliografía que discute esta relación (ver más arriba), su análisis destaca que el maíz híbrido no fue producto de una aplicación directa de la genética de Mendel a la agricultura y destaca la importancia de las instituciones agrícolas en adoptar el Mendelismo (Paul y Kimmelman 1988).

³⁴ Varios estudios históricos que abordan el uso de *Zea mays* suelen enfocarse específicamente en Barbara McClintock y su investigación sobre la transposición de elementos cromosómicos y la regulación genética del desarrollo (cfr. Comfort 1999, Fox Keller 1983, Keirns 1999). Aunque estos trabajos suelen aludir a la comunidad de investigadores que utilizaban al maíz en la investigación genética y al desarrollo de técnicas particulares (p.ej. un “lenguaje visual” propio) alrededor de esta planta (cfr. Keirns 1999), así como a la integración de distintas perspectivas de investigación en el trabajo de McClintock (p.ej. citogenética, desarrollo, genética) (Fox Keller 1983, 90-92), sus vínculos con la investigación aplicada no suelen ser discutidos.

se dan en el contexto de un interés dual por generar conocimiento sobre aspectos biológicos y por contribuir a mejorar la producción avícola.

1.6 *Gallus gallus* como un estudio de caso

Para finalizar este capítulo, señalaré algunas características metodológicas de este trabajo. En primer lugar, es importante señalar que esta tesis conforma un “estudio de caso”. De acuerdo con M. Morgan, un estudio de caso se enfoca en un “todo delimitado”, el cual es su objeto de análisis. Para llevar a cabo este tipo de estudios se pueden utilizar métodos de investigación variados y a través de ellos se generan materiales de evidencia acerca de varios aspectos sobre un tema explorado. Finalmente, aunque la investigación del caso se mantiene abierta a trabajo posterior, el resultado es usualmente un recuento narrado de la evidencia obtenida y su análisis (Morgan 2012, 668).³⁵

En este sentido, esta tesis se enfoca en la estandarización del pollo doméstico, la cual puede ser vista como dicho “todo delimitado” señalado por Morgan. Es decir, mi trabajo no aborda toda la historia de estandarización de esta ave, sino que está acotado a tres episodios particulares de esa larga historia. Por otra parte, para llevar a cabo esta investigación se utilizaron diversas fuentes que incluyen comunicaciones directas con los actores involucrados en la estandarización, artículos publicados en revistas científicas, notas hemerográficas, recuentos históricos publicados por los autores y fuentes secundarias que discuten distintos aspectos del papel del gallo doméstico. El resultado es una explicación narrada del proceso en el que las características materiales de *Gallus gallus* han sido estandarizadas a través de criterios considerados relevantes y de cómo este proceso ha cambiado a través de los distintos intereses involucrados.

³⁵ Para Morgan, los estudios de caso no son un sustituto de “experimentos en el mundo”, ni tienen la intención de conformar una colección de estudios estadísticos que sirvan para validar o rechazar hipótesis filosóficas (Morgan 2012). Las ideas de esta autora concuerdan con la postura de otros filósofos de la ciencia, para quienes es erróneo tratar la investigación basada en estudios de caso como “pruebas” de supuestos filosóficos elaborados previamente (cf. Burian 2001).

En este mismo tenor, R. Burian señala que un estudio de caso (en la historia y filosofía de la ciencia) cumple su objetivo si aporta un entendimiento “mejorado” de cómo los científicos resuelven (o fallan en resolver) problemas, los métodos que utilizan, cómo ponen a interactuar sus herramientas, cómo evalúan hipótesis y afirmaciones factuales, etc. (Burian 2001, 388). En coincidencia, mi investigación analiza la manera en que distintos grupos de actores han resuelto el problema de conseguir parvadas experimentales adecuadas para la investigación y la manera en que combinaron herramientas y métodos para hacerlo. En resumen, mi trabajo contribuye al entendimiento de qué factores influyen en la estandarización de los organismos utilizados en la investigación biológica.³⁶

Esta idea se desarrolla a través de los tres episodios de estandarización mencionados, los cuales abordan situaciones específicas en las que las poblaciones de pollos fueron estandarizadas para propósitos de investigación. De manera sucinta, un “episodio” es un “suceso enlazado con otros que forman parte de un conjunto” (Real Academia Española 2014); por ello, cada episodio desarrollado forma parte del conjunto de la historia de estandarización de *Gallus gallus*. No obstante, como he señalado, dicha historia es más amplia y abarca diversas situaciones en las que esta ave ha sido estandarizada, las cuales no son discutidas en mi investigación.

Adicionalmente, este estudio de caso permite abordar consideraciones historiográficas acerca del estudio de los organismos modelo expresadas por R. Ankeny. Esta autora ha ponderado las potenciales limitaciones y beneficios en el estudio histórico de estas especies. Una de dichas

³⁶ La discusión sobre cuál es la importancia del conocimiento obtenido a través de los estudios de caso forma parte de una cuestión más amplia: ¿cómo obtener conocimiento general a través del estudio de lo particular? Esta cuestión no es exclusiva de la relación entre hipótesis filosóficas y la evidencia histórica, sino que ha sido discutida detalladamente en la historiografía (por ejemplo, a través del debate entre la historia *longue durée* y la microhistoria) (cf. Ginzburg 2010, Magnússon & Sziijártó 2013). Más aun, la cuestión no se limita al trabajo realizado en las ciencias sociales y las humanidades, sino que también forma parte de la manera en que se desarrolla la investigación en áreas de las ciencias naturales, incluyendo el uso de organismos modelo en la biología (cf. Creager, Lunbeck & Norton Wise 2007, Morgan 2014).

limitantes tiene que ver con una posible crítica hacia los trabajos históricos enfocados en organismos modelo, en tanto estos *“realizan necesariamente afirmaciones normativas y contribuyen a privilegiar un organismo particular (o un pequeño grupo de organismos)”*. Es decir, escoger un organismo como objeto de estudio histórico puede sugerir que el historiador en cuestión promueve o atribuye ciertos valores a la investigación llevada a cabo con dicha especie (Ankeny 2010, 97).

Aunque esto no parece ser el caso con muchos de los trabajos anteriormente mencionados sobre los organismos modelo, Ankeny señala que la investigación histórica ha mantenido una tendencia a enfatizar los *“organismos modelo genéticos”* (*Drosophila melanogaster*, *C. elegans*, etc.) y las técnicas experimentales que están asociadas a su estudio. Al enfocarse en este grupo de especies, se puede perder la visibilidad de organismos utilizados como modelos en otras áreas y contextos de investigación. Más aun, se omite la continuidad entre el uso de organismos utilizados en la genética y la genómica con *“otros tipos de investigación experimental”* (Ankeny 2010, 98).

Ankeny sugiere que para complementar la investigación histórica de los organismos modelo es importante *“desarrollar trabajos comparativos de varios organismos modelo, incluyendo más atención a organismos modelo no genéticos”*. Esto permitirá ver a este grupo de especies *“como materiales-recurso con una historia que es continua con líneas de investigación previas”*. Otra de sus sugerencias es desarrollar *“pre-historias de los organismos modelo de hoy día”* y enfocarse en especies menos exitosas, pues esto puede resultar útil para valorar *“las contribuciones precisas de los organismos modelo en la historia de la genética y la genómica”* (Ankeny 2010, 100-101).

Mi investigación responde a este llamado y desarrolla una *“historia previa”* de uno de esos organismos, el pollo doméstico, el cual fue incluido en iniciativas más recientes como el Proyecto del Genoma Humano (PGH), pero cuenta con una larga historia de uso en las ciencias de la vida.

Como he enfatizado, mi intención es mostrar la continuidad de los distintos proyectos de estandarización de las características materiales de dicha ave, lo cual permite (entre otras cuestiones) ponderar la importancia de la genómica en la estandarización de los organismos modelo.³⁷ Sin embargo, mi investigación no asume que los episodios de estandarización previos a la introducción del pollo doméstico en el PGH son independientes, sino que estos son parte constitutiva de la historia de esta ave en la investigación de las ciencias de la vida.

³⁷ En la tradición historiográfica de C. Ginzburg, la microhistoria se basa en contrastar nuestro conocimiento histórico con la “anomalía” (Ginzburg 2010, 390) o con “excepciones normales” que son casos marginales que “pueden revelar una realidad [histórica] oculta” (Magnússon & Szijártó 2013). En cierto sentido, mi estudio de caso puede funcionar como una anomalía (en el sentido de Ginzburg), en tanto fue establecido como un organismo para investigación mucho antes de ser incluido en la lista del Proyecto Genoma Humano (PGH). Una vez incluido, los investigadores que lo utilizan han tenido que enfatizar su importancia en la biología en contraposición a modelos más recientes que han ganado prominencia en la era genómica (cf. Stern 2005). Más aun, su papel agrícola permite problematizar la manera en que la relación entre investigación básica y aplicada permite establecer organismos para investigación biológica, incluso en contextos como el PGH.

Capítulo 2: Estandarización en la crianza comercial y de exhibición

El presente capítulo se enfoca en las prácticas de estandarización llevadas a cabo a finales del siglo XIX y principios del XX. Durante esta época, la estandarización de *Gallus gallus* fue llevada a cabo en tres distintos contextos interrelacionados: la crianza de exhibición, la crianza comercial y la genética. En un inicio, los ejemplares de pollo doméstico fueron estandarizados por criadores interesados en las características estéticas de estas aves; pero con el surgimiento de la agricultura industrial, la “crianza comercial” también cobró una relevancia central en la manera en que el pollo doméstico fue configurado materialmente. Además, durante estos años, algunos proyectos de estandarización fueron llevados a cabo por los primeros genetistas, quienes buscaron estudiar los rasgos de estas aves para obtener conocimiento sobre los mecanismos hereditarios. De manera destacada, los objetivos de los genetistas terminaron por asociarse al interés por producir razas de pollo comercialmente relevantes.

El episodio de estandarización descrito en este capítulo muestra cómo estos contextos interrelacionados generaron, reprodujeron e hicieron cumplir criterios de homogeneidad en parvadas específicas. Al utilizar y modificar a las razas de pollo, los criadores comerciales y de exhibición, así como los genetistas, mantuvieron comunicación entre sí y lograron materializar sus objetivos específicos (ya fueran recreativos, estéticos, comerciales o epistémicos). Más aun, como muestra el caso de la raza White Leghorn, los distintos actores involucrados utilizaron los resultados de proyectos de estandarización previos con el fin de desarrollar nuevas parvadas estandarizadas.

En este punto, es necesario subrayar que, a lo largo de este estudio de caso, me enfoco en situaciones acontecidas principalmente en Estados Unidos y Europa. En lo que respecta a este capítulo, estos dos lugares fueron particularmente importantes para la estandarización estética y

comercial desde el siglo XIX, como lo muestra la llamada “locura por las gallinas” (*hen craze*, en inglés) acontecida en la Inglaterra victoriana y los Estados Unidos. De manera resumida, este término se refiere un interés expandido entre los “caballeros” británicos y estadounidenses por la crianza de exhibición a mediados del siglo XIX (Lawler 2014, 196-199); lo cual condujo a la creación de nuevas razas estandarizadas de pollos, la celebración de concursos de exhibición, el establecimiento de clubes de aves de corral, y la publicación de libros de estándares. Esta actividad está ampliamente documentada en Estados Unidos y Reino Unido, como se detallará más adelante.

En segunda instancia, como Potts (2012, 139-142) y otros autores afirman, la avicultura comercial industrial parece haber iniciado en los Estados Unidos durante la primera mitad del siglo XX. Las modernas prácticas de producción de carne y huevo, y sus empresas especializadas, surgieron respectivamente en la región “Delmarva” (Delaware-Maryland-Virginia) y en Petaluma, California. De manera paralela a la actividad de los criadores de exhibición, y en conjunto con una mayor atención a la “investigación avícola”, los criadores comerciales desarrollaron razas de pollos que se convirtieron en las aves de corral más comúnmente utilizadas en el mundo (Potts 2012, 149-150, Smith y Daniel 1975, 270-273).³⁸

Ciertamente, la crianza de *Gallus gallus* es un tema mucho más amplio cuyo tratamiento histórico no necesariamente debe enfocarse en la agricultura industrial. Al enfocarme en las situaciones ya señaladas no pretendo desestimar la existencia de otras prácticas de mantenimiento, cruzamiento y uso de los pollos domésticos que, por sí mismas, han dado origen a una diversa variedad de estas aves. Sin embargo, como he sugerido previamente en esta tesis, el objetivo de mi trabajo no es proveer de una visión amplia sobre la domesticación.

³⁸ En este sentido, resultaría de interés explorar históricamente la manera en que los estándares y prácticas de producción industrial avícola fueron aplicados en otros países y se movilaron (y modificaron) en distintos contextos. No obstante, este objetivo escapa a los intereses de este trabajo.

Dicho esto, en las dos primeras secciones de este capítulo (2.1, 2.2) revisaré la relevancia de los clubes de exhibición y el creciente interés por la agricultura industrial. Con ello, pretendo enfatizar la relación entre los distintos ámbitos en los que se estandarizó la especie *Gallus gallus* a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX. En la última parte del capítulo, discutiré una variedad de pollo específica: El Livorno blanco (o White Leghorn). De manera relevante, esta variedad permite mostrar la transición de la crianza de exhibición a la producción industrial de huevo y, como se verá en el capítulo 3, el Livorno blanco se volvió la raza utilizada para el establecimiento de parvadas con fines de investigación mucho más específicos.

2.1 La importancia de la crianza de exhibición y comercial

2.1.1 El surgimiento de los clubes de exhibición

Como se mencionó en el capítulo anterior, la estandarización suele llevar consigo el establecimiento de criterios para producir una serie de objetos que los cumplen. En este sentido, los primeros grupos de actores involucrados en aplicar esta práctica a la especie *Gallus gallus* fueron las asociaciones y clubes de aves de corral, los cuales surgieron de un pasatiempo popular de los ‘gentlemen’ británicos de la era victoriana: la crianza de animales para concursos de exhibición. Estos personajes criaban aves de corral no como un medio para obtener mejores pollos con fines agrícolas (la llamada crianza “de utilidad”), ni para llevar a cabo investigación, sino por fines enteramente recreativos (Derry 2012, 39-45).

Mucho tiempo antes que las comunidades de investigadores se integraran en torno a la promoción de proyectos específicos (p.ej. los proyectos de secuenciación genómica), Marie (2008, 920) ha señalado que los clubes de aves de corral representan los primeros grupos de personas interesadas en el pollo doméstico (“chicken-people”) que adquirieron un fuerte sentido de identidad. Estos clubes establecieron estándares que les permitían evaluar un conjunto de

características relevantes para juzgar las cualidades estéticas de aves particulares en concursos de exhibición y, de esta forma, premiar a los mejores ejemplares (Derry 2012, 39-45, Marie 2008, 921).



Figura 1 Póster popular del siglo XIX que muestra varias de las distintas razas de pollos de distintas partes del mundo (L. Prang & Co., Boston.)

Los animales ganadores de premios se volvían un símbolo de estatus para sus dueños, aunque, de manera paralela, la creación de nuevas razas era una actividad prestigiosa por sí misma (Marie

2008, Smith y Daniel 1975). Por esta razón, los criadores de exhibición solían establecer y modificar constantemente sus propias “líneas” de aves de corral.

En el contexto de esta tesis, estos primeros proyectos de estandarización resultan de particular interés, pues los clubes y asociaciones de aves de corral no sólo permitieron el surgimiento de razas particulares, sino también de una serie de estándares para producirlas y ponerlas a prueba³⁹. El “London Poultry Club”, por ejemplo, estableció en la década de 1860 una lista de razas “oficiales” y un método para su evaluación en los concursos de exhibición. A esto le siguió la creación de otros “libros de estándares” en distintos lugares. Por ejemplo, de acuerdo con Derry (2012, 36-37), unos veinte años después de la publicación del club londinense, distintos personajes del noreste de Estados Unidos (en los estados de Nueva York y Connecticut) establecieron sus propios estándares basados en los británicos.

El establecimiento de nuevos estándares no era un asunto ajeno a las controversias. Por ejemplo, en 1871 un columnista de “The Canadian Poultry Chronicle” criticó el *American Standard of Excellence*, una publicación de estándares compilada por William H. Lockwood de Connecticut. Dicho columnista mostraba su desaprobación hacia el método para evaluar las razas presentado por Lockwood y enfatizaba que la publicación de este último excluía e incluía distintas razas en comparación con los criterios británicos (The Canadian Poultry Chronicle 1871).

Este tipo de críticas muestran que los estándares para evaluar aves de corral eran “conmensurables”, pero conflictivos entre sí (*sensu* Busch 2011). Es decir, aunque ambas publicaciones contenían estándares que se enfocaban en las propiedades y rasgos de varias razas de pollos (que podríamos considerar “estándares de diseño”), resultaban conflictivas pues

³⁹ No obstante, las razas de exhibición británicas y estadounidenses no representan el primero ni el único intento de establecer variedades de pollos. Algunas razas ya habían sido producidas en otros países europeos (como Italia o España) e incluso existen variedades no europeas, como los pollos “Araucana” de Chile. Aun así, los criadores de exhibición son relevantes para mi investigación pues establecieron criterios específicos para evaluar a las aves estandarizadas.

proponían distintos criterios y metodologías para evaluar las aves durante los concursos de exhibición y reconocían conjuntos distintos de razas. Aun así, estos estándares eran “conmensurables” en el sentido de que las personas familiarizadas con uno u otro libro de estándares eran capaces de entender e interpretar el otro en cuestión (p. ej. el columnista mencionado).

En la sección 2.3 volveré al tema de los libros de estándares para mostrar cómo éstos funcionaban en el caso de una raza particular (el Livorno blanco). Por ahora, es importante subrayar que durante estos años no hubo un criterio único para evaluar las razas de exhibición, sino que estos cambiaban dependiendo de los intereses que tenían los distintos grupos de criadores que publicaban los libros de estándares.

2.1.2 Algunos pasos hacia la agricultura industrial

Paralelamente a los proyectos de estandarización llevados a cabo por los *fanciers*, comenzó el interés por establecer razas de pollo doméstico que manifestaran más marcadamente las propiedades alimenticias y comerciales de esta ave. Es importante destacar que, de acuerdo con varios autores, no existía una industria avícola antes de la década de 1890, e incluso antes de la de 1920 (Hewson 1986, Marie 2008, Payne 1993, Potts 2012, Smith y Daniel 1975). Un indicativo de ello es que, en los Estados Unidos, la incubadora mecánica de huevos comenzó a ser empleada de manera masiva y comercial sólo a partir los últimos años del siglo XIX (Smith y Daniel 1975, 234-238). Dicha tecnología, en conjunto con desarrollos tecnológicos similares e innovaciones logísticas, posibilitaron el rápido crecimiento de la industria del huevo y de la carne, algo impensado durante los años anteriores, en los que la carne de cerdo y de res eran mucho más populares entre los consumidores estadounidenses (Lawler 2014).

Antes de que existiera una producción avícola a escala industrial en Estados Unidos, los pollos eran mantenidos como animales secundarios en granjas de personas que dedicaban su tiempo a algún otro producto agrícola. La avicultura no era la principal actividad llevada a cabo en las granjas y la crianza de pollos era, en su mayoría, una actividad familiar (Lembke 2012) que se basaba en la tradición, la experiencia y el “sentido común” (Diser 2012). Más aun, esta actividad era principalmente llevada a cabo por las esposas de los agricultores que conseguían con ello un ingreso extra (Derry 2012, Marie 2008, Payne 1993, Potts 2012).⁴⁰

La industria avícola comenzó a tomar forma a finales del siglo XIX y se volvió una empresa altamente productiva para mediados del siglo XX. Sin embargo, es necesario poner esta práctica en contexto pues, como señala Boyd (2001, 633): *“la historia del pollo industrial debe ser vista como parte de un proceso más amplio de agro-industrialización que cambió la agricultura, la producción de alimentos y las prácticas de alimentación en el último siglo”*. Estos cambios no fueron exclusivos de la agricultura estadounidense, ya que existieron condiciones similares en países europeos como Reino Unido y Bélgica (Diser 2012, Hewson 1986).

Las prácticas de estandarización involucradas en este contexto fueron distintas a las de los criadores de exhibición, pues los agricultores que se enfocaban en la producción de huevo y carne no consideraban relevante mejorar de algún modo las características estéticas de los pollos. En este sentido, Hewson (1986, 526) ha señalado que una división importante en la comunidad de criadores de exhibición británicos ocurrió desde 1897, cuando un grupo de ellos, con interés en las

⁴⁰ Marie (2008, 923) hace referencia a cuatro distintos artículos y libros que mencionan el papel de las esposas de los agricultores en la crianza de pollos en el siglo XIX. Por otro lado, Derry (2012, 68-73) señala que durante esos años en los Estados Unidos había una predominancia de hombres en el sector de la producción de razas, mientras que las mujeres seguían jugando un papel importante en el cuidado cotidiano de los pollos durante la primera mitad del siglo XX. No obstante, aun cuando el cuidado de estas aves se consideraba una “actividad para mujeres”, en los artículos de la prensa agrícola había una “falsa masculinización” de la figura del criador de aves de corral (Derry 2012, 68-73). Finalmente, Squier (2011, 119-155) ha recopilado los casos de distintas mujeres que criaban pollos durante esta época y marcado un paralelismo con su propia experiencia criando estas aves. De manera importante, sus reflexiones se enmarcan en los estudios de género.

aves de corral “de utilidad” agrícola, establecieron el “Utility Poultry Club” en Reino Unido. De manera similar, algunos miembros de la “American Poultry Association” (una organización establecida en 1873 por criadores de Estados Unidos y Canadá) se interesaron en las aves de corral de utilidad comercial y comenzaron a enfocarse en desarrollar estrategias de crianza para mejorar la productividad (Derry 2012).⁴¹

La principal motivación de estos grupos era mejorar la producción de huevo y desarrollaron estándares que estaban menos enfocados en la belleza de las aves que en las características que mejoraran su productividad (Derry 2012). Paralelamente, surgieron “concursos de puesta”, en los cuales la productividad de determinados ejemplares era evaluada durante unos meses y se concedían premios a los dueños de las gallinas ganadoras (Hewson 1986).⁴²

De igual forma, el interés por la productividad agrícola de *Gallus gallus* se asoció con el surgimiento de nuevas y diversas tecnologías. Éstas se volverían importantes tanto para el desarrollo de redes de distribución de los productos avícolas, como para las prácticas de mantenimiento y manejo de las parvadas en las granjas. Dichas tecnologías dieron forma a la infraestructura sobre la que se sustenta la actual producción de carne de pollo y huevo e incluyen las incubadoras mecánicas (que dieron forma a negocios especializados) y el uso de medios de transporte (que permitió transportar huevo fecundado grandes distancias) (ver sección 3.1 y anexos A1 y A2).

⁴¹ De acuerdo con Lembke (2012), la “American Poultry Association” es la organización más antigua de animales de granja.

⁴² Posteriormente, después de la Segunda Guerra Mundial, en EUA se llevó a cabo uno de los más famosos concursos enfocados en la productividad de los pollos, el cual fue nombrado “El pollo del mañana”. Este concurso fue promovido por el gobierno estadounidense y fue llevado a cabo en 42 estados, más una ronda final en 1948 y 1951 (ver el capítulo 3) (Lawler 2014).

2.2 Comunidades, actores y estándares en la crianza de pollo

2.2.1 Tres campos: La exhibición, el comercio y la investigación genética

El establecimiento de razas de pollo doméstico se volvió un objetivo importante tanto en el contexto de los criadores de exhibición, como en el creciente ámbito agrícola y condujo al desarrollo de relaciones entre diversos grupos de criadores. Esto es, aunque los criadores de exhibición y los criadores comerciales establecieron aves estandarizadas con dos fines distintos en mente, algunos *fanciers* también se interesaron en el establecimiento de razas con utilidad comercial (como los mencionados miembros del club londinense).

Además de los criadores de exhibición y los criadores comerciales (un grupo que se volvería cada vez más diverso), hubo otro grupo de personas que se interesaron en el cruzamiento de distintas razas de pollos: los genetistas. Como afirman Müller-Wille y Rheinberger (2012, 127-129), al principio del siglo XX la genética se cristalizó alrededor de un grupo de organismos (dentro del cual las especies agrícolas resultaron relevantes) e incorporó técnicas desarrolladas por criadores de plantas. Por ejemplo, los criadores de plantas y de animales (como los miembros de los clubes antes mencionados) llevaban a cabo registros de cruzamiento y publicaron tablas genealógicas y estadísticas de sus cepas, a través de las cuales se monitoreaba la herencia de ciertas características (Müller-Wille y Rheinberger 2012, 132-137). En este sentido, Derry (2015) afirma que los criadores tenían un entendimiento claro de muchos procesos relacionados con la herencia, como la endogamia y la cruce entre variedades, y que, con dicho entendimiento, los agricultores ya empleaban técnicas exitosas para establecer variedades desde el siglo XIX. Por este tipo de cuestiones, Müller-Wille y Rheinberger señalan que existió una interacción fructífera (aunque nada simple) entre la genética mendeliana y la crianza aplicada, la cual *“probablemente dependía del hecho de que los criadores de plantas y animales no eran únicamente los receptores de una*

nueva ciencia, sino que estaban involucrados activamente en la producción de nuevos constructos genealógicos” (Müller-Wille y Rheinberger 2012, 135).

Al discutir las relaciones entre la crianza comercial y la genética, autores como Cooke y Marie han señalado que los genetistas ponían particular atención a las razas de pollo (Cooke 1997, Marie 2008). Estos animales parecían ser un material adecuado para los genetistas, en tanto tenían características físicas que podían ser rastreadas a través de varias generaciones (Marie 2008). A este respecto, el caso de William Bateson es representativo. Bateson es reconocido como un personaje central en el establecimiento de la genética como una disciplina científica y una figura destacada del debate entre Mendelianos y Biometristas (Bowler 2004). Además Bateson fue una figura prominente en la promoción de la genética entre los horticultores (específicamente, en la “Royal Horticultural Society”) (Olby 2000) y llevó a cabo experimentos de cruce en los pollos en donde mostró que los principios mendelianos eran aplicables a los animales (Derry 2012, 81).

El caso de Bateson no es del todo extraordinario. De acuerdo con la historiadora M. Derry, los genetistas fueron ganando posiciones en instituciones de investigación agrícola desde inicios del siglo XX; no obstante, sus intereses tenían más relación con la biología evolutiva y los estudios sobre mendelismo que con los distintos esfuerzos por mejorar la producción agrícola (Derry 2012, 85-88).

En este tenor, Marie (2008) ha discutido de manera detallada las relaciones entre la crianza comercial, de exhibición y la investigación científica en los primeros años de la industria avícola británica. Esta autora afirma que estos “tres mundos” a menudo se relacionaban durante la década de 1900 y su trabajo muestra las distintas prácticas que compartían entre ellos. Ejemplos de ello son los sistemas de transporte, que paralelamente permitieron el envío de animales entre científicos; las prácticas de cruzamiento que utilizaban los criadores comerciales, de exhibición y

los genetistas; así como las técnicas y procedimientos para manejar animales en las granjas (es decir, para el mantenimiento de las condiciones de vida adecuadas y para suministrar la cantidad adecuada de comida).

Marie señala que existían intercambios regulares entre los criadores y los científicos, y contextos específicos donde estos grupos interactuaban.⁴³ Por ejemplo, las reuniones organizadas por grupos de criadores comerciales incluían a genetistas y a criadores de exhibición como participantes activos y, de manera similar, las instituciones científicas mantenían reuniones con los criadores. Adicionalmente, las asociaciones de genetistas coordinaban sus reuniones con las exhibiciones de aves de corral e instituciones como el “National Rabbit Council” (establecido a finales de la década de 1920 e inspirado por la industria avícola) incluían criadores, fisiólogos reproductivos, veterinarios y genetistas en su “comité científico” (Marie 2008).

En resumen, los espacios institucionales resultaron importantes para las relaciones entre la genética y la agricultura: permitieron establecer vínculos entre áreas distintas y promovieron el surgimiento de una “ciencia avícola” en estaciones y laboratorios agrícolas. Por ejemplo, en Reino Unido, el “Board of agriculture” promovió la creación del “National Institute of Poultry Husbandry” entre 1921 y 1922. Esta institución estuvo alojada en el Harper Adams College y se enfocaba en proveer de preparación y asesoramiento a los avicultores (Hewson 1986). Lo mismo sucedió en otros países europeos, como en Bélgica, donde el gobierno apoyó la creación de laboratorios agrícolas desde la década de 1870, con el fin de familiarizar a la comunidad agrícola local con nuevos enfoques hacia la agricultura, los cuales incluían el uso de fertilizantes químicos (Diser 2012).

⁴³ Con base en el trabajo de P. Galison, Marie afirma que estos lugares funcionaban como “zonas de intercambio” (*trading zones*); esto es, dominios “en la frontera de múltiples mundos donde los miembros de distintos mundos sociales pueden trabajar juntos para crear significados locales” (Marie 2008).

En 1906, el congreso de Estados Unidos aprobó la “Adams Act”, la cual tenía como objetivo financiar la investigación científica sobre la agricultura. Esta ley proveyó de recursos para investigación en las estaciones experimentales agrícolas y dicho apoyo gubernamental resultó en la contratación de genetistas y biólogos en los departamentos de avicultura. Un ejemplo notable de estos desarrollos fue Raymond Pearl, quien fue nombrado jefe de la “Maine Agricultural Experiment Station” en 1907 (Derry 2012, 85). Durante sus años en Maine, Pearl se enfocó en investigar la productividad de las gallinas ponedoras con una motivación dual: poner en práctica sus ideas sobre “líneas puras” de Wilhelm Johanssen y, a través de ella, ayudar a los criadores a mejorar la productividad (Cooke 1997).

Las conclusiones a las que llegó Pearl sobre los mejores métodos de cruce fueron analizadas de manera crítica por criadores experimentados (Derry 2012, 99-105). En este sentido, es necesario señalar que las relaciones institucionales entre la genética y la agricultura no eran sencillas, ni conllevaban resultados positivos para ambas partes. El mismo Pearl expresó públicamente su descontento hacia sus colegas genetistas en una reunión de la “American Breeders Association”. En dicha reunión, Pearl se quejó de la falta de impacto de la investigación biológica y la genética en la crianza de las aves de corral y afirmó que los científicos deberían estar agradecidos con los criadores, pues estos les habían proporcionado tanto sus datos de cruces, como apoyo económico y moral (Cooke 1997). Irónicamente, la historiadora K. J. Cooke afirma que el propio trabajo de Pearl, sus recomendaciones y publicaciones, tuvieron poca influencia en los criadores agrícolas, quienes recibían asesorías más influyentes de su asistencia a exhibiciones y ferias (Cooke 1997).

Marie (2008) señala que paralelamente hubo casos de personajes que lograban comunicarse entre los distintos ámbitos de la crianza y la investigación, a los cuales llama “traductores”. De acuerdo con su descripción, un traductor es una persona que puede pasar información entre distintos “mundos sociales”, a través de seleccionar información de un mundo que puede resultar relevante

para otros, y que presenta dicha información en un formato que la gente de otros mundos sociales puede entender. De esta forma, estos personajes son capaces de contribuir al conocimiento de un área ajena. Curiosamente, Marie señala casos de traductores entre los criadores de conejos, pero no menciona ejemplos concretos en la crianza del pollo doméstico.

2.2.2 La producción de nuevas razas desde la genética

La estandarización juega un papel relevante en el contexto de los tres ámbitos destacados en la sección anterior, en los cuales se establecieron criterios para producir y evaluar los atributos de las aves. Por ejemplo, los personajes interesados en la crianza de utilidad empleaban técnicas que permitían generar aves que presentaran un conjunto de características adecuadas para la producción de huevo y carne, y criterios para revisar que las parvadas fueran productivas.

Por otro lado, los genetistas interesados en las razas de aves de corral establecieron sus propias variedades de *Gallus gallus* de manera que los criadores comerciales se convencieran de la utilidad de la investigación científica (Marie 2008). Por ejemplo, el reconocido genetista Reginald C. Punnett y Michael Pease se basaron en su conocimiento de la genética animal para establecer razas de pollo cuyo sexo pudiera ser determinado al observar su plumaje. Esto resultaba de interés para los agricultores porque determinar el sexo de un pollo recién nacido es una tarea complicada, aunque es de importancia crucial para los criadores, vendedores y compradores de aves de corral. Aunque la industria adoptó otras técnicas de sexado, una de las razas creadas por Punnett y Pease fue utilizada brevemente por criadores comerciales (Hewson 1986, Marie 2008).

En torno a este tema, es importante explorar los criterios que los genetistas utilizaron para crear nuevas razas de aves. De acuerdo con Marie, Punnett estaba interesado en estudiar la genética de los distintos colores y patrones de plumaje, por tanto, él y Pease “introdujeron” en sus cepas genes relacionados a la raza Campine. Aunque esta raza belga es considerada una raza “ponedora”

(Ekarius 2007), no es tan popular en el ámbito comercial como otras razas más productivas. De hecho, la raza de Punnett y Pease, nombrada “Cambar”, *“era una productora pobre de huevos, tanto en términos de tamaño, como de cantidad”* y no fue exitosa en el contexto comercial (Marie 2008).

En cualquier caso, la historia de Cambar muestra que los genetistas a menudo tenían propósitos dobles cuando se involucraban en el establecimiento de nuevas razas de pollo. Por una parte, los científicos estaban interesados en investigar aspectos biológicos, en particular la transmisión de los rasgos en los animales. En la década de 1930, Punnett y Pease publicaron una serie de artículos en la “Journal of Genetics” enfocados en la genética de los patrones de plumaje de *Gallus gallus*. De manera específica, uno de los artículos se dedica a analizar la herencia ligada al sexo de los patrones de plumaje rayado y explica en detalle los métodos de cruzamiento utilizados para generar los pollos Cambar; no obstante, la única referencia sobre su potencial económico se encuentra en la última línea de dicho artículo (Punnett y Pease 1930).

Por otro lado, estos genetistas ciertamente mantuvieron el interés por desarrollar variedades útiles para propósitos comerciales. Posteriormente, Punnett y Pease establecieron otra raza a partir de una raza comercialmente exitosa: el Leghorn marrón (Livorno marrón). Al detallar los procedimientos de cruce en un artículo, Punnett explica que él y Pease cruzaron una gallina de la raza Plymouth Rock (que tenía el “factor de rayas”) con un gallo Livorno marrón. Posteriormente, un pollito de plumaje rayado, resultante de la primera cruce, fue cruzado con gallinas Livorno marrón, las cuales se obtuvieron de los huevos de una cepa danesa de esta raza, la cual fue importada en 1935. Punnett afirma que la elección de esta cepa se realizó *“debido a que, en ese país, ésta es una raza preferida y ha sido llevada a un elevado tono de excelencia tanto en su vigor, como en su producción de huevo”* (R. C. Punnett 1940). Al contrario de Cambar, la raza resultante

llamada “Legbar” fue utilizada por criadores comerciales (Marie 2008) y aún se incluye en algunos libros de texto británicos de razas de aves de corral (Roberts 2008).

La descripción que Marie realiza del trabajo de Punnett y Pease tiene el objetivo de discutir el papel de los pollos como “objetos frontera” entre los criadores y los científicos. Por tanto, esta autora destaca que *“Las aves de corral y los conejos discutidos (...) cumplen sus requerimientos al ser capaces de admitir distintas interpretaciones acerca de su comportamiento reproductivo”* (Marie 2008, 927).⁴⁴ Dicho esto, se puede afirmar que Marie se enfoca en una de las varias características que Star y Griesemer señalaron acerca de los “objetos fronterizos”: “la flexibilidad interpretativa” (Star y Griesemer 1989) y deja de lado aspectos como “la estructura de las necesidades y arreglos informáticos y de los procesos de trabajo” y la “dinámica entre los usos mal estructurados y mejor ajustados de los objetos” (Star 2010).

De una u otra forma, me interesa menos discutir si *Gallus gallus* fue utilizado efectivamente como un objeto-frontera, que entender la manera en que los proyectos de estandarización de Punnett difieren de aquellos de los criadores. En este sentido, la descripción realizada por Marie sugiere que el trabajo de Punnett y Pease está enfocado en la configuración física de los pollos, específicamente en características que algunas parvadas habían adquirido previamente en la estandarización comercial y de exhibición. Sin embargo, contrario a los criadores de estos ámbitos, los genetistas no estaban interesados en desarrollar estándares de desempeño. Aun si la raza Legbar pudo ser utilizada para fines comerciales, el propósito de establecerla no sólo era mejorar la productividad de una raza, sino estudiar genes ligados al sexo supuestamente útiles para la agricultura.

⁴⁴ “The poultry and rabbits discussed (...) met their requirements by being able to accommodate different interpretations of their breeding behaviour” (Marie 2008)

Como mencioné anteriormente, estos enfoques duales eran comunes en las relaciones entre agricultura y genética. Raymond Pearl mantenía un perfil similar mientras trabajó en la estación de Maine, en donde intentó utilizar su trabajo en beneficio de los criadores y en beneficio de la teoría de Johanssen (la cual buscaba aplicar a los animales vertebrados). No obstante, aunque llevó a cabo varias cruces y desarrolló una extensa investigación, no fue capaz de materializar ninguno de sus propósitos (Cooke 1997).

En cualquier caso, estos ejemplos muestran que los objetivos de los genetistas diferían de aquellos de los criadores a pesar de mantener un enfoque en las características materiales. Hasta este punto, las razas establecidas dentro de la genética no estaban motivadas por el establecimiento de estándares específicos y su desarrollo obviaba o pasaba por alto la existencia de dichos criterios (establecidos por los criadores), en tanto se enfocaban en una característica en particular o un concepto teórico de interés para los investigadores en cuestión. En resumen, aunque la estandarización no resultaba un fin en sí mismo para los genetistas, este grupo se mostró ávido de utilizar sus resultados.

2.2.3 Crianza: creadores y usuarios

Un asunto que puede ser de interés para la discusión de los ejemplos mencionados previamente es la relación entre los creadores de los estándares y sus usuarios. En este sentido, los criadores eran “creadores” de nuevos estándares, en tanto definían las características físicas de las parvadas de aves, así como distintos criterios relacionados con ellas. Por otra parte, los genetistas parecerían “usuarios” de estos estándares, puesto que utilizaban las razas ya establecidas por los criadores en sus investigaciones. Sin embargo, esta perspectiva deja de lado el hecho de que genetistas como Punnett y Pease configuraron distintas razas (Campine y Leghorn) a través del estudio de la herencia.

Un punto importante en esta tesis es que resulta erróneo asumir que la estandarización termina en el momento en que se establecen una serie de criterios específicos. Como el trabajo de Derry y otros historiadores señala, la comunidad de avicultores dista de ser homogénea: La industrialización trajo consigo la especialización en diversas áreas relacionadas a la producción de huevo y carne, así como el surgimiento de nuevos puestos de trabajo que incluían a los criadores (*breeders*), los incubadores (quienes poseían incubadoras mecánicas y producían polluelos), los productores (quienes cuidaban a los pollos para huevo o carne), etc. Cada grupo tenía un papel distinto, empleaba a las aves de maneras diferentes e influía directa o indirectamente en la manera en que se configuraban las aves (Derry 2012, Potts 2012, Smith y Daniel 1975). Esto es, aun si nos enfocamos sólo en el campo de la agricultura, resulta difícil definir una clara separación entre usuarios y creadores de los estándares.

Como señalan Timmermans y Berg (1997), los creadores de estándares son usualmente los primeros usuarios de estos. Esto resulta cierto para los *fanciers*, quienes utilizaban las aves en concursos de exhibición; para los criadores comerciales, que utilizaban las aves en la producción alimenticia; y para los genetistas, quienes desarrollaban nuevas cepas a medida que producían investigación acerca de la herencia. Más aun, las relaciones entre estos grupos eran dinámicas y existían intercambios constantes entre los distintos sectores. El propio William Bateson afirmaba que había recibido una ayuda valiosa de los criadores, en aspectos como la alimentación, el cuidado y las cruces de las aves de corral, y de igual forma, algunos de sus pollos sobrantes habían sido vendidos a algunos criadores (Marie 2008). Esto habla de un proceso constante de uso y revisión de estándares, más allá de un conjunto de criterios que se aplica de manera repetida.

Por otra parte, hasta este punto los genetistas eran la comunidad de usuarios “científicos” que mantenían una relación más cercana con los criadores y quienes trabajaban de manera más activa en la configuración material de las razas de pollo. Existen ámbitos como la embriología, en donde

Gallus gallus ha sido una especie utilizada durante varios siglos por personajes relevantes en el área (p.ej. von Baer, William Harvey, C.H. Waddington, Viktor Hamburger, o Lewis Wolpert) y ha sido utilizada en experimentos e investigaciones que han conducido al establecimiento de conceptos de largo alcance (Needham 1934, C. D. Stern 2005, Wolpert 2004). Sin embargo, no es claro que los embriólogos o los biólogos del desarrollo hayan estado interesados en establecer poblaciones de esta ave con características particulares.

Un ejemplo de ello es un artículo “clásico” en el que Hamburger y Hamilton (1951) establecieron un estándar visual comúnmente utilizado en el área: “los estadios normales” de *Gallus gallus*.⁴⁵ Estos estadios o etapas son presentados en dicho artículo como una serie de fotografías que actualmente se utilizan en forma de una tabla que representa de manera sucesiva las etapas del desarrollo embrionario del pollo doméstico. Estas imágenes tienen como objetivo ser un instrumento de utilidad para identificar embriones que se encuentran en puntos específicos de su desarrollo y realizar intervenciones experimentales de manera relativamente precisa.

En su escrito, Hamburger y Hamilton discuten las diferencias entre el desarrollo embrionario de distintas razas de pollo. Dichas comparaciones fueron necesarias para establecer de manera eficiente (aunque quizá idealizada) una serie de estadios en un proceso que, de hecho, es continuo y no está muestra de antemano una sucesión de etapas precisas. Al describir los materiales utilizados, los autores mencionan que utilizaron cepas de pollo comúnmente utilizadas en la agricultura (Livorno blancos, Plymouth Rock rayados y Rhode Island rojos). Esto sugiere que personajes como Hamburger y Hamilton eran propiamente “usuarios” de las aves estandarizadas y no parecían tener mucho interés por generar sus propias parvadas para investigación.

⁴⁵ Considero que los estadios normales de Hamburger y Hamilton son un estándar en tanto establecen criterios para identificar embriones en una etapa particular del desarrollo embrionario. En este sentido, los estadios se utilizan para seleccionar y homogenizar embriones concretos en la experimentación. Existe literatura histórica y filosófica que aborda estas etapas normales desde distintos puntos de vista (Hopwood 2007, Love 2010); a este respecto, J. Lowe (2016) ha puesto énfasis en su relación con la estandarización.

2.2.4 La agricultura y las ciencias biológicas

Los dos apartados previos muestran de manera general un tema recurrente en esta tesis: la variedad de vínculos entre las ciencias biológicas y la agricultura. Esta relación ha sido discutida previamente en la literatura histórica y algunos de los puntos abordados en dicha literatura resultan de interés para esta investigación.

En un número especial sobre este tema en la “Journal of the History of Biology”, Harwood (2006) señala algunos de los problemas en los que se ha enfocado la investigación de estos temas:

- a) La influencia de las instituciones agrícolas para el surgimiento de disciplinas biológicas.
- b) Las relaciones cognitivas y sociales entre la ciencia y la tecnología.
- c) El impacto de las prácticas agrícolas en el desarrollo del conocimiento en la biología.
- d) El suministro de leyes empíricas, modelos, metáforas y materiales desde el mundo agrícola hacia el biológico.

Como Harwood señala, estos aspectos nos indican una multiplicidad de relaciones, lo cual contrasta con la idea comúnmente repetida de que las prácticas de la tecnología (en este caso, la agricultura) surgen de la aplicación del conocimiento científico (la genética). La literatura actual sobre el tema rechaza esta idea y señala que buena parte de la investigación acerca de la herencia fue llevada a cabo en contextos “aplicados” a finales del siglo XIX e inicios del XX (Harwood 2006) (cf. Müller-Wille y Rheinberger 2012).

Los contextos agroindustriales permitieron el surgimiento de la genética, por ejemplo, al conjuntar la microbiología, la bioquímica y la crianza. Como señala la literatura citada en apartados anteriores y, en general, la que se refiere a estas relaciones: los métodos mendelianos no fueron adoptados de manera sencilla por los agricultores debido en parte a que resultaba difícil aplicar

sus conceptos a los animales de granja y otras especies agrícolas (Cooke 1997, Müller-Wille y Rheinberger 2012). En este sentido, C. Bonneuil ha señalado que los genetistas y criadores de plantas mantuvieron dos distintos enfoques, parte de dos “culturas experimentales” divergentes: Mientras que los primeros diseñaron sistemas que les permitían definir “tasas” de formas que variaban en relación con unos cuantos caracteres; los segundos establecieron sistemas que producían y exploraban amplios rangos de variación, y que consistían en cientos de características (Bonneuil 2006). Aunque el estudio de caso de este autor se enfoca en la producción de vegetales en Francia durante la primera mitad del siglo XX, es útil para entender algunas de las razones por las que la agricultura no adoptó de inmediato las ideas de los mendelianos en otras áreas de la agricultura.

Finalmente, es importante destacar que los ejemplos mencionados en las secciones anteriores se relacionan con tres de los temas identificados por Harwood: las relaciones sociales entre criadores y genetistas, el impacto de ciertas prácticas agrícolas en la manera en que los científicos estudiaban la herencia, y cómo la agricultura (y la exhibición) proveyó de materiales de investigación. Como he señalado anteriormente, los ejemplares de *Gallus gallus* estandarizados en los terrenos de la exhibición y la avicultura no deben ser vistos de manera simplista como algo que se transfirió pasivamente de los criadores (creadores) a los genetistas (usuarios), en tanto las aves de corral eran modificadas activamente y esto refleja la diversidad de vínculos entre dichos ámbitos.

2.3 El Leghorn blanco: de la exhibición a la producción

Una vez que he explorado las relaciones entre los ámbitos de la crianza y la investigación en la genética, esta sección tiene como propósito enfocarse en una variedad particular de pollo doméstico que ejemplifica estas relaciones y se vincula con el desarrollo de la estandarización en

los siguientes capítulos: el *Leghorn* (o Livorno) blanco de cresta sencilla. Mi objetivo al detallar las particularidades de esta variedad es describir los estándares que estuvieron involucrados al establecer esta raza de pollo, así como sentar las bases para discutir la investigación agrícola en el siguiente capítulo.

En primer lugar, es necesario contextualizar el término “raza” y su distinción con “variedad”, en el contexto de la crianza de aves de corral. Una raza (*breed*) es un grupo de organismos dentro de una especie (en este caso, *Gallus gallus*), en el cual los individuos comparten “características definidas e identificables” (visuales, de comportamiento, geográficas o culturales); estas características distinguen a una raza de otras. Por otro lado, las variedades (*varieties*) son subgrupos dentro de una raza, los cuales pueden distinguirse por colores y patrones de plumaje distintivos, una forma particular de cresta o la presencia o ausencia de plumas en los costados de la cara o el cuello (Ekarius 2007, 6).⁴⁶ Cualquier variación en alguna de estas características es definida por los estándares de las asociaciones de aves de corral; esto significa que estas organizaciones sólo reconocen un número limitado de patrones y colores de plumaje. Otros subgrupos reconocidos son los “tipos” (*types*), los cuales se definen por el uso que se les da a las aves: exhibición o producción (Ekarius 2007, 6).

Las razas de pollos se clasifican en distintas clases, que hacen referencia a los orígenes comunes entre distintos grupos de ellas. Por ejemplo, se suelen identificar razas asiáticas, americanas, europeas continentales, inglesas y mediterráneas, así como “otras razas estándar” (Ekarius 2007, 23). De esta forma, el *Leghorn* (o “Livorno”, por la ciudad portuaria italiana) es una raza de pollo originada en Italia, la cual fue introducida a los Estados Unidos durante el siglo XIX por navegantes que comerciaban en el mar Mediterráneo. Existen variedades de Livorno de tamaño normal y

⁴⁶ A este tipo de plumas se les llama *muffs* y *beards*, respectivamente. Ambos son conjuntos conspicuos de plumas, la diferencia es que los primeros se ubican cerca de los oídos, mientras los segundos en la parte alta de la garganta (Damerow 2012, 26-27,182).

miniatura (llamadas *bantam*), cada una de las cuales tienen distintos patrones y colores de plumaje y dos distintos tipos de cresta (Ekarius 2007, 58-60). La variedad más común es el *Leghorn* blanco de cresta sencilla, la cual es comúnmente utilizada en granjas productoras de huevo (Damerow 2012, 165-166).

En 1908, la “American Poultry Journal Publishing Company” (APJPC) publicó un libro en que se describen los orígenes de varias razas de aves de corral, de acuerdo con la información obtenida de los criadores. Según se describe, los pollos Livorno fueron transportados a los Estados Unidos por primera vez en 1834. Los navegantes los utilizaban como parte de sus reservas de comida y no los llevaron consigo con la intención de venderlos. Sin embargo, algunos personajes interesados en adquirir cualquier variedad extranjera de estas aves (una moda común en los clubes de aves de corral) se interesaron por los *Leghorn* y, consecuentemente, esto hizo que se estableciera un mercado entre los navegantes y los criadores (American Poultry Journal Publishing Company 1908, 17-18).

Durante la década de 1830, varios criadores estadounidenses se comenzaron a interesar por los Livorno, los cuales pasaron de un criador a otro. La publicación de la APJPC indica que J. C. Thompson de Staten Island recibió huevos o aves Livorno de N. P. Ward, un criador de exhibición de Nueva York, quien los importó de Italia a través de los navegantes. Thompson se interesó en esta raza y describió (suponemos que en algún medio escrito accesible a los criadores) su “precocidad” y “fecundidad”: las gallinas comenzaban a poner huevos desde los cuatro meses de nacidas. Su interés se volvió tal que pidió ejemplares de esta raza a su yerno, quien era capitán de un barco (American Poultry Journal Publishing Company 1908, 17).

De acuerdo con algunas fuentes, los Livorno actualmente utilizados no son descendientes de estas primeras importaciones (Ekarius 2007, 58). Fue hasta 1852 cuando los Livorno entraron de manera

definitiva a Estados Unidos, a través de Connecticut, en el navío del “Capitán Gates”. Este personaje y su primer oficial distribuyeron estas aves entre sus conocidos. A partir de ese momento, la atracción por la raza se diseminó hacia Nueva Inglaterra, en donde se le conocía de manera general como “Leghorn rojo” (American Poultry Journal Publishing Company 1908, 17-18). Distintas variedades se fueron volviendo más abundantes: para 1853 otro criador de exhibición, F.J. Kinney, había recibido un pedido de ejemplares marrones en el muelle de Boston, mientras que otro personaje había reportado haber recibido un Livorno blanco (The Livestock Conservancy 2014).

Claramente, estas aves no estaban estandarizadas de acuerdo con los criterios de los *fanciers* y la publicación de la APJPC afirma que hasta 1866 las características de la raza no habían sido bien definidas. Aun así, algunas características que se consideraban comunes en los *Leghorn* eran: cresta sencilla, lóbulos de la oreja blancos y grandes y cara comúnmente blanca. También existía cierto consenso entre los criadores en torno a la capacidad de esta raza para ser una buena “ponedora”: se consideraba que las gallinas raramente “se ponen cluecas” y que la raza era resistente a condiciones ambientales cambiantes (American Poultry Journal Publishing Company 1908, 17-18).⁴⁷

⁴⁷ Una gallina de una raza “ponedora” puede dar al menos un huevo diario durante un periodo prolongado. Otras razas no cumplen con este parámetro porque tienen periodos de descanso más prolongados entre las temporadas de puesta o porque “se ponen cluecas”. Aunque existen muchas razas prolíficas para la puesta, algunas de ellas consumen más comida que otras, con relación a la docena de huevos que ponen y, por tanto, no se consideran útiles a nivel comercial (Damerow 2012). Por otra parte, una gallina “se pone clueca” cuando se sienta en sus huevos para incubarlos (Moreno de Alba, Garrido y Mandujano Servín 2015). Este comportamiento se desencadena generalmente cuando decrecen las horas luz durante el año (en invierno) y cuando la gallina detecta muchos huevos en su nido. La mayoría de las gallinas son buenas ponedoras durante su primer año de vida, pero una buena ponedora se considera aquella que lo es durante dos o tres años (Damerow 2012).

Para 1873, los Livorno ya habían sido modificados por los criadores y la APJPC reporta que los ejemplares fueron exportados de regreso a Europa, particularmente a Inglaterra. Entre los criadores que recibieron estas aves se encontraba el naturalista británico y entusiasta de la crianza, William Bernard Tegetmeier, quien importó estas aves en 1870 (The Livestock Conservancy 2014). Tegetmeier señala en su *Poultry Book* que muchas razas de pollo habían sido introducidas “por nuestros primos americanos”. Este personaje también afirmó que el Livorno blanco (Figura 2) era una raza útil y ornamental y, aunque era poco conocida en Inglaterra, él podía dar fe de sus “características prodigiosas”, de las cuales hablaban los criadores estadounidenses (American Poultry Journal Publishing Company 1908).⁴⁸



Figura 2 Ejemplar de Livorno blanco de cresta sencilla (Stephen Ausmus, USDA ARS).

⁴⁸ William B. Tegetmeier fue un personaje relacionado con el interés de Charles Darwin por la crianza de exhibición. Tegetmeier compartió métodos e información relacionada con la crianza con Darwin, así como conocimiento que resultó crucial para establecerla analogía entre selección artificial y natural (Secord 1981, Theunissen 2012).

La APJPC no describe con mayor detalle los orígenes de los Livorno blancos de cresta sencilla. No obstante, esta publicación asegura que la variedad marrón fue modificada para conseguir aves más robustas y con un color más oscuro. Ejemplares de la raza fueron entrecruzados con descendientes de una cruce entre gallos de raza española y gallinas “Game” rojinegras, cuya descendencia fue sucesivamente reproducida por endogamia. Los gallos resultantes fueron entrecruzados, a su vez, con gallinas de una cruce entre gallinas españolas y gallos rojinegros “Game” y, de nuevo, los descendientes fueron reproducidos por endogamia (American Poultry Journal Publishing Company 1908, 17-18).

Aunque no se da mayor detalle, la APJPC reporta que una vez que los Livorno blanco fueron establecidos como una variedad en Estados Unidos, se siguieron técnicas similares que fueron llevadas a cabo con el fin de aumentar su talla. Se intentó, por ejemplo, cruzarlos con gallos de pelea o pollos Menorca blancos, pero no hubo mayor éxito (American Poultry Journal Publishing Company 1908). Aparentemente, esto no fue el caso en Reino Unido, donde los criadores pudieron incrementar el tamaño de los Livorno blanco a través de entrecruzamientos con ejemplares Menorca. A inicios del siglo XX, algunos de los ejemplares resultantes fueron exportados una vez más a Estados Unidos con el fin de contribuir a la transición hacia la agricultura industrial (The Livestock Conservancy 2014).

Un punto importante para destacar es que estos casos muestran que los criadores contaban con métodos de cruce y selección de ejemplares, con los cuales eran capaces de estandarizar sus parvadas de aves y establecer nuevas razas mucho antes del surgimiento de la genética (cf. Derry 2015). Las parvadas producidas a través de estos métodos eran evaluadas y revisadas por una serie de criterios escritos que establecían las asociaciones de criadores, los cuales se encargaban de validar a un ejemplar determinado como miembro de una raza certificada.

2.3.1 Los Livorno y la “American Poultry Association”: Estándares y modificación

Los Leghorn fueron incluidos en los estándares de la “American Poultry Association” (APA) en 1874, durante la época en que eran exportados a Reino Unido. La APA había sido establecida sólo un año antes y, hasta la fecha sigue publicando su propio libro de estándares para aves de corral, titulado “The American Standard of Perfection” (Ekarius 2007, 6-7).

Esta asociación fue creada por un grupo de criadores estadounidenses y canadienses cuyo principal objetivo era *“estandarizar las variedades de aves de corral de tal forma que se pudiera tomar una decisión justa sobre cuáles cualidades identificaban a los ganadores de premios”* (Smith y Daniel 1975, 228). En otras palabras, el objetivo de la APA era establecer criterios acerca de cómo deberían lucir razas específicas y acerca de cómo decidir los ganadores de los concursos de exhibición.

Este objetivo tenía una razón de ser que puede ser ejemplificada claramente. Como he mencionado, desde mediados del siglo XIX (y a raíz del creciente interés por las razas de aves de corral) se habían organizado distintos concursos de exhibición, los cuales premiaban a los ejemplares más notables y, por supuesto, a sus dueños. En cuando a este aspecto, Smith y Daniel (1975, 207-208) afirman que uno de los puntos fundacionales de la crianza de exhibición en Estados Unidos fue la organización de el “Boston Poultry Show” en 1849, el cual reunió a más de 10,000 personas y 1,023 aves de distintas razas y variedades. A partir de entonces, este evento se organizó periódicamente por más de un siglo y en cada edición se premiaban ganadores; no obstante, existieron continuas acusaciones de fraude por parte de algunos de los participantes.

Esto se volvió un problema recurrente para este sector, que iba más allá de hacer trampa durante el concurso en cuestión. Uno de los aspectos más problemáticos era que mes tras mes se reportaban nuevas variedades o razas de aves. George Burnham, quien publicó el libro satírico

titulado *The Hen Fever*, ejemplificaba esta situación con el caso de un conocido, quien afirmaba haber creado muchas razas en tan solo un año. Muchas de estas aves eran híbridos que resultaban de procedimientos de entrecruzamiento, aunque se presentaban en los concursos como miembros de una raza nueva (Smith y Daniel 1975, 219). Este tipo de situaciones hicieron que surgiera una creciente preocupación entre los criadores por estos pollos “mestizos”; por ejemplo, Tegetmeier se refería a estos ejemplares con desprecio, señalando que aquellas aves eran “*encontradas existiendo en todos los lugares en donde no se pone cuidado alguno con respecto a la pureza de la raza de ave de corral*” (Lembke 2012, 67).⁴⁹ No es una sorpresa que muchos criadores que participaban en concursos, de los cuales obtenían prestigio y reconocimiento social, estuvieran interesados en evitar el ingreso a animales que consideraban de “pureza inferior”.

En 1874 fue publicado *The American Standard of Excellence*, un manual con descripciones detalladas e ilustraciones de 41 variedades de pollos, los cuales eran reconocidos por la APA. En 1905, el libro cambió su nombre a *Standard of Perfection (SoP)*, el cual aún es una referencia para los criadores estadounidenses. En la introducción a una de las ediciones de este libro, se afirma que el objetivo de la APA “*ha sido estabilizar nuestras razas económicas y comerciales en un tamaño, forma y color uniforme (...) con disposición a que las razas ornamentales, incluidas el Bantam, sean atractivas, productivas y cumplan los requerimientos del criador de estándar*” (Smith y Daniel 1975, 229).

El libro de la APA contiene información sobre las características físicas de distintas razas: sus colores, tallas, pesos, crestas, plumajes, etc. Esta información se presenta de una manera “sobria y factual”, diseñada para usos prácticos (Smith y Daniel 1975, 229); esto es, los concursos de exhibición. La edición de 2010 contiene más de 60 razas reconocidas, además de los parámetros

⁴⁹ Como un apéndice a *The Poultry Book*, Tegetmeier presentó el *Standard of Excellence and Exhibition*, en el cual describe las maneras precisas en que deberían de lucir 13 distintas razas de aves de corral (Lembke 2012).

relacionados a los concursos de aves de corral. De acuerdo con Lembke, sus estándares son bastante conservadores en cuanto a la “pureza” de forma, color y línea. Por ejemplo, el SoP enlista varios defectos, los cuales generan un puntaje negativo en un ejemplar de exhibición; los criadores afirman que dicho rigor evita que se propaguen defectos heredables a los descendientes de estas aves (Lembke 2012, 68).

Ciertamente, los estándares de la APA están motivados por el fin de clasificar y conseguir homogeneidad en las configuraciones materiales de las aves de corral en un contexto determinado. Su objetivo es establecer parámetros valiosos para evaluar la belleza de los pollos domésticos en concursos. En efecto, estos estándares admiten cierto grado de variación, la cual es analizada durante los concursos. Aun así, las clasificaciones de la APA buscan preestablecer cuál es el grado de variación aceptable; por ejemplo, aunque sus libros reconocen que existen distintos tipos de cresta (sencilla, en rosa, en forma de V o de nuez), existen crestas consideradas “indeseables” en ciertas variedades de algunas razas (Damerow 2012, 66-67).

Se puede afirmar que el SoP cubre al menos tres funciones (cf. Timmermans & Berg 2003):

1. Establecer las características y propiedades que un pollo debe tener para pertenecer a un grupo (esto es, una raza).
2. Estabilizar los significados a través de distintos lugares y contextos; lo cual se logra al definir claramente una raza en particular, como los Livorno o los Plymouth Rock.
3. Especificar cómo es que algunos procesos deben ser llevados a cabo, particularmente los concursos.

Estos estándares pueden ser revisados. Ekarius (2007, 7) describe brevemente el proceso por el que se pueden introducir nuevas razas de aves de corral en los estándares de la APA. El criador

interesado en presentar la nueva raza o variedad debe obtener una cita con la asociación para llevar a cabo una reunión de evaluación. Si los miembros de la APA consideran que el ave en cuestión cuenta con una “suficiente estandarización” de sus rasgos, puede ser aceptada para su inclusión en la siguiente edición del SoP. Cualquier persona interesada en el criar o mostrar una nueva ave estándar “debe invertir en una copia del estándar apropiado”. Ekarius no especifica a qué se refiere esta copia, pero se podría pensar que es un ejemplar del ave y los criterios para reconocerla, los cuales pueden ser evaluados por la APA.

Evidentemente, la APA no es capaz de establecer la manera en que debe lucir cada individuo de la especie *Gallus gallus*. Esta asociación (y aquellas similares) no pueden intervenir en la manera en que se llevan a cabo la mayoría de las prácticas agrícolas, ni en las decisiones que criadores particulares de pollo toman con respecto a sus parvadas y a la “pureza” de ellas. Para estos personajes (y las aves que manejan), los estándares de la APA son prácticamente irrelevantes. Más aun, como algunos autores han señalado, las razas comerciales no son razas de exhibición y, por tanto, no están reguladas por este tipo de asociaciones (Lembke 2012, Potts 2012, Squier 2011).

A pesar de ello, los estándares de la APA no buscan restringirse a los concursos. Recientemente, un grupo de criadores se ha interesado en la conservación de razas de pollo que se encuentran en peligro de desaparición. “The Livestock Conservancy” y la “Society for the Preservation of Poultry Antiquities” son asociaciones cuyo objetivo es preservar o recuperar las razas de aves de corral que, ellos afirman, pueden desaparecer pronto. Estas organizaciones aseguran que perder estas razas conlleva la pérdida de la “diversidad genética” de la especie a la que pertenecen (Ekarius 2007, 8-10).⁵⁰ Aunque estas organizaciones afirman estar interesadas en la preservación del

⁵⁰ De acuerdo con “The Livestock Conservancy” la preservación de estas razas permite atender siete “necesidades sociales”: (1) Seguridad alimenticia, (2) oportunidad económica, (3) administración ambiental, (4) conocimiento científico, (5) preservación cultural e histórica, (6) responsabilidad ética, y (7) propiedad común (Ekarius 2007).

acervo genético de *Gallus gallus*, es necesario señalar que se enfocan en preservar una diversidad basada en las razas definidas por las asociaciones de criadores, la cual puede excluir a las aves híbridas que habitan muchas de las granjas (industriales y no) alrededor del mundo. Es decir, su interés en la diversidad sigue guiado por los estándares de los criadores de exhibición.

2.3.2 El Livorno en los estándares de la APA

Distintas variedades de Leghorn han sido admitidas en los estándares de la APA desde la publicación de su primer libro en 1874 (American Poultry Journal Publishing Company 1908, Ekarius 2007). No obstante, en la primera edición sólo se mencionan a las variedades: blanca, marron, negra y *dominique* (cuyo plumaje es de un tono gris azulado). Los estándares de la APA definen la forma y el color de rasgos como el pico, la cresta, los ojos, la cara, los lóbulos de los oídos, el plumaje en cara y cuello, las piernas, los dedos, las plumas del cuerpo, etc. Cada una de estas características es evaluada de distintas formas según corresponda al sexo del ejemplar en cuestión. Por ejemplo, el *Standard of Excellence* de 1874 indica que los Livorno blanco deben cumplir con las características señaladas en el siguiente cuadro (American Poultry Association 1874):

Traits	Cock	Hen
<i>Beak</i>	<i>Yellow, rather long and stout</i>	<i>Yellow, rather long and stout</i>
<i>Comb</i>	<i>Bright red, medium and firmly planted erect; single, straight, and free from twists or falling over to either side; deeply serrated (having but five points), extending well back over the head, and free from side springs or excrescences</i>	<i>Bright red, medium, single, and drooping to one side; serrated and free from side sprigs</i>
<i>Head</i>	<i>Short and deep</i>	<i>Short and deep</i>
<i>Eyes</i>	<i>Red, full and bright</i>	<i>Red, large, full and bright</i>
<i>Face</i>	<i>Bright red, free from wrinkles or folds</i>	<i>Bright red, free from wrinkles or folds</i>

<i>Ear Lobes</i>	<i>White, or creamy white, rather pendant, thin, fitting close to the head; smooth and free from folds and wrinkles</i>	<i>White, or creamy white, rather pendant, thin, and fitting close to the head; smooth and free from folds or wrinkles</i>
<i>Wattles</i>	<i>Bright red, long, thin, and pendulous</i>	<i>Bright red, thin, and rounded on lower edge</i>
<i>Neck</i>	<i>Long and well hackled</i>	<i>Long and graceful</i>
<i>Breast</i>	<i>Full, round, and carried well forward</i>	<i>Full and round</i>
<i>Body</i>	<i>Rather broad, but heaviest forward</i>	<i>Deep, broader in front than back</i>
<i>Wings</i>	<i>Large, and carried well up</i>	<i>Long and well folded up</i>
<i>Thighs</i>	<i>Medium length and rather slender</i>	<i>Rather long and slender</i>
<i>Tail</i>	<i>Large and full, carried very upright; sickle feathers large and well curved</i>	<i>Long and full, carried very upright</i>
<i>Legs</i>	<i>Long, bright yellow</i>	<i>Long, bright yellow</i>
<i>Feet and Toe Nails</i>	<i>Yellow</i>	<i>Yellow</i>
<i>Plumage</i>	<i>Pure white throughout</i>	<i>Pure white, the more free from a yellow tinge the better</i>
<i>Carriage</i>	<i>Upright and pleasing</i>	<i>Not as upright as the cock</i>

Para fines de los concursos de exhibición, el libro detalla también un sistema de puntuación. En dicho sistema, cada característica da un puntaje que, al sumarse con las demás, equivale a 100 puntos. Finalmente, las descripciones del libro de la APA también proveen de criterios para descalificar aves en una competición. Por ejemplo, un Livorno blanco no debe tener ninguno de los siguientes rasgos: *“Cresta caída hacia un lado o curvada, lóbulo del oído rojo, plumaje distinto al blanco puro o con un tono amarillento en el plumaje del cuello o en las asentaderas; piernas de otro color distinto al amarillo”* (American Poultry Association 1874).

Aunque la primera edición de los estándares de la APA incluyó 46 razas, las siguientes ediciones fueron ampliando este número (Lacey 2010). En la edición de 1910, se incluyeron ilustraciones que acompañaban las descripciones de las distintas variedades de pollos (American Poultry Association

1910). Durante estos años, los ilustradores ya eran contratados para trabajar en los documentos oficiales de los clubes de aves de corral y en los libros de referencia. En Inglaterra, el dibujante J. W. Ludlow había colaborado con Lewis Wright en su libro (apropiadamente nombrado) *The Illustrated Book of Poultry* (Figura 3), y en 1912 en el *Cassell's Poultry Book* (Potts 2012, 117). Los ilustradores victorianos buscaban representar de manera precisa y realista a los pollos y los representaban a menudo en “escenarios pastorales románticos como las granjas o las praderas” (Potts 2012, 117).

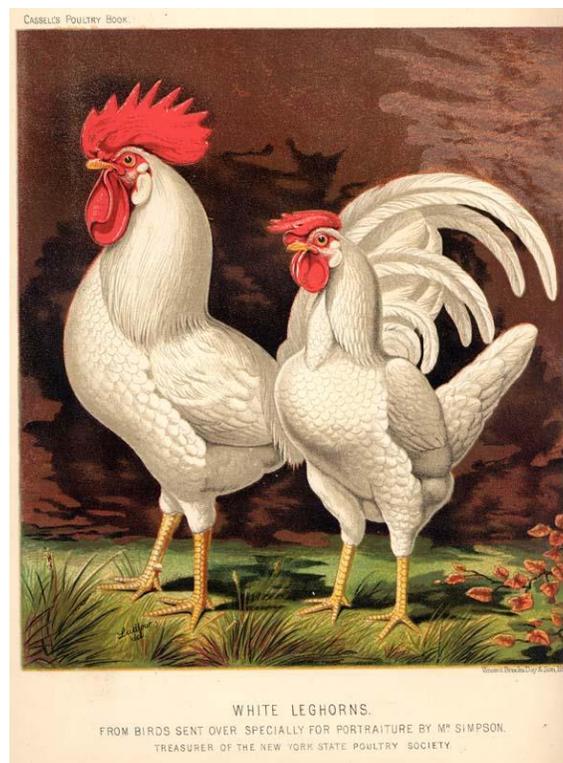


Figura 3 Pareja de Livornos blanco de cresta sencilla. Ilustración de J.W. Ludlow, publicada originalmente en “The Illustrated Book of Poultry, with Practical Schedules for Judging, Constructed from Actual Analysis of the Best Modern Decisions” (Wright 1880).

Como mencioné anteriormente, las imágenes a color fueron agregadas en la edición de 1910 del libro de la APA, en donde sustituyeron a los fotograbados. Notoriamente, esta edición incluyó cien “tomas” o fotografías “idealizadas”, las cuales fueron producidas mediante una serie de

fotografías a las que un artista agregaba “correcciones pintadas para cualquier punto débil del ave” de acuerdo con los estándares de la APA (Lacey 2010). La APA llamaba a estas imágenes “representaciones de especímenes ideales”; y los editores de la edición de 1910 agregaban: “En la concepción y formación de estos ideales, lo artístico en la forma y el color, así como las posibilidades de la naturaleza, fueron las guías, mientras que la belleza y la utilidad son los resultados que se buscan obtener” (American Poultry Association 1910).

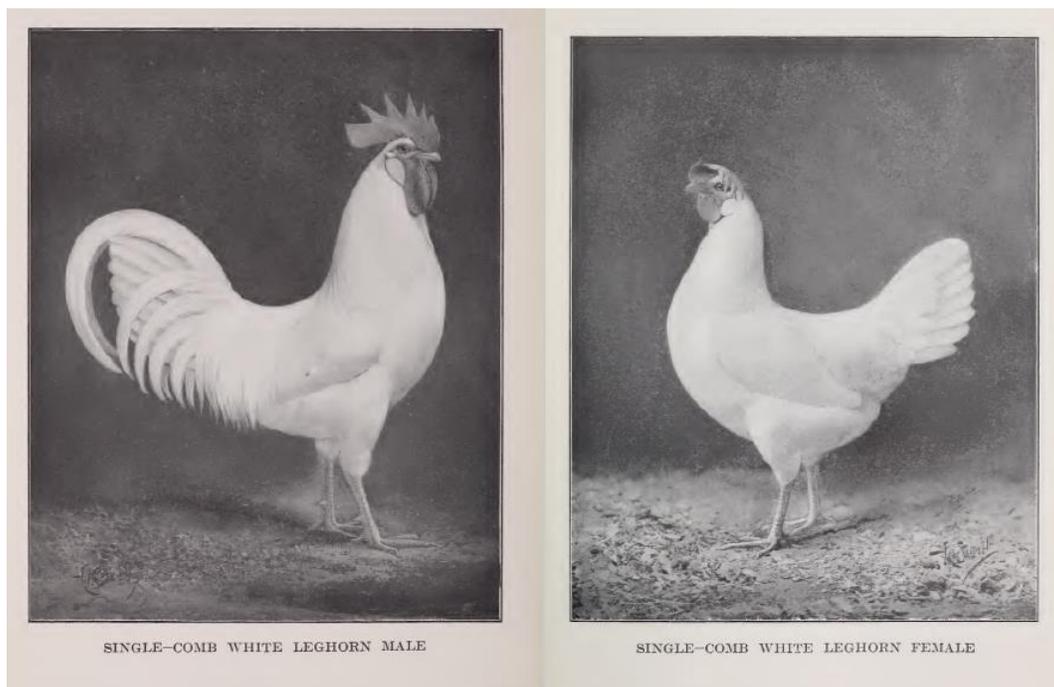


Figura 4 “Tomas” de F. L. Sewell que representan Livornos blancos de cresta sencilla. Los ilustradores trabajaban sobre fotografías que se tomaban a pollos reales, con el fin de representar una versión idealizada de las razas incluidas en los estándares de la APA.

De esta forma, el libro de estándares establecía tanto un criterio visual, como uno escrito para cada variedad reconocida por esta organización. En concordancia, la sección de los Livorno fue ilustrada por F. L. Sewell y mostraba una pareja de aves idealizadas para cuatro distintas variedades de la raza (Figura 4).

Entre las nuevas variedades incluidas, la edición de 1910 presentaba al Livorno de cresta en forma de rosa (American Poultry Association 1910); una variedad que existía desde la década de 1880

(American Poultry Journal Publishing Company 1908). Actualmente la APA reconoce 16 variedades de Livorno de tamaño normal y 17 variedades *bantam* (American Poultry Association 2015a, 2015b). Esta raza se clasifica dentro de la clase “mediterránea”, debido a su origen italiano. Los gallos comúnmente pesan 2.75kg y las hembras 2kg; existen dos variedades principales que se diferencian por su cresta sencilla o en forma de rosa; su papada es roja; los lóbulos son blancos (salvo casos excepcionales); las piernas, el pico y los dedos son amarillos; y sus plumas pueden tener distintos colores y patrones (Ekarius 2007, 58-60).

Las características consideradas estándar en 1874 se han modificado muy poco. Sin embargo, tanto los libros estadounidenses, como los británicos muestran que los estándares pueden volverse más precisos en sus requerimientos. Por ejemplo, el peso es ahora un rasgo prominente y existen descripciones más detalladas de las características antes reconocidas (Ekarius 2007, Roberts 2008).

En otro contexto, los Livorno blancos de cresta sencilla son el ave más popular en la producción de huevo. Como mencioné anteriormente, la APA no establece estándares para las aves utilizadas en la agricultura industrial o aquellas que son vendidas en los mercados y pollerías, las cuales son vistas por los criadores como “mestizos” (Lembke 2012, 68). Smith y Daniel afirman que estos pollos son un producto de la Revolución Industrial, la cual hizo migrar a las personas del campo a las grandes ciudades y de la Revolución Agrícola, la cual aumentó la producción alimenticia en proporciones masivas (Smith and Daniel 1975, 265-292). Uno de los efectos de esta última fue que los precios del huevo cayeron y esto permitió que el pollo se volviera una fuente de alimento popular (Potts 2012, 139-147, Smith y Daniel 1975, 265-292).

Como se ha sugerido en secciones anteriores, a finales del siglo XIX, los animales de granja se volvieron un objeto de investigación científica. De ahí en adelante, varias universidades en los

Estados Unidos comenzaron a establecer departamentos relacionados con la investigación agrícola: en 1910 existían 65 universidades y estaciones experimentales en donde se llevaba a cabo investigación sobre las aves de corral, y en los siguientes años se comenzaron a publicar distintas revistas que iban dirigidas a los avicultores (Smith y Daniel 1975, 264-295). A este respecto, existe literatura histórica que ha destacado que las técnicas de cruzamiento, la vacunación y los programas de alimentación de ganado recibieron un impulso y fueron exitosamente aplicados en los animales de granja (Boyd 2001, Derry 2012, 2015, Finlay 2004, Horowitz 2004, Lewis 2006, Payne 1993). Estos aspectos serán abordados con mayor detalle en el siguiente capítulo.

2.4 Conclusiones: Estandarización material y prácticas de crianza

Este capítulo aborda, principalmente: (1) la relación entre distintos grupos que crearon, utilizaron y modificaron a las razas de pollo a finales del siglo XIX y principios del XX, (2) los objetivos de estos grupos y las características que eran de su interés, y (3) la manera en que los estándares se implementaban en los grupos mencionados. A continuación, resumiré algunas consideraciones clave de estos aspectos.

Primeramente, es importante señalar que el establecimiento de razas de pollo fue terreno fértil para las interacciones entre la crianza de exhibición, la agricultura y la investigación básica. Siguiendo la discusión presentada en el primer capítulo, los estándares utilizados en estos ámbitos pueden verse como estándares de diseño que establecen las propiedades de un organismo (*sensu* Timmermans & Berg 2003). Estos estándares no fueron establecidos una única vez, sino que se trabajaron y modificaron en cada contexto.

Más aun, el trabajo de la “American Poultry Association” indica que la configuración física de estas aves no sólo debía ser establecida materialmente en las parvadas, sino que, en este ámbito, debía

ser cumplida cabalmente con base en requerimientos precisos que eran publicados en los libros de este tipo de asociaciones. Estos estándares eran dirigidos tanto a criadores, como a jueces en concursos de exhibición, los cuales empleaban “pruebas olímpicas” (*sensu* Busch 2011) que premiaban al mejor individuo dentro de un grupo de aves.

La estandarización fue también de interés para los criadores comerciales, los cuales se interesaron en mejorar la productividad de estas aves. En este caso, los Livorno eran considerados de utilidad para la puesta de huevo desde tiempo antes, pero algunas de sus propiedades biológicas, enfatizadas en la crianza de exhibición, contribuyeron a que se convirtiera en una raza común en la agricultura industrial (Potts 2012, Smith y Daniel 1975). Como se ha sugerido en las primeras secciones de este capítulo, estas aves serían sujetas a nuevos proyectos de estandarización en contextos comerciales que mejoraron su capacidad de puesta y la hicieron cada vez más especializada para la agricultura (ver capítulo siguiente). En este sentido, los criadores utilizaban estándares dirigidos a la obtención de un resultado específico (p.ej. un número determinado de huevos por año), es decir, estándares de performance (*sensu* Timmermans & Berg 2003). En este caso, las pruebas aplicadas a estas aves involucraban “filtros” que permitían a los agricultores seleccionar los individuos adecuados para establecer parvadas más productivas.

Por otra parte, las características estéticas y productivas parecen haber sido de poco interés para la investigación “básica” de esa época, aunque algunos genetistas pusieron atención en las razas de los criadores y en las características que estos ejemplares mostraban. Dichos rasgos, así como sus descripciones y relaciones filiales detalladas por los criadores, fueron de utilidad para utilizar a *Gallus gallus* como un material de investigación para el estudio de la herencia.

En este ámbito, la estandarización material de *Gallus gallus* también fue parte de los proyectos de personajes como Punnett y Pease, quienes buscaron establecer nuevas razas de aves de corral y

con ello satisfacer su interés en investigar la herencia de ciertos rasgos de *Gallus gallus*, así como proveer a la agricultura con parvadas de utilidad. A pesar de su corta vida en la investigación biológica, sus razas Cambar y Legbar parecen ser algunas de las primeras cepas de esta ave establecidas con fines de investigación biológica, aunque no parecen haberse extendido a otras áreas de las ciencias de la vida. Posteriormente surgirían otras parvadas estandarizadas, pero en áreas de investigación distintas (ver capítulos siguientes).

En este sentido, este capítulo muestra que *Gallus gallus* fue sujeto a distintos proyectos de estandarización en las intersecciones entre los criadores y los genetistas. Estos grupos empleaban esta ave de maneras distintas y, por tanto, se comprometían a desarrollar distintas variedades de aves. En consecuencia, esto implicaba seleccionar y homogeneizar distintos conjuntos de características de interés, las cuales podrían ser revisadas y reconfiguradas en un futuro y debido a cambios en los intereses de los personajes involucrados. Esto se muestra en la transición de las razas de exhibición a las de la agricultura industrial, así como en las modificaciones hechas por Punnett y Pease que, a su vez, muestran las distintas interacciones entre estos grupos de personas interesados en *Gallus gallus*.

En el siguiente capítulo detallaré cómo el Livorno blanco fue reconfigurado por los criadores comerciales, pero también comenzó a ser modificado por una comunidad de investigadores en las ciencias agrícolas y biológicas. Esto volvería a *Gallus gallus* un animal adecuado para la investigación en áreas novedosas a mediados del siglo XX. En conjunto con este capítulo, esto permitirá destacar la novedad y la continuidad que existe entre distintos proyectos de estandarización y la historicidad de la misma.

Capítulo 3. Estandarización inmunológica: las aves LPE.

El presente capítulo se enfoca en el segundo episodio de la estandarización de *Gallus gallus* y detalla el desarrollo de la agricultura industrial en el siglo XX y el establecimiento de las aves Libres de Patógenos Específicos (LPE). En el surgimiento de la agricultura a escala industrial, las aves previamente establecidas por los criadores de exhibición fueron modificadas minuciosamente para hacerlas adecuadas a los intereses de la industria alimenticia.

De manera relacionada, estas modificaciones conllevaron el interés por homogeneizar la manera en que las aves vivían en las granjas. Mas aún, los cambios en la crianza de aves de corral vinieron acompañados por el desarrollo de áreas de investigación relacionadas con la agricultura. Una de ellas, el estudio de enfermedades aviarias, recibió mayor atención a medida que se modificaron los espacios de confinamiento de los pollos domésticos y los aspectos inmunológicos de la especie *Gallus gallus* se volvieron un tema de interés para las personas que buscaban estandarizar y controlar las parvadas para la producción de carne y huevo.

Este capítulo continúa con el análisis de las relaciones entre los distintos sectores interesados en configurar al pollo doméstico, pero la relación entre la agricultura y la investigación “básica” ocupa un lugar central. A lo largo del episodio, se destacan aspectos relevantes del proceso de industrialización de *Gallus gallus*, su relación con la emergente investigación inmunológica y la manera en que esta relación se concretó en un proyecto de estandarización específico de esta ave.

En este sentido, me interesa detallar la manera en que se estandarizaron las “aves libres de patógenos específicos” (aves LPE). Dichas aves surgieron en el contexto de los objetivos entrelazados de la agricultura industrial y la investigación inmunológica. Las parvadas resultantes aún son utilizadas hoy en día como un medio de cultivo para vacunas humanas y como especímenes de investigación en varias áreas de la investigación biológica.

3.1 La industrialización de la agricultura

El capítulo anterior (ver sección 2.2) retoma el análisis histórico de la relación entre la genética y la agricultura para señalar que entre estos campos no existía una relación unidireccional (de la ciencia básica a la aplicada). De igual forma, se destaca que uno de los terrenos en donde se establecieron relaciones entre estos ámbitos fue en el establecimiento de nuevas variedades de organismos de relevancia agrícola, en el cual los genetistas mantuvieron cierto interés. No obstante, la genética no sería el único terreno de las ciencias biológicas en donde se establecerían vínculos con los intereses agrícolas.

A este respecto, un caso comúnmente referido es el trabajo de Louis Pasteur. Pasteur desarrolló una vacuna contra la cólera aviar en 1878, a partir de un medio de cultivo que contenía bacterias atenuadas (obtenidas de manera un tanto fortuita). Este caso suele mencionarse como un ejemplo del papel de *Gallus gallus* en la investigación biológica, particularmente en la inmunología (Davison 2003, Lembke 2012); pero también muestra el papel que jugaron las granjas y los animales agrícolas en la discusión sobre la naturaleza del contagio (Latour 1994). En el contexto de este capítulo, el caso de Pasteur viene a colación porque muestra que las cuestiones inmunológicas, además de las hereditarias, eran importantes para los agricultores. Este punto es uno de los ejes conductores del presente capítulo, pues permite mostrar que una asociación de intereses agrícolas e inmunológicos permitió configurar a *Gallus gallus* como un animal adecuado en la agricultura industrial y como organismo de investigación.

No obstante, antes de abordar la importancia de la inmunología, detallaré algunas de las cuestiones que permitieron la industrialización de la agricultura y su relación con la investigación en universidades y colegios de Estados Unidos. Estos contextos de investigación serán cruciales para detallar el contexto en que las aves LPE fueron configuradas.

3.1.1 El surgimiento de la investigación agrícola

Ciertamente, el interés por investigar de manera científica la salud de los pollos se volvió notorio durante el crecimiento de la agricultura industrial. Sin embargo, hay que tener en cuenta que previamente los agricultores tenían una serie de prácticas que buscaban procurar la salud de sus animales. De acuerdo con Squier, en Estados Unidos, las personas a cargo del cuidado de los pollos (usualmente, mujeres) compartían entre sí consejos e información sobre las prácticas veterinarias que mantenían la salud de las parvadas. Es decir, la salud de las aves era manejada directamente por los granjeros y se basaba en técnicas y consejos transmitidos “de granja en granja” (Squier 2011, 103). Según esta autora, esto comenzó a cambiar debido a la influencia de personajes como el veterinario John Edward Salsbury, quien proveía de asesoría, medicinas y (desde 1931) cursos breves de enfermedades aviares a los agricultores (Squier 2011, 103-104).

En realidad, la investigación relacionada con la mejora de la productividad del pollo doméstico (en donde se incluían cuestiones de salud aviar) había sido llevada a cabo con anterioridad en las universidades y colegios agrícolas y *land-grant*. En dichas instituciones la investigación de ese tipo se había establecido desde 1896, y para 1950 había generado más de 1,200 tesis de investigación en esos temas.⁵¹ Además, no solo se llevaba a cabo en instituciones especializadas, sino en otras universidades y colegios, y contaba con el financiamiento de los gobiernos estatales y federal y de compañías de productos alimenticios (Smith y Daniel 1975, 246-249).

Desde la primera mitad del siglo XX, varias universidades estadounidenses incluyeron planes educativos relacionados con la avicultura en sus asignaturas y planes de estudio, y también

⁵¹ Las universidades y colegios *land-grant* son instituciones estadounidenses que fueron escogidas por los gobiernos estatales para recibir los beneficios de las “Morrill Acts” de 1862 y 1890. Éstas promovían el financiamiento de instituciones educativas a través del otorgamiento de terrenos federales a los estados, los cuales se comprometían a venderlos y utilizar el dinero para establecer este tipo de instituciones educativas. Estas últimas, se deberían enfocar en la educación agrícola, las ciencias y la milicia (Washington State University 2009).

establecieron departamentos enfocados específicamente en la “investigación avícola”. La primera institución en hacerlo fue la Universidad de Connecticut en 1902, después le siguieron: Nueva York en 1907, Washington en 1918, Massachusetts en 1920, Indiana y Michigan en 1921 y Pennsylvania y Carolina del Norte en 1924 (Squier 2011, 104). La investigación avícola vinculaba la “ciencia básica” y la “ciencia aplicada” relacionadas con la producción de aves de corral, así como otros ámbitos importantes como la administración de las granjas. Es decir, los programas de investigación avícola no sólo produjeron científicos, sino también administradores de la creciente industria agrícola (Squier 2011, 105).⁵² Más aun, este campo no sólo se enfocó en la investigación de la genética mendeliana, sino que los departamentos de avicultura buscaron también aplicaciones tecnológicas de interés para el funcionamiento adecuado de las granjas y el mejoramiento de la productividad.

Evidentemente, las ciencias avícolas tenían como objetivo involucrarse directamente en las actividades realizadas en las granjas.⁵³ Por tanto, esta área se mantuvo cercana a proyectos de gran escala relacionados con la producción agrícola. Por ejemplo, Horowitz señala que el concurso “The Chicken of Tomorrow”, realizado en la década de 1940 (ver más adelante), reunió a instituciones agrícolas, compañías de producción y distribución de alimentos, así como a cadenas de tiendas de abarrotes, con el fin de desarrollar variedades de pollo más productivas. Para integrar estos distintos actores, fue necesaria también la participación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) y sus “Servicios de Extensión” (SE) (Horowitz 2004).

⁵² Esto también impactó en el papel de las mujeres en la avicultura (Potts 2012, Squier 2011, 105). Squier (2011) afirma que, después de mucho tiempo de haber sido quienes custodiaban las parvadas en las granjas, los departamentos de ciencia avícola incluyeron a muy pocas mujeres entre sus integrantes.

⁵³ El concurso fue organizado por las tiendas A&P (de la costa este de EUA) y por el gobierno estadounidense, los cuales buscaban desarrollar una cepa más carnosa de pollos. Como se verá más adelante, el concurso no solo estableció dicha cepa, sino que posicionó a la carne de pollo como una comida común en la dieta estadounidense (Horowitz 2004, Lawler 2014, Squier 2011).

Desde su establecimiento a partir de la “Hatch Act” de 1887 (la misma que permitió el financiamiento de instituciones *land-grant* para establecer las estaciones agrícolas), los SE ocuparon un papel crucial en los vínculos entre la ciencia agrícola y el agricultor. El objetivo de estos servicios fue ofrecer asesoría acerca de distintos asuntos agrícolas (particularmente, economía de la granja) y mantener una asociación cercana a los colegios agrícolas estatales. Los servicios de extensión estaban constituidos por una red de agentes, educadores y especialistas en aves de corral, los cuales eran enviados a comunidades rurales para proveer de asesoría y cursos sobre agricultura animal, cultivo de vegetales y economía doméstica (Squier 2011, 43).

La diversidad de áreas en las que se desempeñaban los agentes de extensión se ejemplifica bien con su actividad en la década de 1920. Durante esa década, los agentes promovieron la producción de pollo entre aquellos granjeros que habían perdido sus cultivos de algodón y de frutas.⁵⁴ También diseminaron información técnica sobre el alimento adecuado para los pollos, o sobre el diseño de sus gallineros. Además, actuaron como mediadores entre los crecientes mercados urbanos y los agricultores. Con base en esto último, después de la Segunda Guerra Mundial, uno de los objetivos de los agentes fue convencer a los agricultores de que estos podían mejorar sus ganancias si se tomaban el tiempo para mejorar la calidad de sus aves y reducir los costos de producción (Horowitz 2004, 219-220).⁵⁵

Los SE también desarrollaron en 1902 un programa dirigido a los jóvenes, el cual fue establecido por A. B. Graham, un educador, con la asesoría de la Universidad de Ohio y su estación experimental. El “Club 4-H” (activo hoy en día) ofrecía cursos sobre producción ganadera, cultivo

⁵⁴ Squier subraya este paso del cultivo de algodón a la avicultura como parte de una discusión sobre los cambios de significado del pollo doméstico en la cultura estadounidense (S. M. Squier 2006).

⁵⁵ Potts (2012) apunta que las representaciones gráficas de los pollos durante las décadas de 1920 y 1930 muestran como “proféticos”, es decir, como indicadores de que vienen tiempos mejores a través de la industrialización de la agricultura. Esta autora ejemplifica estas representaciones con “La quimera del oro”. Squier también enfatiza este punto, pero con referencia al cuento *The Inspired Chicken Motel* de Ray Bradbury (S. M. Squier 2006).

de vegetales, enlatado, cocina, tejido y *housekeeping* a niños de áreas rurales.⁵⁶ Los miembros de este club eran vistos como mediadores entre el educador (p.ej. un investigador en una universidad) y los agricultores en una comunidad. En consecuencia, los agentes de extensión esperaban que, al involucrar a los más jóvenes en los nuevos métodos de la agricultura, sus padres se convencieran de adoptar estas nuevas prácticas (Squier 2011, 43).

Smith y Daniel afirman que la investigación llevada a cabo en las universidades estatales fue de gran ayuda para industrializar la producción avícola. Aunque para los agricultores dicha investigación parecía “confusa” y escrita en un lenguaje “impenetrable”, a menudo los agentes de extensión estaban dispuestos a explicarles qué nuevos alimentos o vacunas eran requeridos para garantizar la salud de los pollos (Smith y Daniel 1975).

En este sentido, se podría afirmar que los agentes de extensión funcionaban como “traductores” de las innovaciones generadas en los departamentos de investigación; además, mediaban entre los distintos grupos de personas en la emergente agricultura industrial (cf. Marie 2008). En cualquier caso, existían otras formas en las que los agricultores y la ciencia agrícola mantenían vínculos: existían varias revistas enfocadas en la avicultura, las cuales publicaban información científica sobre los métodos más avanzados de crianza de pollos. Estas revistas incluían descripciones de diseños mejorados de los gallineros, mejores dispensadores de comida y agua, o importantes métodos para prevenir las enfermedades en las parvadas (Smith y Daniel 1975, 247-248).

3.1.2 *Gallus gallus* en la agricultura industrial

La investigación agrícola permitió el surgimiento de nuevas variedades de pollo doméstico, las cuales se volvieron ampliamente utilizadas en la agricultura industrial. Esto requirió

⁵⁶ “4-H” quiere decir “Head, Heart, Hands, Health”, los cuatro valores a ser desarrollados en sus miembros, de acuerdo con el sitio oficial del programa (National 4-H Council 2015).

modificaciones que iban más allá de seleccionar rasgos visibles como el plumaje; por ejemplo, la modificación de aspectos de los ciclos de vida de *Gallus gallus*.⁵⁷ De manera notoria, los científicos agrícolas diseñaron y promovieron modificaciones relacionadas con la manera en que se mantenían a las aves de corral en las granjas. En el contexto de este capítulo, dichas modificaciones son relevantes pues se volverían uno de los factores fundamentales que motivarían el estudio de las enfermedades aviares y permitirían el desarrollo de las aves libres de patógenos específicos (ver secciones 3.2 y 3.3).

En este sentido, existen diferencias prácticas entre mantener pollos para producir huevo o para producir carne. De hecho, la industrialización de ambas áreas ocurrió en distintos momentos y lugares (Potts 2012): Algunos autores afirman que la primera comenzó cuando las *hatcheries* (negocios de incubación) se establecieron en Petaluma, California a finales del siglo XIX (Derry 2012, Potts 2012, Smith y Daniel 1975); mientras que un punto de referencia de la industria de la carne fue el concurso “The Chicken of Tomorrow”, el cual se llevó a cabo varias décadas después (Horowitz 2004, Lawler, Chicken of Tomorrow 2014).

Aunque estas dos actividades conllevan el uso de distintos instrumentos y tecnologías, los siguientes apartados (3.1.2.1 y 3.1.2.2) detallan dos de los ámbitos en los que la agricultura industrial puso énfasis y que, posteriormente, conducirían a una estandarización de *Gallus gallus* más minuciosa y a un nivel inmunológico. La estandarización de variedades para la agricultura se abordará más adelante (apartado 3.1.2.3), con el fin de distinguirla de la estandarización a nivel inmunológico llevada a cabo a mediados del siglo XX (secciones 3.2 y 3.3).

⁵⁷ La agricultura industrial también cambió la manera en que los pollos son vistos en las granjas y en la cultura estadounidense (S. M. Squier 2006). Sobre esta cuestión, Russell indica que los animales de granja son vistos como: 1) partes de fábricas, las cuales producen productos agrícolas específicos a partir de ciertos insumos, b) trabajadores que interactúan entre sí y con el dueño de la fábrica (el granjero), quien emplea distintas técnicas para hacerlos producir más trabajo, y c) un producto comercial, el cual es estandarizado y comercializado ya sea como un “producto de marca” o como una “mercancía” (Russell 2004).

Por supuesto, existen tecnologías de relevancia que han quedado fuera de esta discusión; por ejemplo, la incubación y la transportación de animales (ver anexos A1 y A2). Más aun, a través de la implementación de nuevas tecnologías y del conocimiento de las ciencias agrícolas, la agricultura industrial impactó en la vida de las personas que mantenían y cuidaban las parvadas (ver anexo A3). Este puede ser un tema de interés para la historia y la sociología de la ciencia, pero no se abordará en mayor detalle en adelante.

3.1.2.1 Alojamiento y confinamiento

La investigación sobre la cantidad de horas-luz a las que son expuestas las aves fue fundamental para la industrialización agrícola. La luz estimula el comportamiento de puesta, el cual es una de las razones por las que las gallinas ponen más huevos en verano que en invierno. Experimentos relacionados con la exposición a la luz fueron realizados en instituciones como la Universidad Cornell, al menos desde la década de 1920. En dichos experimentos las gallinas eran expuestas a distintos fotoperiodos (cada vez mayores): extendiendo la luz hasta pocas horas antes del anochecer, entre 8 y 9pm, toda la noche, etc. Los resultados de estas investigaciones condujeron a un aumento constante en el número de horas en que las gallinas se exponían a la luz dentro de las granjas, ya que esto permitía incrementar la producción de huevo (Smith y Daniel 1975, 264-267).

⁵⁸ A medida que la agricultura se intensificó, procedimientos como estos se adoptaron cada vez más en las granjas. Por ejemplo, las gallinas ponedoras pasaron de 12 horas de luz artificial, hasta 21 y media horas a mediados de la década de 1970 (Smith y Daniel 1975, 267).

Evidentemente, el uso de iluminación artificial hace necesario el confinamiento de las gallinas en construcciones cerradas y sin ventanas, en las cuales la intensidad de la luz puede ser controlada.

⁵⁸ De acuerdo con Smith y Daniel, aunque la idea de exponer a las gallinas a la luz durante toda la noche producía cierta incomodidad a los criadores, algunos otros trataron de justificarlo señalando que una mayor cantidad de horas luz incrementaba la calidad de vida de las aves, pues producía días y noches “uniformes” (Smith & Daniel 1975, 268).

Esto conllevó otros cambios en la manera de producir huevo. Por ejemplo, se utilizaron más comúnmente razas de plumaje blanco, como el Livorno, las cuales habían sido evitadas en las granjas abiertas, pues atraían depredadores de aves a las granjas (Potts 2012, 145). Adicionalmente, el confinamiento también involucró el desarrollo de sistemas de ventilación, los cuales (inesperadamente) dieron origen a problemas relacionados con el contagio de enfermedades (Hewson 1986).

Asimismo, se buscó eliminar o controlar variables relacionadas con el comportamiento de las gallinas (p.ej. los baños de tierra, el forrajeo) y con el ambiente, como la exposición al viento.⁵⁹ Esto cambió la manera en que las gallinas vivían en las granjas y resultó, por ejemplo, en una muda de plumas más temprana (Potts 2012). Además, con parvadas más grandes en espacios más reducidos, el estrés de las aves incrementó y, actualmente, es común escuchar reportes de aves confinadas que se picotean entre ellas. Para evitar este comportamiento, el pico de las gallinas y pollos es cortado y, para poder alimentar a estas aves, se distribuyen alimentos no sólidos a través de bandas transportadoras (Smith y Daniel 1975, 276-277).⁶⁰

Actualmente, los actuales sistemas de confinamiento para animales de granja reciben el nombre de "CAFO" (*Concentrated Animal Feed Operations*), de acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Esta agencia considera a las CAFO no solo como el conjunto de métodos de producción agroindustrial, sino también aquellos para el manejo de animales de granja y, consecuentemente, de residuos (heces, orina, cadáveres, etc.) que se sitúan en un área reducida (Environmental Protection Agency 2015).

⁵⁹ Las modificaciones de los fotoperiodos se utilizan actualmente tanto en la producción de huevo, como de carne (Lewis 2006).

⁶⁰ Otro efecto de la agricultura industrial fue la exclusión de los gallos a corrales de reproducción. De acuerdo con encuestas, los consumidores de huevo preferían huevos no fértiles, lo cual hizo una prioridad identificar el sexo de los pollitos (ver capítulo 2). En consecuencia, el trabajo del "sexador de pollos" se volvió un puesto relevante y especializado para la agricultura industrial (Smith y Daniel 1975, 281).

En cuanto a los pollos, existen dos tipos de CAFO: Una para producción de carne y otra de huevo. Generalmente, los pollos criados para carne (*broilers*) no habitan jaulas, pero viven hacinados. Por otra parte, las gallinas ponedoras viven en jaulas pequeñas que se apilan en varios niveles (jaulas en batería), y en las cuales sólo viven durante sus dos años de mayor producción. Los gallitos recién nacidos, inútiles en la producción de huevo, son sacrificados y se pueden utilizar como alimento para otros animales (Lembke 2012, Potts 2012, Smith y Daniel 1975).

Las CAFO presentan varios problemas de corte ambiental. Por ejemplo, los desechos de las aves pueden contaminar el agua subterránea; por lo tanto, la EPA requiere que las compañías agroindustriales obtengan permisos especiales para disposición de desechos (Lembke 2012). Otro problema común es la incidencia de Salmonela, la cual se puede propagar debido a los métodos de producción que almacenan cadáveres de pollos en lugares reducidos. Esta y otras infecciones bacterianas se pueden extender por el proceso de remoción de plumas en los pollos para carne, el cual produce polvo y residuos de plumas que se pueden impregnar en otras aves. Lo mismo sucede posteriormente con la limpieza del pollo en tinas de agua fría, en las cuales un ejemplar infectado puede contaminar el agua e infectar a los siguientes (Horowitz 2004, Potts 2012).

Las compañías productoras de pollo han respondido a este tipo de preocupaciones mediante la aplicación de varias soluciones tecnológicas (ver más adelante) que buscan abordar las preocupaciones sobre el bienestar animal. Cobb-Vantress, una de las grandes compañías en el sector, ha establecido variedades de pollo “ideales” para la agricultura de libre pastoreo (Squier 2011). Asimismo, las CAFO han sido modificadas y algunas compañías han implementado jaulas “enriquecidas”; es decir, jaulas más amplias que contienen implementos para que las aves puedan rascar, perchas donde pueden escalar y dormir, y nidos con cortinas (Lembke 2012). Aunque el uso de jaulas en batería ha ido disminuyendo, muchos de los métodos alternativos continúan

confinando a los pollos y les impiden tener contacto con el viento y la luz solar (Potts 2012, 163-165).

3.1.2.2 Alimentación

Un grupo de actores relevantes en la consolidación de la industria avícola fueron los productores y vendedores de alimentos para animales de granja. Las compañías especializadas promovían las virtudes de los distintos alimentos comercializados, las cuales permitían incrementar la productividad de las aves. Estas compañías se volvieron activas en la crianza avícola desde principios del siglo XX, época durante la cual comenzaron a promover sus productos en publicaciones dedicadas a los criadores de aves de corral (Smith y Daniel 1975).

De hecho, el mercado de alimentos para animales parece haber sido más estable económicamente que la misma producción de huevo. Ésta se encontraba expuesta a fluctuaciones en los precios de sus productos; no obstante, las compañías de alimento solían mantener sus precios y sus ganancias. Consecuentemente, los granjeros eran afectados en tanto, en dicha época, la industrialización conducía a una constante reducción en el precio del huevo (Smith y Daniel 1975).

Como se mencionó en el apartado 3.1.1, los agentes de extensión promovieron el uso de alimentos comercializados (Smith y Daniel 1975, Squier 2011), los cuales estaban adicionados con vitaminas A y D, las cuales compensaban la falta de luz solar y ejercicio a las que eran sometidas las parvadas (Lembke 2012, Potts 2012). De igual forma, para compensar la falta de apetito de las gallinas ponedoras en los CAFO, los agricultores podían administrar medicamentos (Smith y Daniel 1975).

Es importante destacar, que el control de la alimentación se volvió relevante para la producción de huevo, ya que la falta de comida induce la muda del plumaje en las gallinas, lo cual acelera el inicio del ciclo de puesta (Potts 2012). Después de privar a las aves de alimento por cuatro o cinco días,

éstas comenzaban un periodo corto de muda, lo cual permitía integrarlas rápidamente a la parvada (Potts 2012, Smith y Daniel 1975, 280-281).

Otra técnica relacionada, proveniente de la investigación de las ciencias agrícolas, fue la incorporación de la tasa de conversión de alimentos a productos. Esta tasa se basa en llevar un registro meticuloso de la cantidad de comida que consume un pollo y correlacionarla con la cantidad requerida o deseada de productos finales (huevos o carne). Esta medición hizo posible evaluar el desempeño de individuos específicos y seleccionarlos para establecer las razas o grupos de aves que se utilizaban en la industria. De manera breve, las aves más productivas eran aquellas que transformaban de manera más eficiente los insumos (alimentos) en carne o huevo.

Este tipo de mediciones formaba parte de los nuevos métodos de contabilidad y control de gastos que los agentes de extensión buscaban informar a los agricultores. El personal que trabajaba en estos servicios asumía que las granjas requerían mejores formas para registrar la productividad, las cuales incluían estar al tanto de las virtudes de los más novedosos alimentos procesados, las horas de trabajo por ave, el peso de las gallinas con respecto a la cantidad de huevos puesta, las tasas de mortalidad y la proporción entre la comida consumida y la docena de huevo producida (Smith and Daniel 1975). El interés por dichas cuestiones muestra que la investigación agrícola generó formas de medir meticulosamente la producción de huevo y carne, las cuales no se utilizaban previamente en la agricultura; es decir, existió un interés particular por estandarizar el desempeño de las aves, el cual impactó en varios aspectos del manejo de las parvadas.

De este modo, las tasas de conversión fueron utilizadas por productores de nuevas variedades de aves, los cuales lo consideraron un parámetro clave (cf. Smith y Daniel 1975). También fueron utilizadas para evaluar a las aves en competiciones que tenían como intención mejorar la producción (cf. Horowitz 2004) (ver siguiente apartado). Más aun, estas mediciones son utilizadas

actualmente por compañías que buscan mejorar la productividad e incluso por personas que crían aves de corral sin propósitos comerciales (cf. Ekarius 2007, Squier 2011).

La implementación de estas mediciones muestra la marcada influencia de la investigación agrícola en la productividad de los pollos, la cual se incrementó constantemente a través de varias generaciones de ellos. Smith y Daniel (1975) ofrecen un ejemplo de ello en la producción de carne: A principios de la década de 1950, se requerían de 14 a 16 semanas y 5.44kg de alimento para obtener un pollo de 1.36 a 1.58kg; a mediados de la siguiente década, se requerían 10 semanas y 997g de alimento por cada 450g del peso total del ave. A mediados de la década de 1970, tomaban 7 u 8 semanas y 907g de comida producir aves de 1.8kg (Smith y Daniel 1975, 281-282).

Adicionalmente, la investigación agrícola promovió el uso de “alimentos medicados”. El trabajo de M. Finlay (2004) muestra que estos alimentos se volvieron comunes en la producción de carne de cerdo; aunque su estudio de caso también arroja luz sobre lo que sucedía en la avicultura. Este autor se enfoca en un personaje dentro de las ciencias agrícolas: Damon V. Catron, profesor de crianza animal en la Universidad de Iowa, quien en la década de 1950 era uno de los nutriólogos del cerdo más prominentes en los EUA y quien se involucró en varias ramas de la producción porcina: producción de variedades, alimentos medicados, y confinamiento y ambientes artificiales (Finlay 2004).⁶¹

Catron afirmaba que, para mejorar a los cerdos de las granjas, los agricultores debían comprar un “sistema de alimentación”, en vez de un mero costal de alimento. Esta sugerencia se relaciona con su idea de dejar de pensar la alimentación de los cerdos en términos de un balance entre

⁶¹ De manera similar a casos que se abordan más adelante, después de trabajar en la Universidad de Iowa, Catron trabajó para una compañía de alimentación animal (Finlay 2004).

ingredientes (maíz, leche, alfalfa, etc.) y comenzar a pensar en términos de un balance entre nutrientes (proteínas, carbohidratos, etc.) (Finlay 2004).⁶²

Al respecto de esta postura, Catron promovía el uso de alimentos medicados, los cuales habían surgido de la investigación previa de Thomas Hughes Jukes y E. L. R. Stokstad. Durante su trabajo en la “American Cyanamid Company”, estos dos personajes reportaron, a finales de la década de 1940, el “efecto de crecimiento de los antibióticos”. De acuerdo con su investigación, la administración de pequeñas dosis de antibióticos promovía el crecimiento del ganado. El trabajo de Jukes y Stokstad venía precedido por veinte años de búsqueda del llamado “factor de proteína animal”, un compuesto químico que se suponía ausente en las plantas, pero presente en los animales y que les permitía alcanzar un mejor crecimiento. Este supuesto se basaba en que los animales que sólo se alimentaban de productos vegetales no alcanzaban un crecimiento similar a aquellos que recibían proteínas animales. En algún punto, los investigadores habían asumido que el compuesto buscado era la vitamina B12 y, en la búsqueda de una manera de producirla a gran escala, las compañías farmacéuticas encontraron que los residuos de la fermentación de la aureomicina y la estreptomicina potenciaban el crecimiento de los animales de granja (Finlay 2004).

De manera inesperada, la vitamina B12 producida a través de la producción de estos antibióticos causaba una tasa de crecimiento más rápida en los pollos que la vitamina directamente extraída del hígado de otro animal. Stokstad y Jukes infirieron que el antibiótico por sí mismo podría contribuir al crecimiento del ganado y, en 1949, la “American Cyanamid Company” envió muestras de la fermentación de los antibióticos a investigadores en colegios agrícolas y estaciones experimentales, sin especificar la composición química de la sustancia. La intención de dicha

⁶² Al igual que Raymond Pearl (ver capítulo anterior), Catron reconocía que los científicos no habían sido capaces de dar respuesta a muchos de los problemas de los agricultores, así que enfatizaba la necesidad de colaboración entre las instituciones de educación y la industria (Finlay 2004).

compañía era poner a prueba las muestras y confirmar el efecto previamente observado, para lo cual ofreció contratos de 1,500 dólares a distintos investigadores (entre ellos Catron) (Finlay 2004).

Catron no sólo confirmó las conclusiones de los investigadores de la American Cyanamid, sino que afirmó que los alimentos medicados podían disminuir la tasa de animales con problemas del desarrollo. Más aun, estudios previamente publicados afirmaban que dichos alimentos podían reducir la incidencia de enfermedades en grupos de animales si se administraba a niveles terapéuticos o subterapéuticos, sin mostrar efectos secundarios (Finlay 2004).⁶³ Catron, Tony Cunha de la Universidad de Florida (otro de investigador contactado por la compañía) y Jukes promovieron sus hallazgos en organizaciones industriales como la “Kansas Formula Feed Conference” y la “International Baby Chick Association”; de igual forma, publicitaron sus ideas en eventos a los que asistían vendedores de alimentos, agentes de extensión, la prensa agrícola y otros representantes de los agro-negocios (Finlay 2004).⁶⁴

Catron y el Colegio Estatal de Iowa utilizaron los resultados de su investigación y las oportunidades que ofrecía la posguerra para desarrollar relaciones entre la academia y la industria. Para 1951, Catron había obtenido apoyo monetario de Pfizer (3,000 dólares), Merck (2,500), la American Cyanamid (5,000) y otras farmacéuticas, compañías de productos químicos y firmas de agro-negocios (20,000) para fundar el “Centro para la Investigación de la Nutrición Porcina” (Finlay 2004).

⁶³ Para 1950, esta investigación había recibido atención de los medios de comunicación. El “New York Times” anunció que “este antibiótico” incrementaba el crecimiento de los cerdos hasta en un 50% y tenía efectos similares en las aves de corral (Finlay 2004).

⁶⁴ La FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos de EUA) respondió a los resultados de estas investigaciones de manera rápida y llevó a cabo varios experimentos. En enero de 1951, se decidió que era legal anunciar que la comida animal contenía medicamentos (Finlay 2004).

Un punto por destacar es que para ese entonces se sabía que confinar grandes grupos de animales incrementaba a la susceptibilidad a enfermedades. A este respecto, Catron y otros investigadores aseguraban que los antibióticos agregados a los alimentos podían compensar este problema (Finlay 2004). Soluciones de este tipo fueron usuales en la agricultura industrial, cuya expansión acelerada conllevó dificultades no planeadas. Los científicos agrícolas buscaron constantemente nuevas tecnologías que pudieran paliar los efectos secundarios de los nuevos métodos y tecnologías implementados (aunque quizá no resolverlos de fondo).

En este sentido, la alimentación de los pollos fue un aspecto que se modificó drásticamente en la agricultura industrial. En este contexto, la alimentación se volvió un objeto de estudio y de nuevas aplicaciones provenientes de la investigación agrícola. Dichas aplicaciones incluyeron nuevos tipos de alimentos, nuevas mediciones (y nuevos estándares) para evaluar el desempeño de las aves y la incorporación de medicación a los alimentos administrados comúnmente a los animales de granja. Estos aspectos impactaron en la salud de los animales, así como en la configuración material de las parvadas.

3.1.2.3 El establecimiento de cepas productivas

John Kimber, un investigador agrícola quien había establecido una empresa de incubación (*hatchery*) en Freemont, California en 1934, es un ejemplo del éxito del establecimiento de nuevas variedades de aves en el contexto de la agricultura industrial. De acuerdo con Smith y Daniel, el objetivo de Kimber fue “aplicar la genética” para producir razas productivas de pollo, en particular: (1) identificar aquellos genes compartidos por todos los organismos vivos; (2) encontrar una manera de combinar varios genes para obtener la mejor ventaja; (3) investigar cómo se podían comparar distintas estrategias de cruzamiento con respecto a varios rasgos de importancia económica (Smith y Daniel 1975, 270-271).

Aunque estos objetivos de Kimber son similares a los de Pearl o Punnett (ver capítulo 2), él parece haber sido un personaje más activo en la búsqueda de mejorar la productividad de los pollos. Smith y Daniel lo describen como “un músico aficionado y un biólogo capacitado” y afirman que fue exitoso en la aplicación de la genética a las razas de pollos (Smith y Daniel 1975, 270); sin embargo, dichos autores no especifican el tipo de técnicas que Kimber utilizó, tampoco si fue capaz de utilizar los principios mendelianos para sus objetivos o si utilizó las técnicas probadas de los agricultores (lo cual ya era usual para la época, cf. Derry 2015). Es decir, Smith y Daniel asumen que la genética pasó por encima de las tradiciones agrícolas, pero no especifican cómo esto sucedió. Como he señalado anteriormente, este tipo de afirmaciones son problemáticas porque la literatura histórica más reciente señala que los genetistas tuvieron muchas dificultades para hacer un impacto en la agricultura (ver sección 2.2).

En este sentido, Derry ofrece una caracterización distinta de Kimber, como uno de los pocos criadores (mas no genetistas) que se interesaron en la década de 1920 en establecer variedades con la asesoría de genetistas (Derry 2012, 120-121). De hecho, Kimber fundó su propia compañía “Kimber Farms”, en la que sus trabajadores desarrollaron desde vacunas hasta variedades de aves (Smith y Daniel 1975, 270). El nombre de su empresa podría parecer un tanto engañoso, pues en vez de “granjas”, estaba constituida por laboratorios y oficinas, y empleaba a investigadores con doctorados en genética, reclutados de universidades y colegios de Estados Unidos. Derry coincide con Smith y Daniel en que el trabajo de Kimber puede ser calificado como “crianza cuantitativa y científica”, esto es, enfocada en el control “científico” de la calidad y tamaño del huevo.⁶⁵

Ahora bien, al contrario de lo que señalan Smith y Daniel, Kimber no era precisamente un biólogo que intervino en la agricultura y la cambió radicalmente, sino que era un egresado de la

⁶⁵ Kimber había criado pollos Livorno desde 1925 y su empresa estableció sus propias cepas de esta variedad (llamadas K-22, K-43, etc.), las cuales se comercializaban a los agricultores (Smith and Daniel 1975, 270-271).

Universidad de Harvard donde había obtenido un título en ciencias agrícolas (Derry 2012, 120). Por tanto, su caso es distinto al de Pearl o Punnett y, en cambio, ejemplifica las nuevas áreas de investigación y profesionalización que surgieron en el contexto de la agricultura industrial, y que permitieron modificar la producción avícola.

La “era dorada” de Kimber Farms ocurrió entre 1950 y 1960. Cuando la investigación comenzó en estos laboratorios, las gallinas ponían de 150 a 160 huevos por año. En menos de una década, los genetistas de Kimber habían creado cepas de *Leghorn* que ponían 250 huevos al año (Smith and Daniel 1975). Este incremento masivo en la producción ha continuado en la agroindustria: en 2007, la producción promedio por gallina era de 275 huevos (Potts 2012).

En 1955, la empresa de Kimber estableció, con apoyo de la Academia Nacional de Ciencias, el “Kimber Genetics Award”. Este premio constaba de 2,000 dólares y una medalla de oro diseñada por la escultora Malvina Hoffman (alumna de Auguste Rodin). La medalla mostraba en bajorrelieve los rostros de Charles Darwin, Gregor J. Mendel, William Bateson, y Thomas Hunt Morgan (Smith y Daniel 1975). El premio se discontinuó después de 15 años, pero durante su vigencia fue otorgado a personajes como: William E. Castle, Theodosius Dobzhansky, John B. S. Haldane, Max Delbruck y Barbara McClintock.⁶⁶

Las cepas de Kimber muestran que para mediados de la década de 1950 la producción avícola ponía una atención detallada a los rasgos del pollo doméstico con interés comercial. En los días a puertas abiertas en su planta de Niles, los agricultores visitantes recibían información sobre las cualidades de los pollos de Kimber. Elementos gráficos compartidos con los agricultores detallaban y comparaban varias cepas y sus características, como el peso a distintas edades, la producción de

⁶⁶ Al igual que otras compañías, Kimber Farms comunicaba sus proyectos de investigación y sus nuevas cepas a través de un boletín: “Kimberchick News”. Su éxito fue acompañado de expansiones a Niles (cerca de Pomona) y Sanger (en el norte de California). Además, la empresa estableció una red de incubadoras asociadas en otros estados y países, incluidos dos agentes europeos permanentes (Smith y Daniel 1975).

huevo o las tasas de conversión de alimento (Smith y Daniel 1975). Esto muestra que la estandarización en contextos agrícolas combinaba la atención a las características físicas de las aves, así como a su desempeño durante etapas específicas de su vida.

También surgieron nuevas cepas de pollo en la industria de la carne. Como en el caso del huevo, al principio del siglo XX los pollos para consumo humano eran parte de un negocio paralelo de algunas granjas y su carne era una comida ocasional en la dieta estadounidense. Esto cambió cuando la producción de carne de pollo se consolidó después de la Segunda Guerra Mundial con la realización de un concurso nacional para encontrar “el mejor” pollo para estos fines (Horowitz 2004, Lawler 2014).⁶⁷ La competición se nombró “The Chicken of Tomorrow” y se llevó a cabo de 1946 a 1961 en ciclos de tres años (Squier 2011).

Cuarenta *hatcheries* compitieron por un premio de 5,000 dólares y por los pedidos de las granjas interesadas en criar la mejor variedad de pollo disponible (Horowitz 2004). Durante los dos primeros años del concurso, se llevaron a cabo competencias regionales, las cuales derivaron en un concurso nacional cada tres años. Las tiendas A&P promovieron el concurso y contribuyeron con el dinero otorgado al ganador. Los segundos lugares también se beneficiaron, pues pudieron anunciar sus productos como finalistas del concurso, una etiqueta que tenía implicaciones positivas para sus ventas (Squier 2011).

En la primera ronda del concurso en Georgetown, Delaware, en 1946, los criadores enviaron huevos fecundados a punto de eclosionar, los cuales serían incubados y todos los pollitos nacidos crecerían bajo condiciones similares. Estas aves fueron evaluadas por grupos de expertos en rondas estatales y nacionales. La compañía “Vantress Hatchery” fue la ganadora final, pues sus

⁶⁷ Antes del surgimiento de la industria de la carne de pollo, usualmente estas aves se consumían solo cuando terminaban su ciclo productivo como ponedoras o cuando eran gallos jóvenes (Potts 2012, Smith y Daniel 1975). Al entrar al negocio las compañías de agronegocios, la refrigeración y las cadenas nacionales de supermercados permitieron romper con la disponibilidad de la carne sujeta a los ciclos de puesta (Horowitz 2004).

pollos obtenían la mayor cantidad de carne en la menor cantidad de tiempo. Esto popularizó los pollos de Vantress, los cuales se volvieron el ave más común de la producción de carne (Horowitz 2004).

Squier afirma que el concurso se basó en tres ideales básicos: (1) la creencia de que el pollo ideal era aquel que tenía mayor cantidad de carne, (2) la esperanza de que la ciencia y la industria colaboraran para producir este pollo ideal; y (3) la fe en que los poderes de los medios de comunicación pudieran ser empleados para apoyar el proyecto. Los primeros dos resultaron difíciles de conseguir, pero el último se mostró claramente, pues el apoyo de las tiendas A&P fue crucial para darle forma a las nuevas variedades y a la industria de la carne de pollo (Squier 2011, 45-46).

De cualquier forma, este concurso muestra la colaboración cercana entre estos ámbitos: los comités de jueces tenían representantes de la industria, la agricultura, la prensa avícola y las instituciones gubernamentales (Squier 2011, 46). También, generalmente, existía una buena relación entre los investigadores y la agricultura, pues muchos de ellos eran también agentes de extensión, asesores de compañías avícolas o científicos que trabajaban en universidades “land-grant”. Sin embargo, los investigadores agrícolas reclutados por el USDA resultaron ser un grupo difícil de alinear con los intereses comerciales.

En este caso particular, la controversia surgió en torno a la idea de “pollo ideal”, la cual era vista por los representantes de la industria como el objetivo de la producción y como una estrategia de venta. Squier discute la correspondencia entre Melvin Buster, jefe de la oficina de Estándares e Instalaciones del USDA, y I. M. Lerner, jefe del departamento de aves de corral de la Universidad de California en Berkeley, al cual Buster solicitaba asesoría para evaluar y premiar el “pollo ideal”. Lerner replicó a Buster:

Puesto que no tengo fotografías, o incluso una imagen mental acerca de ese asunto, me encuentro en una posición en la que puedo criticar, pero no contribuir en nada particularmente constructivo.

Lerner apuntó que era necesario distinguir entre las cuestiones que pueden tener una respuesta científica y aquellas que son parte del terreno de la economía y la psicología social. En este sentido, afirmaba que él había llevado a cabo algunos estudios sobre la producción de carne, pero:

...el desarrollo de un tipo de carne "ideal" no ha caído dentro de los alrededores de este trabajo. La gran dificultad en mi mente es el hecho de que ni la heredabilidad, ni los criterios de cuáles son los atributos ideales han sido trabajados... Esto es por lo que encuentro difícil aventurar cualquier otra sugerencia concreta... Sólo cuando esté disponible información más precisa sobre (1) la contribución de cada factor al valor neto del ave, y (2) la heredabilidad de cada factor que contribuye significativamente a este valor neto, se podrá elaborar algo más que una tarjeta de puntuación puramente subjetiva. Una combinación de muchas tarjetas de puntuación subjetivas no resultará, en mi opinión, en una objetiva.

Butler replicó que parecía ser claro (aparentemente, de acuerdo con los resultados de algún investigador más) que la cruce F₂ entre las razas Cornish y New Hampshire producía el mejor cuerpo, en cuanto a su tasa de crecimiento, porcentaje de carne con respecto al hueso, y la cantidad de pechuga, los cuales eran importantes para el consumidor. También expresó su esperanza de que algún departamento de aves de corral le pudiera enviar imágenes de aves a distintas edades, preparadas para el consumidor, las cuales cubrieran sus requerimientos; además

de “dos o tres” modelos de cera o arcilla. Aun así, Lerner y sus colaboradores no colaboraron en la competencia (S. M. Squier 2011, 46-47)

A pesar de este inconveniente, Squier afirma que el departamento de relaciones públicas de A&P seleccionó citas de la correspondencia entre Butler y Lerner y las puso fuera de contexto en sus notas de prensa, de tal manera que mostraran acuerdo entre la investigación agrícola y las metas de la competición. No obstante, esta colaboración estuvo limitada a comunicaciones *pro forma* en las que los investigadores eran comunicados sobre el progreso del comité en generar la descripción del pollo ideal, la cual finalmente fue seleccionada con base en dos características importantes para la industria: producción rápida y atractivo en el mercado (Squier 2011, 47).

Aun así, dentro de la diversidad de personajes de la investigación agrícola, hubo aquellos que colaboraron directamente en la competición. J. Frank Gordy Jr., un especialista de aves de corral del Servicio de Extensión de Delaware, fue una figura importante que permitió alinear los intereses comerciales con la producción de carne. Comúnmente, miembros de los SE afirmaban que lo mejor para los avicultores era subordinar sus necesidades individuales a las de la industria. Aunque dichos “avicultores” eran, de hecho, un grupo heterogéneo que incluía a los desarrolladores de nuevas variedades, los dueños de plantas de procesamiento de carne, o a los vendedores de alimentos para ganado (Horowitz 2004).

Puesto que Gordy estaba adscrito a la Universidad de Delaware (una institución *land-grant*), fue capaz de reclutar personal universitario para sus investigaciones. De esta forma, reclutó a William McAllister para llevar a cabo un estudio de mercado sobre la carne de pollo en Delaware. Los resultados de McAllister mostraban que, para incrementar el consumo de pollo entre la población, este producto debía dejar de verse como una comida de domingo, los precios debían bajar para hacerlo más barato que la res o el puerco y la calidad debería mejorarse. Estos objetivos

conllevaban producir una variedad de pollo más carnosa y barata que pudiera ser atractiva para las tiendas de comida. McAllister también apuntó que los consumidores preferían un pollo completamente procesado, listo para cocinarse. De esta forma, Gordy y los servicios de extensión emplearon distintos medios (campañas, panfletos) para convencer a los agricultores de cambiar sus prácticas para responder a las demandas del consumidor. Por otra parte, los consumidores fueron convencidos de que el pollo podía ser una comida de todos los días (Horowitz 2004).

A pesar del éxito del concurso, los criadores no compraron de inmediato los pollos Vantress, pues eran más caros que los que usualmente empleaban, ni adoptaron las prácticas para hacer más atractiva la carne en las tiendas (p.ej. utilizar pollos blancos para que no se vieran los fragmentos de plumas). Gordy requirió otras estrategias para cambiar el mercado de pollo. Una de ellas fue organizar una “subasta” en 1952, la cual reunió a distintos agricultores y podía ser seguida por la radio. La intención era convencerlos de cumplir con los requerimientos de los SE, los cuales conllevarían el beneficio de obtener mejores precios por sus parvadas, puesto que los pollos que cumplían los requisitos del USDA eran mejor pagados en el mercado (Horowitz 2004).

Algunos personajes que adoptaron este tipo de aves establecieron posteriormente compañías exitosas que siguieron el naciente modelo corporativo (ahora el más común, cf. Potts 2012). Por ejemplo, “Cobb’s Pedigreed Chicks”, fundada en 1916 por Robert S. Cobb, otro graduado de Harvard. Para 1926 su compañía se había vuelto la mayor productora de pollo Plymouth Rock rayado en Nueva Inglaterra. Puesto que el consumidor prefería carne blanca, en 1947 Cobb comenzó a cruzar sus gallinas blancas con gallos blancos de Vantress, para producir una carne completamente blanca. En 1974, Vantress fue comprada por “Tyson Foods” y Cobb fue adquirida por “Upjohn Corporation”. Doce años después, ambas compañías se fusionaron formando la corporación Cobb-Vantress, uno de los mayores productores de carne en la industria (Squier 2011, 107-108).

3.2 La importancia de la investigación de enfermedades aviares

Dentro del creciente ámbito de la agricultura industrial, las enfermedades animales se volvieron un tema de relevancia. En consecuencia, desde la primera mitad del siglo XX se establecieron departamentos de investigación enfocados en este tema en varias universidades y colegios agrícolas.

En cuanto al pollo doméstico, la investigación sobre enfermedades tenía dos caras, producto de los intereses de los actores involucrados. Por un lado, las enfermedades aviares fueron estudiadas para obtener conocimiento aplicable en el ámbito de la agricultura. Por otra parte, *Gallus gallus* fue empleado y reconfigurado como un organismo experimental que permitió a los investigadores estudiar cuestiones inmunológicas.

Ejemplificaré este doble aspecto al analizar el caso de Roy E. Luginbuhl, un investigador que se encuentra en la intersección entre las ciencias agrícolas y la investigación biológica (ver sección 3.3). Sin embargo, antes de discutir este caso, es necesario subrayar la relevancia de la investigación inmunológica para la industria avícola. Esto permitirá relacionar la sección anterior con las siguientes.

3.2.1 Las enfermedades aviares en la industria avícola

La salud de las aves afecta directamente la producción de huevo y carne y resultan de interés para los agronegocios: Un pollo enfermo puede propagar su enfermedad a otros individuos o (si no se detecta) a los consumidores, y esto ocasionará problemas económicos para los agricultores y las compañías de alimentos.

Desde principios del siglo XX, distintos brotes de enfermedades aviares fueron reportados en las prácticas agrícolas. En 1924, la “plaga del pollo” incrementó las tasas de mortalidad de 5-6% a 20%

en unos cuantos años (Smith y Daniel 1975).⁶⁸ La creciente frecuencia de este tipo de brotes hizo que avicultores como S. S. Knight, presidente de la “Petaluma Poultry Keepers’ Association”, afirmaran que la creciente industrialización coincidía con una mayor ocurrencia de enfermedades aviares:

Extraño como parezca, este porcentaje [de aves muertas] ha incrementado de manera tremenda en los últimos cuatro años, desde que se realizaron esfuerzos precisos y determinados para incrementar la capacidad productiva de nuestras gallinas.

En este contexto, investigadores y veterinarios del USDA, los laboratorios de gobierno, y los departamentos de aves de corral en las universidades y colegios agrícolas estudiaron la “plaga” y los brotes de influenza en distintas aves de corral a inicios del siglo XX (Smith y Daniel 1975, Swayne 2008). Particularmente, la “plaga” propició que, en diciembre de 1924, el Congreso de Estados Unidos asignara una partida de emergencia de 100,000 dólares para implementar un control de campo federal, así como procedimientos de limpieza y desinfección. Sin embargo, estas medidas no fueron acompañadas de programas de indemnización para los agricultores; a pesar de que sus pérdidas fueron estimadas en un millón de dólares (Swayne 2008).

Como sugiere Knight, el confinamiento y cruce selectiva de aves emparentadas había tenido repercusiones en la salud de las parvadas agrícolas. El contacto cercano de las aves con sus heces causaba que las enfermedades se dispersaran rápidamente (Smith y Daniel 1975). Además, las parvadas a menudo desarrollaban inmunosupresión derivada de la endogamia (Squier 2011) y los

⁶⁸ Esta “plaga” fue un brote de Influenza Aviar de Alta Patogenicidad, llamada así desde 1981 (Swayne 2008).

establecimientos donde se alojaban tenían sistemas de ventilación deficientes (lo cual la industria resolvería hasta después de 15 o 20 años de investigación) (Hewson 1986).⁶⁹

De igual forma, padecimientos virales actualmente conocidos, como la enfermedad de Marek, se comenzaron a considerar una amenaza para la producción de pollo hasta mediados de la década de 1930. Paralelamente, hubo un incremento en las enfermedades parasitarias, transmitidas por terrenos contaminados o por animales no domésticos que frecuentaban las granjas (como las ratas). En la segunda mitad del siglo XX también hubo reportes de enfermedades respiratorias como la bronquitis infecciosa, la laringotraqueitis e infecciones por *Mycoplasma* y *Escherichia coli* (Hewson 1986).

Los investigadores de enfermedades aviarias estudiaron estos problemas y buscaron resolverlos de distintas formas. Por ejemplo, “Kimber Farms” desarrolló una amplia gama de vacunas para prevenir las enfermedades más comunes. Los pollos de Kimber eran vacunados antes de enviarse a sus compradores, a los cuales la empresa ofrecía una garantía en caso de pérdida por enfermedad (Smith y Daniel 1975). La vacunación masiva se volvió una práctica extendida que dura hasta nuestros días. Las vacunas pueden ser administradas a las aves antes de la eclosión del huevo, a través de distintos métodos (aerosoles, inyecciones, o agua para beber). La enfermedad de Marek fue tratada y controlada de esta forma desde la década de 1970 (Davison 2003).

Una manera de prevenir las infecciones fue implementar un aislamiento más meticuloso (cf. Hewson 1986, Potts 2012). Las compañías de incubación con un stock valioso de aves comenzaron a limitar el acceso a sus instalaciones y establecieron técnicas elaboradas para prevenir que los agentes infecciosos entraran a sus terrenos. Por ejemplo, los laboratorios de patología de Kimber, donde se transportaban aves enfermas para diagnosticarlas y prescribirlas, estaban localizados

⁶⁹ Ciertamente, esto no significa que no existieran enfermedades aviarias antes de la industrialización o que no hubieran sido un problema en sistemas de libre pastoreo (cf. Payne 1993).

lejos de las zonas de incubación. Los empleados también eran desinfectados al llegar, vestían ropas estériles y realizaban los procedimientos de manera cuidadosa; en algunos lugares, incluso el alimento para las parvadas se desinfectaba antes de entrar a las instalaciones (Smith y Daniel 1975).

Justamente, la promoción de los alimentos medicados de Catron (ver apartado 3.1.2.2) se relaciona con la importancia de prevenir la transmisión de enfermedades. Como se ha señalado, al agregar medicamentos a alimentos enriquecidos, no solo se promovía el crecimiento, sino se promovía una mejor salud (Finlay 2004). Tanto Catron como Kimber son ejemplos de investigadores aviares que buscaron atender el problema de las enfermedades de dos distintas formas: (1) llevaban a cabo investigación sobre los agentes causales de las enfermedades, y (2) constantemente desarrollaban tecnologías aplicables en las granjas con el objetivo de resolver estos problemas.

Este enfoque fue común en la investigación de enfermedades aviares. Payne (1993) describe el caso del “Veterinary Research Laboratory” en Weybridge, England, inaugurado en 1917 por el Comité de Agricultura y Pesca.⁷⁰ En 1920, este laboratorio estableció una sección enfocada en las aves de corral; en ella se identificaron distintos agentes infecciosos, como el de la enfermedad de Newcastle en 1927. Además, este centro de investigación tenía un enfoque aplicado, mediante el cual se buscaba desarrollar métodos de diagnóstico y control. De acuerdo con Payne, al principio de la década de 1920, este laboratorio era uno de los pocos que ofrecían asesoría veterinaria a los agricultores ingleses (Payne 1993).

⁷⁰ En este aspecto existen coincidencias entre países como Estados Unidos, Reino Unido y Bélgica, en los cuales los laboratorios de investigación agrícola se establecieron a través de financiamiento gubernamental desde finales del siglo XIX y principios del XX (Derry 2012, Diser 2012, Hewson 1986). De manera particular, Palladino (1994) ha discutido algunas de las diferencias en la profesionalización de la agricultura en Estados Unidos e Inglaterra.

Un punto relevante es que la utilización de nuevas tecnologías agrícolas causó el surgimiento de problemas para la salud de los animales de granja. Esto hizo necesario desarrollar nuevas soluciones tecnológicas para paliar los efectos de la aplicación de tecnologías y métodos de crianza y producción de aves de corral. Un ejemplo destacado de este tipo de situaciones es la manera en que la investigación agrícola respondió a la coccidiosis.

La coccidiosis es una enfermedad común causada por microbios del género *Eimeria*, los cuales habitan comúnmente en el tracto digestivo de los pollos (Quiroz Romero 2005). Para evitar el contagio por contacto con las heces, se implementaron procedimientos de limpieza y el uso de jaulas de alambre; pues el alambre puede limpiarse fácilmente y previene que las aves entren en contacto con sus residuos. Sin embargo, las aves tienden a desarrollar inmunidad a la coccidiosis a través de una exposición gradual a los microbios causantes de la enfermedad.⁷¹ Dado que este contacto temprano se perdió al incrementar la limpieza, los pollos adultos se volvieron más susceptibles a la coccidiosis; una situación que, a su vez, se solucionó administrando antibióticos (Smith y Daniel 1975). Este ejemplo no es un caso aislado, pues un mayor control de las parvadas trajo consigo la aplicación constante de nuevas y distintas soluciones tecnológicas que pudieran resolver problemas emergentes.

3.2.2 *Gallus gallus* como un organismo experimental en la inmunología: Glick, Chang y la bursa de Fabricio

No toda la investigación relacionada con enfermedades aviares se centró en encontrar implementaciones tecnológicas que pudieran paliarlas. Parte de dicha investigación se enfocó en la manera en que se transmitían dichas enfermedades y en la identificación de sus agentes

⁷¹ Los niveles de inmunidad a la coccidiosis dependen de la especie del género *Eimeria* a la que son expuestos los pollos domésticos. *Eimeria maxima* estimula una inmunidad completa, mientras que *Eimeria acervulina* no lo hace (Quiroz Romero 2005).

causales. Como se mencionó previamente, el uso de *Gallus gallus* como un organismo experimental en la inmunología ha sido destacado por diversos autores, quienes señalan que esta ave ha “contribuido” a obtener conocimiento en esta área.⁷² Aunque previamente he mencionado que casos como el de Pasteur destacan los vínculos entre la investigación biológica, tecnológica y la agricultura, estas relaciones apenas se mencionan cuando se hace mención del papel del pollo en algunos artículos de revisión sobre inmunología (cf. Davison 2003, Vazin 2011, Lembke 2012).⁷³

No obstante, una “contribución” del pollo doméstico a esta área muestra marcadamente los vínculos entre la investigación agrícola y la inmunológica: El uso de *Gallus gallus* por Bruce Glick y Timothy Chang. En 1956, estos investigadores reportaron que la respuesta inmunológica a través de anticuerpos se suprimía en pollos que no tenían un órgano llamado la Bursa de Fabricio. Ésta es una estructura en forma de bolsa que se ubica cerca de la zona de la cloaca en las aves, y cuya anatomía fue descrita por Girolamo Fabrizi d’Acquapendente desde el siglo XVI (Davison 2003, Ribatti, Crivellato y Vacca 2006).

Cuatro años antes de su artículo publicado en 1956, Glick había trabajado como investigador en el departamento de Ciencias Avícolas de la Universidad Estatal de Ohio, desde donde había reportado que la bursa se desarrolla rápidamente en los pollos durante las primeras tres semanas después de salir del cascarón. Posteriormente, este investigador estudió las funciones de dicho órgano a través de cirugías en las que extirpaba la bursa durante las primeras semanas de vida. Dos años más tarde, Timothy Chang, quien requería ejemplares para una práctica realizada en un

⁷² Como se mencionó previamente, quizá la “contribución” más famosa de esta ave en este campo se relaciona con el trabajo de Pasteur acerca de la cólera aviar, la cual lo condujo a desarrollar vacunas atenuadas (Vazin 2011).

⁷³ Este caso también suele ser descrito como un ejemplo de “serendipia”, dado que Pasteur llegó a la conclusión de que las bacterias atenuadas causaban inmunidad cuando, de manera involuntaria, él y su asistente dejaron un cultivo bacteriano sin tratar antes de irse de vacaciones. Al regresar, utilizaron el medio para inocular a las aves de corral y encontraron que esto les había generado inmunidad a la cólera (Davison 2003, Lembke 2012).

curso, utilizó los pollos “bursectomizados” de Glick. Con el fin de obtener suero con altas concentraciones de anticuerpos, inyectó a gallinas de 6 meses con el antígeno tipo O de *Salmonella typhimurium*. Muchos de sus ejemplares murieron y ninguno de los sobrevivientes generó anticuerpos (Davison 2003, Ribatti, Crivellato y Vacca 2006).

Al darse cuenta de que los pollos sin extirpación producían concentraciones normales de anticuerpos, Glick diseñó dos experimentos para mostrar que la ausencia de bursa era responsable del efecto observado por Chang. Por una parte, Glick utilizó pollitos Livorno blanco, los cuales fueron operados doce días después de eclosionar y fueron inyectados con el antígeno tipo O seis veces en intervalos de cuatro días. Después de siete semanas, 7 de 10 pollitos y 2 de 10 controles no produjeron anticuerpos. En un segundo experimento se utilizó un número mayor de aves y Glick y Chang usaron además dos razas distintas de pollo. El resultado fue que el 89.3% de las aves extirpadas y sólo el 13.7% de los controles tuvieron problemas para producir anticuerpos (Ribatti, Crivellato y Vacca 2006).

Se suele afirmar que Glick y Chang enviaron los resultados de su investigación a la revista “Science”, aunque su artículo fue rechazado por exigirles llevar a cabo más investigación relacionada con los mecanismos involucrados en sus resultados. Finalmente, los resultados fueron publicados a partir de 1956 en una serie de artículos en la revista “Poultry Science” (Davison 2003). Para muchos inmunólogos, estas publicaciones pasaron inadvertidas y, actualmente, se suele afirmar que la investigación de Glick y Chang no tuvo el impacto que se hubiera esperado (dada su importancia para entender la respuesta inmunológica), pues fue publicada en *“una revista que muy poco probablemente sería encontrada en la librería de las instituciones inmunológicas”* (Nagy 2014, 7).

No obstante, es necesario tomar en cuenta el contexto de estos personajes para entender la decisión de publicar en “Poultry Science”. Glick y Chang estaban adscritos a la estación experimental agrícola de la Universidad Estatal de Ohio. El primero era miembro del departamento de Ciencias Avícolas de dicha universidad, mientras que el segundo finalizaba su educación universitaria.⁷⁴ Más tarde, a lo largo de sus carreras, ambos fueron parte de instituciones públicas y privadas relacionadas con la investigación aviar, así como de asociaciones profesionales de un enfoque similar (Anónimo 2009, Chang 1998).

Llama la atención que Glick y Chang utilizaran dos razas de pollo comúnmente utilizadas en la agricultura: *Leghorn* blanco y *Rhode Island* rojo. Sus experimentos comparaban la respuesta inmune en ambas razas y en su artículo de 1956 citan literatura previa sobre sus diferencias en la tasa de desarrollo de la bursa y en la respuesta a la salmonela (Glick, Chang y Jaap 1956).⁷⁵ Aunque no ofrecen una explicación sobre la elección de estas razas, sus conclusiones sugieren que los resultados de la investigación podrían ser importantes para escoger una u otra en la producción agrícola. Glick, Chang, y R. George Jaap (su coautor) concluyen su artículo reportando las funciones inmunológicas de la bursa de esta forma (Glick, Chang and Jaap 1956):

La tasa de crecimiento más rápida y el tamaño más grande de la bursa madura en los Leghorn blancos se ha demostrado. La resistencia a las enfermedades, en general, puede estar asociada a la tasa de crecimiento y al tamaño de la bursa durante el periodo cuando el ave desarrolla por primera vez la capacidad de producir muchos de sus anticuerpos.

⁷⁴ Posteriormente, Chang se volvería jefe del departamento de bacteriología en los Laboratorios Whitmoyer, una compañía que manufacturaba antibióticos veterinarios (Chang 1998).

⁷⁵ Glick estudiaría más tarde los cambios ocurridos en el desarrollo del pollo y su relación con las hormonas (Glick 1991).

El estudio comparativo de Glick y Chang muestra que los aspectos inmunes de las aves eran de interés para la producción avícola. Aun cuando ellos no abordaran directamente la búsqueda de soluciones para mantener la salud animal en las granjas, sus resultados no sólo eran sugerentes para para los inmunólogos, sino para los lectores de una revista de ciencias agrícolas como “Poultry Science”.

De acuerdo con Nagy (2014), después de que los inmunólogos pusieran atención al trabajo de Glick y Chang, *Gallus gallus* se volvió “el animal modelo favorito” para la inmunología. Ciertamente, parece que durante la época el pollo se utilizó comúnmente en la investigación inmunológica y que el trabajo de estos dos investigadores estableció técnicas fructíferas para estudiar las diferencias funcionales entre los dos tipos de linfocitos (T y B).⁷⁶ Por ejemplo, Cooper, Peterson y Good (1965) afirmaron en 1965 en una publicación en “Nature” que, dado que ya era conocida la función inmunológica del timo y la bursa, era posible extirpar estos órganos en animales experimentales y producir deficiencias inmunológicas. No obstante, este procedimiento resultaba difícil de realizar en los mamíferos (ratones, conejos, ratas o hámsteres), pues no era posible obtener una ausencia de inmunoglobulinas o células del plasma. Los únicos organismos que mostraban dicha ausencia eran los pollos domésticos a los que se les extirpaba la bursa después del periodo post-eclosión, o a los que se les bursectomizaba de manera química con hormonas durante la incubación (Cooper, Peterson y Good 1965). Por esta razón de practicidad, Cooper, Peterson y Good sugirieron que el pollo era un organismo experimental adecuado para llevar a cabo investigación sobre las funciones inmunológicas del timo y la bursa.

Los experimentos de estos investigadores buscaban caracterizar la inmunidad asociada a estos órganos. Su diseño experimental se basaba en establecer distintos grupos experimentales de

⁷⁶ La “T” hace referencia al timo y la “B” a la bursa, un órgano que sólo está presente en las aves.

pollos, en los cuales era extirpada la bursa, el timo, o ambos. Días después, se les inyectaba suero bovino en solución salina y *Brusella abortus* ya muerta (Cooper, Peterson y Good 1965).⁷⁷

El equipo de Cooper, contrario a Glick y Chang, estaba interesado en cuestiones médicas y no en las ciencias agrícolas. Su artículo enfatiza dicho interés e indica que el financiamiento de su investigación provino de la “American Cancer Society”, la “American Heart Association”, y el Servicio de Salud Pública de Estados Unidos. De igual forma, en el momento de la publicación, los tres investigadores estaban adscritos a instituciones médicas.

De cualquier manera, el trabajo de Glick y Chang sirvió como punto de referencia para la investigación inmunológica en el pollo doméstico y pone de relieve: (1) la diversidad de enfoques en la investigación de las ciencias avícolas; y (2) el uso de *Gallus gallus* como un organismo experimental en la inmunología. Es difícil asegurar que Glick y Chang pensaran inmediatamente que el pollo doméstico podría servir como un representante de un grupo más amplio de especies (al menos en su artículo de 1956). Sin embargo, el impacto de su investigación y metodologías en personajes como Cooper y su equipo muestra que esta ave se volvió un organismo experimental para los inmunólogos, quienes la consideraron útil para generar conocimiento sobre mecanismos inmunes que se compartían con los mamíferos.⁷⁸

3.3 Roy E. Luginbuhl y las aves LPE

La sección anterior muestra diversos enfoques interrelacionados en las ciencias agrícolas: (1) el desarrollo de tecnología para las granjas avícolas, (2) la producción de nuevas variedades de animales, y (3) la investigación de enfermedades aviares. Por ejemplo, la investigación de Catron

⁷⁷ Para dichos experimentos se utilizaron pollos Livorno blanco (Cooper, Peterson and Good 1965).

⁷⁸ Tecnologías de intervención similares ya eran utilizadas en la investigación del desarrollo embrionario. De hecho, en la embriología los pollos eran organismos experimentales relevantes desde el siglo XIX (cf. Hopwood 2011).

se enfocaba en los aspectos tecnológicos relacionados con el mantenimiento y crianza de los animales, Kimber en el desarrollo de nuevas razas de aves y Glick y Chang en la respuesta inmune de los pollos ante ciertos patógenos. Dentro de esta variedad de perspectivas, me interesa destacar a Roy E. Luginbuhl, un investigador aviar de la Universidad de Connecticut, puesto que su trabajo muestra los vínculos entre la agricultura y las ciencias de la vida en el establecimiento de nuevas cepas de *Gallus gallus*, establecidas con la finalidad de ser útiles para la investigación y estandarizadas con un enfoque en las cuestiones inmunológicas.

3.3.1 Agricultura e investigación agrícola en Connecticut

Roy Emil Luginbuhl nació en Manchester, Connecticut en 1921. Era hijo de un veterano de la Primera Guerra Mundial (Fred Luginbuhl) y pasó prácticamente toda su vida en el estado de Connecticut (Anónimo 2000a, Anónimo 2000b). Cuando tenía 18 años se inscribió en la Universidad de Connecticut, una institución establecida en 1881 con el nombre de “Storrs Agricultural School”, y la cual se volvería el colegio *land-grant* del estado. En 1939, la institución adquiriría el nombre actual de “Universidad de Connecticut” (Anónimo 2000b, University of Connecticut 2015).

Como se muestra en múltiples instancias en el capítulo anterior, el estado de Connecticut figuraba en el ámbito de la crianza de exhibición del pollo doméstico y fue el lugar desde el que se distribuyeron los pollos *Leghorn* hacia Estados Unidos. Una búsqueda rápida en el archivo digital del periódico local “The Hartford Courant” muestra más de 14,000 entradas para las palabras “poultry show” entre 1850 y 1950.⁷⁹

En 1902, la Universidad de Connecticut (conocida entonces como el “Connecticut Agricultural College”) fue la primera en establecer un Departamento de Ciencias Avícolas, y desde entonces

⁷⁹ Búsqueda realizada a partir de ProQuest: <http://pqasb.pqarchiver.com/courant/advancedsearch.html>

“The Hartford Courant” publicó varios artículos que reportaban su actividad de investigación sobre aves de corral. Por ejemplo, el 1º de julio de 1928, el periodista A. W. Manchester reportó el estado de la producción de tabaco, lácteos, papa y otros vegetales. En dicha nota, Manchester recuerda que 1927 no fue un buen año, pues los precios cayeron debido a una saturación del mercado. Sin embargo, el reportero afirma que el conocimiento científico había permitido reducir la pérdida de aves de corral en las granjas. Su nota enfatiza las vitaminas administradas a los pollos, la desinfección regular para evitar la contaminación y las enfermedades, los análisis de laboratorio a las gallinas ponedoras que repoblarían las parvadas, la alimentación con comidas cuidadosamente combinadas y el control de la luz y la temperatura en los ambientes de las aves. Manchester señala que se están desarrollando tecnologías similares para el tabaco, la papa y otros vegetales, así como para los bovinos. El periodista concluye afirmando que todas estas actividades requieren trabajo metódico, y que:

El resultado de estos desarrollos recientes parece estar incrementando la diferenciación en el éxito del negocio entre el administrador capaz y aquel que descende en conocimiento o inhabilidad para conseguir hacer las cosas [sic].

La agricultura es extremadamente competitiva y con recompensas cada vez mayores para los líderes, así como con ganancias cada vez menos satisfactorias para los inadaptados (Manchester 1928).

El artículo de Manchester señala varios aspectos discutidos en la primera mitad de este capítulo, pues indica la preocupación porque los agronegocios se vuelvan rentables, lo cual, se asume, sólo se puede conseguir si el agricultor es suficientemente disciplinado y está dispuesto a aplicar el conocimiento científico.

En este mismo tenor, una nota de 1933 titulada “Chicks Sex on Leaving Shell Known” hace eco de otra de las preocupaciones de la industria ya mencionadas. El autor anónimo reporta que R. T. Parkhurst, investigador de la “National Oil Products Company” en Nueva Jersey, anunció un nuevo “truco” para identificar a los gallos de las gallinas inmediatamente después de la eclosión. El articulista describe que Parkhurst ha creado variedades de pollo, basadas en razas ya establecidas, las cuales se pueden sexar después de nacidas (un caso similar al de Punnett, ver sección 2.2). Según el autor de la nota, esto permitiría identificar a los gallos a temprana edad, los cuales son costosos en términos de alimentación y espacio en la granja (Anónimo 1933).

Aparentemente, el abuelo de Luginbuhl fue un granjero que llegó a Estados Unidos en 1904 (Trueb 2014); por lo que él pudo haber tenido contacto con las actividades agrícolas desde joven. De una u otra forma, la Universidad de Connecticut (UConn) fue un espacio adecuado para que Roy E. Luginbuhl se involucrara en las ciencias avícolas. En 1923, UConn estableció un “Departamento de Enfermedades Animales”, como parte de su Colegio de Agricultura. El primer jefe de departamento fue Edwin L. Jungherr, un patólogo veterinario nacido en Austria, quien colaboraría con Luginbuhl en varios proyectos (Department of Pathology and Veterinary Science 2015). Como muchas otras instituciones similares, este departamento y sus investigadores eran financiados por instituciones públicas y privadas. Por ejemplo, “Yantic”, una compañía de granos de Norwich, Connecticut, financió la instalación de un laboratorio de nutrición animal y aviar (Anónimo 1941).

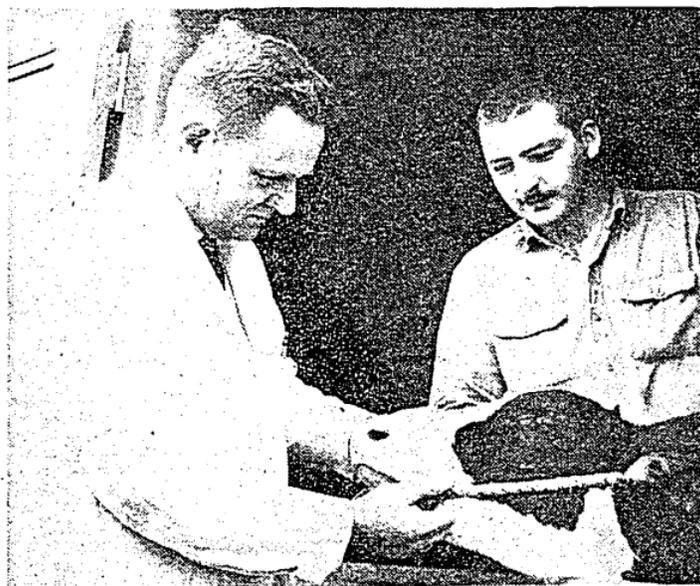
En 1947, después de participar en la Segunda Guerra Mundial, Luginbuhl recibió su grado de “Bachelor of Science” en bacteriología y en 1952 el de “Master of Science” en tecnología veterinaria (Anónimo 1955b, Anónimo 2000b). En agosto de 1952, la Universidad de Connecticut organizó la reunión número 41 de la “Poultry Science Association” (PSA). El Hartford Courant reportó que se esperaba la asistencia de 700 investigadores y sus familias. Durante el primer día se registraron delegados de Estados Unidos, Canadá, Irak, Egipto, Alemania y España. La PSA incluía

investigadores avícolas, educadores y agentes de servicios de extensión, y las charlas se enfocaron en aspectos técnicos y científicos sobre los proyectos de investigación aviar. Uno de los ponentes fue E. L. R. Stokstad, quien presentó los resultados de sus investigaciones sobre el efecto de crecimiento relacionado con la aureomicina en los pollos (ver sección 3.2) (Anónimo 1952a, 1952b, 1952c).

En 1953, después de publicar algunos artículos científicos junto con Jungherr y Lawrence Kilham (de la Universidad de Harvard), Luginbuhl fue uno de los tres ponentes en otro evento organizado por la UConn: “The Poultry Day”. Este evento, celebrado el 20 de julio, estaba dirigido a los avicultores de Connecticut y sus familias. El programa del evento se enfocaba en los problemas de salud en aves de corral –aunque uno de los ponentes de los servicios de extensión dio una plática sobre los métodos de alojamiento para aves. Durante la tarde, el programa incluía una parrillada de pollo, una reunión de negocios de la “Poultry Association of Connecticut” y una visita a puertas abiertas en la granja de aves de corral de la universidad (Anónimo 1953). Como se señaló previamente, este tipo de actividades eran comunes en eventos de este tipo, y permitían a las instituciones agrícolas estrechar sus lazos con los granjeros (ver sección 3.1).

Además de los días de puertas abiertas, el Departamento de Ciencias Avícolas de la universidad llevó a cabo concursos de puesta en la Estación Experimental de Storrs, en los cuales participaban los criadores locales. Los concursos eran evaluados por investigadores de este departamento, quienes los utilizaban para obtener datos e información valiosa sobre la producción anual de huevo y otros aspectos importantes para la industria. Adicionalmente, el uso de grupos control y experimentales en las competiciones permitía a los investigadores estudiar los efectos del manejo adecuado y la nutrición de las parvadas (Anónimo 1955a). En este sentido, se llevaba a cabo también investigación sobre los alimentos especiales para las aves de corral (Anónimo 1959a).

A medida que se expandió la Universidad, su departamento de ciencias aviares también lo hizo. La “Connecticut State Bond Commission” aprobó en 1957 la construcción de un nuevo edificio con un costo de un millón de dólares para el departamento, junto con nuevos edificios para ingeniería y artes y un nuevo dormitorio (Anónimo 1957). En 1959 se inauguró el nuevo edificio (antes de comenzar actividades oficiales) durante otra jornada a puertas abiertas y de inspección por parte de avicultores y representantes de la industria. De acuerdo con un reporte de “The Hartford



VIROLOGIST Dr. Roy Luginbuhl (left) and Charles Short, manager of the Isolation Farm for Animal Diseases, check calf used in a UConn test project.

Figura 5 Roy E. Luginbuhl inspecciona un becerro en la Universidad de Connecticut. Imagen de “The Hartford Courant” (Birmingham 1959).

Courant”, el nuevo edificio incluía laboratorios de nutrición, cuartos con control ambiental para investigación fisiológica y genética, un laboratorio de productos avícolas y un laboratorio de microbiología, entre otros (Anónimo 1959b).

De acuerdo con los reportes de la prensa, el departamento buscaba constantemente establecer vínculos con otras áreas de la industria agrícola. Como los casos mencionados en la sección 3.2, la investigación llevada a cabo tenía enfoques teóricos y aplicados. En este contexto, Luginbuhl fue un investigador particularmente prolífico.

3.3.2 La carrera de Luginbuhl

Antes de comenzar su investigación doctoral, Roy E. Luginbuhl había publicado ya varios artículos sobre enfermedades aviares. En 1949, publicó un par de ellos acerca del virus de la enfermedad de Newcastle: un método que permitía el diagnóstico de la enfermedad en aves y humanos (Luginbuhl y Jungherr 1949) y un estudio serológico comparativo entre este virus y las paperas (Jungherr, Luginbuhl y Kilham 1949). En 1953, junto con Jungherr y Charles Helmboldt, Luginbuhl identificó a los faisanes como especies indicadoras de la encefalomiелitis equina; y en 1954, con Jungherr y Mark Tourtellotte, caracterizó microbiológica, serológica e histológicamente las infecciones por *Mycoplasma* en las aves de corral (Department of Pathology and Veterinary Science 2015). Este tipo de investigaciones (en virología y serología) serían distintivas de su carrera.

En 1955, ya como profesor asistente y supervisor de una unidad de virus en el Departamento de Enfermedades Animales en Connecticut, Luginbuhl recibió apoyo de los “National Institutes of Health” (NIH) para realizar investigación pre-doctoral en la Universidad de Yale (Anónimo 1955b, Anónimo 2000b). Tres años después, fue nombrado “profesor asociado” al departamento (Anónimo 1958a); al mismo tiempo, Edwin P. Singsen, jefe del departamento de Ciencias Avícolas impartía cursos a investigadores de la República Federal Alemana sobre la producción de carne de pollo (Anónimo 1958b), una actividad que Luginbuhl realizaría posteriormente.

Luginbuhl obtuvo su doctorado en Salud Pública y Virología en junio de 1959 (Anónimo 1959a, Anónimo 2000b). Durante el mismo mes, la Universidad de Connecticut anunció que él recibiría una beca de 10,000 dólares para investigar la laringotraqueitis infecciosa en los pollos, otorgada por los “Laboratorios del Dr. Salsbury”, en Iowa (Anónimo 1959b). Estos laboratorios fueron

establecidos por Joseph Salisbury, quien (como se indicó previamente) daba cursos a los agricultores sobre la salud animal desde la década de 1930 (ver sección 3.1).

El 28 de junio de ese año, Luginbuhl viajó a Alemania Occidental para participar como asesor para la compañía “Lohmann Tierzucht GmbH”, dedicada a la producción de huevo y localizada en Cuxhaven (cerca de Hamburgo). Durante las siguientes tres semanas, Luginbuhl asesoró a dicha empresa para establecer un laboratorio para diagnósticos y un programa de control de enfermedades aviares. Como mencioné anteriormente, esta no fue la primera vez que un investigador de Connecticut asesoró a los investigadores alemanes; de acuerdo con “The Hartford Courant”, tampoco fue la primera vez que Luginbuhl viajó a Alemania para trabajar en asuntos parecidos (Anónimo 1959c). No obstante, la asesoría a Lohmann marca un punto importante en su carrera, pues sería el inicio de la colaboración con los veterinarios de la empresa: H. Landgraf, Egon Vielitz y R. Kirsch; lo cual resultaría en el establecimiento de aves “libres de patógenos” en Alemania durante la década de 1960 (Vielitz 2008).

Luginbuhl también viajó a India, otros países de Europa, Kenia y Uganda en febrero de 1963, gracias a una beca de 4,900 dólares que le otorgó la Fundación Rockefeller para apoyar “*sus observaciones sobre la investigación actual en virología en instituciones veterinarias*” en dichos lugares (Anónimo 1962, Anónimo 2000b). Para llevar a cabo este proyecto tomó un semestre sabático, durante el cual evaluó y asesoró los planes de estudio de distintas escuelas y colegios veterinarios, así como a laboratorios de virología de “todas las naciones europeas”, India, Kenia y Uganda (Holdridge 1963).

La investigación de Luginbuhl sobre virus humanos y del ganado, llevada a cabo en UConn, también recibió apoyo internacional del Instituto de Alergia y Enfermedades Infecciosas de los Servicios de Salud Pública de Estados Unidos, el cual le otorgó 35,940 dólares (Anónimo 1963). Su

investigación sobre los efectos de la enfermedad de Marek, publicada en “Nature” y en la revista de investigación agrícola “Avian Diseases”, fue financiada por el USDA durante dos años con 44,934 dólares (Holridge 1967). A lo largo de su carrera, también recibió financiamiento de compañías farmacéuticas como Pfizer (entonces “Charles Pfizer”), para investigar la encefalomiélitis aviar; instituciones de investigación asociadas con farmacéuticas, como el Instituto de Investigación Sterling-Winthrop; y asociaciones agrícolas como la “Central Connecticut Cooperative Farmer Association”, para estudiar la laringotraqueítis (Board of Trustees, University of Connecticut 1965).

Publicó más de 100 artículos científicos como autor o coautor (Anónimo 2000b) en revistas de investigación aviar y de investigación básica (por ejemplo, “Nature”, “Science”, “Proceedings of the National Academy of Sciences”). En este sentido, Luginbuhl fue un personaje ecléctico que además fue miembro de diversas asociaciones científicas, médicas y veterinarias, como la “American Association for the Advancement of Science”, la “American Association of Avian Pathologists”, la “International Association for Comparative Research on Leukemia and Related Diseases” y la “World Veterinary Poultry Association”.

3.3.3 Las aves libres de patógenos específicos (LPE)

El contexto y carrera académica de Luginbuhl serían cruciales para llevar a cabo el establecimiento de una parvada de pollos libres de patógenos específicos (LPE) en la Universidad de Connecticut. El desarrollo de este proyecto muestra que las técnicas de la avicultura industrial y sus intereses en las enfermedades aviares permitirían la estandarización de *Gallus gallus* con base en características inmunológicas, lo cual tendría como objetivo impulsar su uso como un organismo experimental en el área.

Como mencioné en la introducción de este trabajo, S. Archie Holdridge (1963), periodista de “The Hartford Courant”, publicó en febrero de 1963 en su columna “Connecticut Farm News” que el Instituto Nacional del Cáncer había otorgado una beca de 24,400 dólares al Departamento de Enfermedades Animales para establecer una parvada de pollos *Leghorn* blancos LPE. Luginbuhl dirigió este proyecto y afirmó que el departamento buscaba explorar la posibilidad de utilizar a *Gallus gallus* como “un animal modelo” para la experimentación relacionada con el cáncer en humanos. Además, declaró que hasta ese entonces los investigadores habían experimentado dificultades para encontrar un animal que no estuviera expuesto previamente a organismos causantes de enfermedades. Por esta razón, Holdridge apuntó en su columna:

Si las pruebas de la UofC son exitosas, el Dr. Luginbuhl afirma que las aves serán utilizadas como una parvada fundacional para producir pollos jóvenes para experimentos sobre el cáncer (Holdridge 1963).

Luginbuhl no fue el primero en utilizar a *Gallus gallus* como organismo experimental en la virología. En un artículo presentado en el “10° Congreso Internacional para la Estandarización Microbiológica”, Luginbuhl cita los experimentos de Rous y Murphy, llevados a cabo en 1911, y en donde se utilizaron pollos para estudiar un tipo de sarcoma (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969). No obstante, de acuerdo con Luginbuhl y sus colegas, el problema al que ellos se enfrentaban era que, durante la década de 1940, algunos investigadores usaron embriones de pollo para cuestiones virológicas sin tomar en cuenta que las enfermedades se podían transmitir de madres a hijos (Luginbuhl 2000). Una década después, varios investigadores reportaron la presencia de microorganismos y virus, como la salmonela o el agente causal de la enfermedad de Newcastle, en huevos de gallina (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

Los embriones no eran utilizados exclusivamente para investigar cómo se desarrollaban las enfermedades. Uno de sus usos más comunes fue (y es) la manufactura de vacunas; por ejemplo, en ese entonces los embriones se utilizaban para producir las vacunas contra el tifus o la fiebre amarilla (Plotkin 2011). Estas últimas habían sido administradas a personal militar estadounidense durante la década de 1940 y, posteriormente, se había reportado que las vacunas estaban contaminadas con leucosis aviar (Luginbuhl 2000). Un problema asociado a este hallazgo (señalado por Luginbuhl y sus colaboradores) fue que la investigación previa había mostrado que los virus que causan tumores en las aves podían inducir neoplasmas en los mamíferos, incluidos los primates (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

Otro problema de corte técnico (sin riesgo directo para la salud humana) era que la presencia de anticuerpos en la yema de huevo podía crear problemas para obtener una concentración adecuada de virus para manufacturar las vacunas. Esto es, cuando los investigadores vacunaban a las aves, sus pollitos generaban anticuerpos que podían interferir con la cantidad requerida de virus para una vacuna. Por tanto, Luginbuhl y su equipo enfatizaron que, para establecer su parvada Libre de Patógenos Específicos (LPE), era necesario utilizar metodologías en las que no se administraran vacunas a sus sujetos experimentales (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

Luginbuhl y sus colaboradores (R. Holdenried y R. E. Stevenson) presentaron los resultados del establecimiento de su parvada LPE en Praga en 1967, durante un congreso internacional sobre estandarización microbiológica. Este evento era organizado periódicamente por la “International Association of Microbiological Societies” (IAMS) y su “Permanent Section of Microbiological

Standardization” (PSMS), la cual dependía en última instancia de la Organización Mundial de la Salud y de la UNESCO (Regamey, y otros 1969).⁸⁰

De manera relevante, los métodos empleados para establecer la parvada LPE combinaban técnicas de la agricultura industrial con procedimientos inmunológicos para detectar enfermedades. Esto tiene una razón muy clara: como Luginbuhl y su equipo evitaban el uso de vacunas, el manejo de los lugares donde habitaba la parvada fue crucial. Cada etapa en el proceso fue llevada a cabo en el Departamento de Enfermedades Animales de UConn, particularmente en su “Granja de Aislamiento” (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

El equipo utilizó tres distintos métodos de alojamiento (Figura 6): una casa de metal con sistemas de calefacción y ventilación separados para cada una de sus cuatro habitaciones, las cuales tenían un cuarto de entrada individual; un gallinero convencional con seis jaulas, cada una separada por alambre con una partición de 1.2 metros de triplay; y 10 casas *brooder-type* de 2.4 x 2.4m, separadas por 15 metros en un campo abierto. Las ventanas estaban protegidas contra la entrada de aves silvestres y el equipo buscó evitar la entrada de roedores (que podían transmitir salmonela) (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

De igual forma, se previno que personas no autorizadas entraran a la granja o al laboratorio (p.ej. los repartidores de comida). Los pollos fueron completamente criados dentro de las instalaciones y durante el experimento el equipo nunca usó aves de otras parvadas. Además, su comida fue fumigada con formaldehído y dicromato de potasio (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

⁸⁰ La IAMS dependía de las Naciones Unidas (ONU), vía la OMS y la UNESCO y el Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU), al cual respondía la Unión Internacional de Ciencias Biológicas (IUBS). La IAMS dependía directamente de la IUBS y bajo este marco fue establecida la PSMS, la cual tenía el objetivo de “promover la creación e introducción de técnicas de estandarización y apoyar los esfuerzos realizados por la OMS en el estudio, introducción y aplicación de los Estándares Biológicos Internacionales y las Preparaciones de Referencia Biológicas Internacionales.” La PSMS estaba constituida por instituciones de gobierno, manufactureras e investigadores interesados en los problemas del control serológico, las vacunas y otros productos inmunológicos (Regamey, y otros 1969).

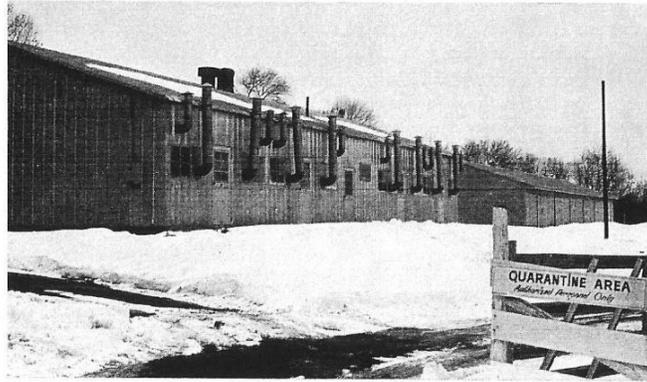


Fig. 1. A metal house with separate heating and ventilating systems.

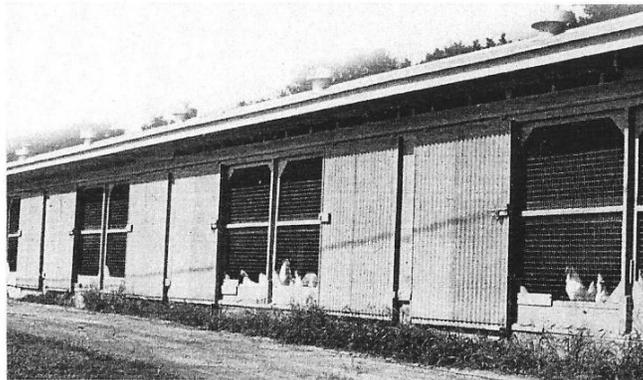


Fig. 2. Conventional poultry house with 6 pens.

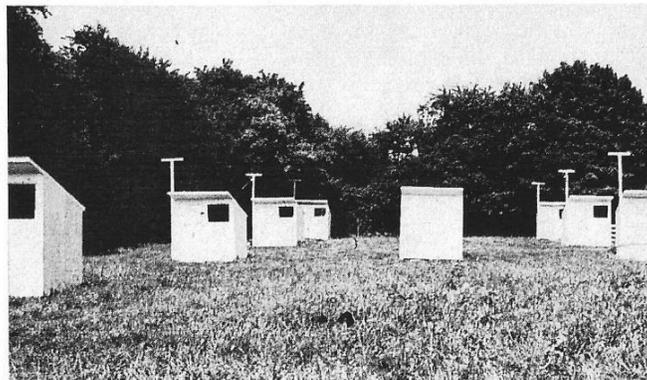


Fig. 3. Brooder-type houses on skids.

Figura 6 Distintos métodos de alojamiento para las aves LPE, utilizados por Luginbuhl y su equipo. Imágenes de Luginbuhl et al (1969).

El equipo de trabajo realizó exámenes histológicos y muestras de suero regularmente con herramientas de diagnóstico. El uso de “nidos trampa” (ver anexo A2) permitía identificar a qué gallina pertenecía cada huevo y cada embrión, los cuales se analizaban usando protocolos como

RIF y COFAL.⁸¹ En total, se llevaron a cabo análisis para diez distintas enfermedades y sus agentes causales: enfermedad de Newcastle, bronquitis infecciosa, encefalomiелitis aviar, Adenovirus aviares, *Mycoplasma gallisepticum*, *Salmonella pullorum*, varicela aviar (*fowl pox*), laringotraqueitis infecciosa, leucosis linfoide y enfermedad de Marek. Igualmente, se realizaron necropsias a aves muertas, las cuales se analizaban para identificar si las causas de muerte estaban relacionadas con patógenos (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

Aunque, como se mencionó, Luginbuhl recibió financiamiento del Instituto Nacional del Cáncer en 1963, su departamento había adquirido huevos libres de *Mycoplasma gallisepticum* desde 1958, provenientes de una cepa de *Leghorn* blanco de las granjas Mount Hope. A partir de entonces, Luginbuhl y sus colaboradores aislaron la parvada original y revisaron regularmente la presencia de virus o enfermedades en ella; por ejemplo, la presencia de leucosis aviar y la enfermedad de Marek se revisó anualmente. La parvada no recibió vacunas, pero en las primeras ocho semanas de vida se administró medicación anti-coccidiosis. Los descendientes de la primera parvada estaban libres de leucosis y se mudaron a jaulas pequeñas durante el resto de su vida; posteriormente, serían utilizados como la parvada parental para la siguiente generación (Luginbuhl, Holdenried y Stevenson 1969).

Luginbuhl y su equipo reportaron en Praga que la parvada se mantuvo libre de patógenos de manera constante durante los cinco años del proyecto. También detallaron la manera en que seleccionaron distintas generaciones de aves las cuales resultaron finalmente en la “Parvada No.17”, que estaba compuesta por 294 aves nacidas entre agosto y septiembre de 1966. Dicha parvada era negativa para la leucosis y el virus de sarcoma de Rous, además de que había

⁸¹ RIF (“resistance-inducing factor”) es utilizado para detectar el virus de la leucosis aviar. Se puede combinar con COFAL (“complement fixation test for avian leukosis”) que detecta su antígeno grupo-específico (Luginbuhl 2000).

alcanzado una incidencia de “0.0%” de la enfermedad de Marek (Luginbuhl, Holdenried and Stevenson 1969).

En resumen, la combinación de métodos de aislamiento, característicos de la industria avícola, con pruebas inmunológicas, en las cuales Luginbuhl había trabajado previamente en su carrera, muestran una forma de trabajo distintiva de las ciencias avícolas, las cuales abordaban las cuestiones biológicas con herramientas y técnicas provenientes de la agricultura.⁸² De esta manera, la estandarización de la Parvada No. 17 muestra cómo las perspectivas de la investigación agrícola permitieron configurar materialmente a *Gallus gallus* como un organismo experimental para estudios sobre el cáncer y como una tecnología adecuada para la producción de vacunas.

3.3.4 SPAFAS: “Specific Pathogen Free Avian Supply”

Las aves libres de patógenos específicos se llaman de esa forma porque, de acuerdo con pruebas inmunológicas realizadas regularmente, carecen de ciertos patógenos determinados. Esto quiere decir que las parvadas no están libres de toda enfermedad, microorganismo o virus. Como se muestra en la parvada de Luginbuhl, para establecer este tipo de parvadas los pollos son monitoreados rutinariamente para un grupo delimitado de patógenos y las compañías y laboratorios que las producen certifican que sus aves son negativas para las enfermedades relacionadas (Vielitz 2008). El propio Luginbuhl, con base en el trabajo llevado a cabo con la Parvada No. 17, establecería una empresa que se dedicaría a la producción de aves LPE y a asesorar y certificar otras compañías similares.

⁸² Curiosamente, investigadores que buscaron producir organismos transgénicos de *Gallus gallus* para la investigación biomédica durante la primera década del siglo XXI, advertían que uno de los requerimientos para que sus proyectos fueran exitosos era contar con instalaciones adecuadas para alojar a los pollos adultos (Chapman, et al. 2005). Esto no era un problema para los investigadores avícolas, quienes tenían acceso a las estaciones experimentales y las granjas.

Como Luginbuhl asegura en un artículo de revisión sobre el surgimiento de las compañías de LPE, su equipo no fue el primero en sugerir que estas aves podían ser utilizadas para manufacturar vacunas. Muchas instituciones e investigadores particulares habían establecido cepas LPE desde 1930 y, en 1955, este proyecto se volvió relevante en la UConn, ya que ciertos investigadores realizaban estudios sobre la encefalomiелitis, en los cuales Luginbuhl y Jungherr estuvieron involucrados. De acuerdo con Luginbuhl, la razón del interés por utilizar aves LPE fue que, al intentar cultivar virus para esta enfermedad en embriones de pollo, se encontró que los anticuerpos parentales evitaban la producción del virus; por tanto, las aves LPE no sólo deberían estar libres de patógenos, sino también de anticuerpos (Luginbuhl 2000).⁸³ Esto condujo a que el Departamento de Enfermedades Animales adquiriera huevos de Livorno blanco de las granjas Mount Hope en la Universidad de Massachusetts, los cuales fueron incubados y eclosionados en Connecticut.

De acuerdo con Luginbuhl, un evento fortuito lo llevó a involucrarse en la producción comercial de aves libres de patógenos. Ray Davis, quien tenía un negocio de incubación de huevos en Connecticut, vendía aves jóvenes a agricultores que les inyectaban dietilestilbestrol (DES) (Luginbuhl 2000). El DES es un estrógeno sintético que, en la década de 1940, se recetaba a mujeres embarazadas con el fin de prevenir abortos espontáneos y se administraba a aves de corral para aumentar su tasa de crecimiento (Taboada 1981). Aunque desde esa década se había reportado que el DES tenía efectos carcinogénicos en humanos y ratones, el dietilestilbestrol fue aprobado para el uso en ganado en 1954 (Taboada 1981). Fue hasta 1971 que un artículo

⁸³ Desde 1963 (cuando Luginbuhl recibió el financiamiento del Instituto Nacional del Cáncer), los investigadores de Connecticut también se enfocaron en estudiar la leucosis aviar, una enfermedad viral para la cual no existían métodos de detección en aves de corral jóvenes. Tiempo después, la prueba RIF, desarrollada por Harry Rubin, virólogo de UC Berkeley, se volvería crucial para detectar esta enfermedad y el propio Rubin colaboraría con Walter Hughes en el establecimiento de una parvada LPE para Kimber Farms (Luginbuhl 2000). Esto muestra que el establecimiento de este tipo de parvadas era una cuestión extendida en la época y en el contexto de la investigación avícola.

publicado en la “New England Journal of Medicine” reportó la correlación entre el DES y adenocarcinomas de cuello uterino y vagina, y se prohibió su uso médico en Estados Unidos (Gandhi y Snedeker 2003, National Cancer Institute 2011).

La controversia con el DES hizo que Davis se quedara sin clientes, por lo que se acercó al departamento de investigación de Luginbuhl para tratar de reactivar su negocio en 1960. Este último narra que en una reunión con Davis “se sugirió” que podría haber cierta demanda por la producción comercial de aves LPE para la manufactura de vacunas y la investigación en virología. Davis accedió a financiar el proyecto y utilizar su infraestructura de incubación con este fin, con la condición de que Luginbuhl lo asesorara profesionalmente. De esta forma, Davis y Luginbuhl establecieron la empresa “SPAFAS” (“Specific Pathogen Free Avian Supply”) en Norwich, Connecticut (Luginbuhl 2000, Vielitz 2008).

Aunque Luginbuhl no reporta la existencia de esta empresa en el breve reporte publicado en las memorias del congreso de Praga, SPAFAS fue fundada antes de que Luginbuhl asistiera a dicho evento en 1967 (y antes de la prohibición oficial del DES en 1971). Sin embargo, la parvada LPE de SPAFAS estaba relacionada con el proyecto de la Universidad de Connecticut. Por un lado, Luginbuhl afirma que obtuvo permiso de la universidad para asociarse con Davis y, por el otro, una cantidad de huevos LPE del Departamento de Enfermedades Animales fueron vendidos a la recién constituida compañía para establecer la propia parvada de SPAFAS (Luginbuhl 2000).

De manera similar a la parvada de la UConn, la parvada de SPAFAS se mantuvo bajo protocolos de seguridad rigurosos y sin vacunación. El monitoreo de enfermedades en esta empresa incluyó pruebas similares a aquellas que se reportaron en el congreso de Praga: La parvada fue monitoreada para enfermedad de Newcastle, bronquitis infecciosa, adenovirus, *Mycoplasma gallisepticum* y *Salmonella pullorum*. Igualmente, no mostró signos de viruela aviar o de

laringotraqueitis; aunque se reporta que produjo anticuerpos para encefalomielitis aviar. La prueba RIF para la leucosis se comenzó a aplicar desde 1962 (Luginbuhl 2000), posiblemente de manera simultánea a su aplicación en la parvada de la universidad.

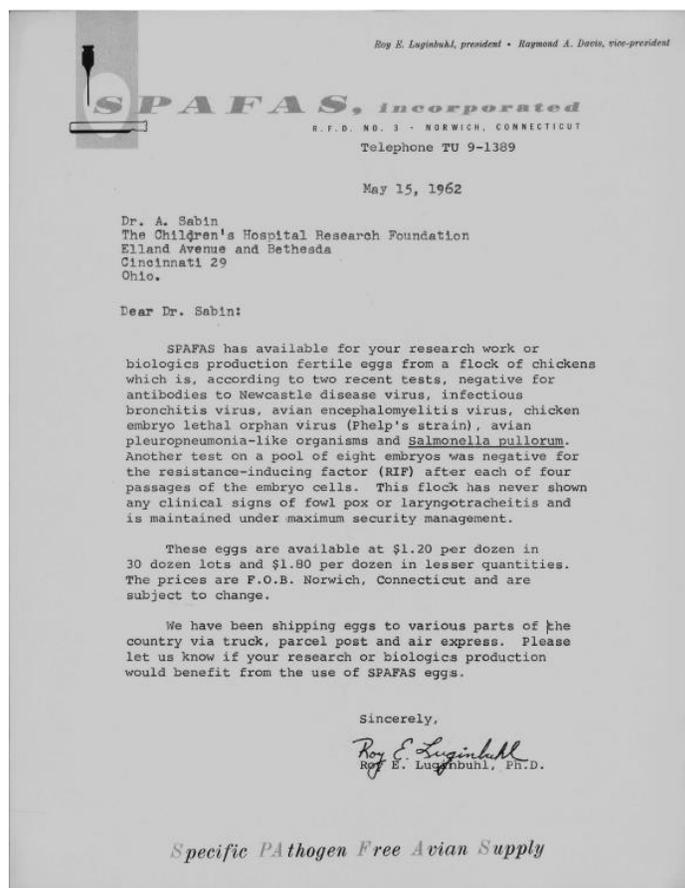


Figura 7 Carta enviada por Luginbuhl al Dr. A. Sabin de "The Children's Hospital Research Foundation in Cincinnati, Ohio".

SPAFAS vendió sus primeros huevos en 1961 (Luginbuhl 2000). Luginbuhl, como presidente de la compañía, promovió los huevos LPE a investigadores en instituciones de salud como "The Children's Hospital Research Foundation" en Cincinnati. En una carta fechada 15 de mayo de 1962, Luginbuhl enfatiza las cualidades de los productos de su empresa y los pone a disposición del destinatario. La docena de huevos LPE costaba 1.20 dólares, si se compraba al menos un lote de treinta docenas, o 1.80 dólares por docena en menores cantidades. En la carta, Luginbuhl también

señala que los huevos pueden ser enviados por camión, servicio de paquetería o correo aéreo (Figura 7) (Luginbuhl 1962).

En 1963, Lohmann, la compañía alemana que Luginbuhl había visitado previamente, comenzó a producir y criar parvadas en aislamiento bajo su asesoría. Estas parvadas fueron monitoreadas con técnicas inmunológicas similares y en 1965 Lohmann importó parvadas de SPAFAS (Vielitz 2008). Aunque dichas aves se sustituyeron después por la cepa “HNL” de *Leghorn* blanco, la compañía de Luginbuhl y Davis siguió encargada de los análisis de sangre a los pollos de Lohmann, mientras que las pruebas serológicas las realizó la empresa alemana (Luginbuhl 2000).⁸⁴

Al igual que con la Parvada No. 17, durante los años en los que la compañía Lohmann se fue estableciendo, los sistemas de ventilación y aislamiento fueron mejorados constantemente (Vielitz 2008). Adicionalmente, se aplicaron protocolos para identificar enfermedades aviares de manera regular y su número se incrementó constantemente. Por ejemplo, mientras que en 1965 sólo se incluían pruebas para 8 enfermedades, en 2000 se analizaban 31 (Luginbuhl 2000).

Lohmann continuó sus operaciones bajo la licencia de SPAFAS hasta 1976, cuando la compañía de Luginbuhl y Davis fue vendida a “Hubbard Farms”, subsidiaria de la farmacéutica Merck. Luginbuhl se retiró de la universidad en 1975, pero continuó en la dirección de SPAFAS hasta 1988. En 1983, unos años antes, las empresas de huevos LPE se expandieron también a Brasil, con la “Granja Rezende”; a México, con “Aves Libres de Patógenos Específicos, S.A. de C.V.” (ALPES) en Tehuacán, Puebla; y a India, con “Western Hatcheries”. Todas estas empresas mantuvieron vínculos con SPAFAS (Luginbuhl 2000).

⁸⁴ El mismo año, Lohmann estableció su nombre de marca: “Vakzine Lohmann” or “VALO” (Vielitz 2008).

3.4 Conclusiones: Ciencias agrícolas, estandarización y organismos experimentales

Los casos abordados en este capítulo muestran que *Gallus gallus* se convirtió en una especie importante para la inmunología, disciplina que, a su vez, era de interés para la investigación biológica y agrícola. Este capítulo muestra que, en el contexto de las ciencias agrícolas, se establecieron variedades de pollo doméstico relevantes para la investigación “aplicada” y “básica”; y no solamente variedades para la producción de huevo y carne. Esto destaca una vez más la importancia de la producción avícola para la estandarización de *Gallus gallus* como un organismo modelo.

Por otro lado, Luginbuhl es un ejemplo de la diversidad de personajes asociados a las ciencias agrícolas, los cuales actuaban en la intersección entre la agricultura, la investigación biológica y la industria, de las cuales obtenían los recursos financieros y tecnológicos para llevar a cabo sus proyectos.⁸⁵ En este sentido, se podría decir que el interés principal de Luginbuhl durante su carrera fue el estudio de enfermedades aviarias, pero también se ocupó del desarrollo de protocolos y pruebas médicas y, posteriormente, del establecimiento de cepas estandarizadas de *Gallus gallus*. Asimismo, este investigador pertenecía a asociaciones agrícolas, médicas y de investigación básica. Estos vínculos se manifiestan en su parvada de aves LPE, la cual fue financiada por el Instituto Nacional del Cáncer y, después, reutilizada con fines comerciales en una empresa que él mismo fundó.

Me interesa destacar que el trabajo de Luginbuhl es una “estandarización inmunológica”, pues estuvo enfocado en establecer poblaciones de aves con características inmunológicas concretas; esto es, sin patógenos específicos. Evidentemente, la raza Livorno y su variedad de color blanco habían sido estandarizadas por los criadores de exhibición y los agricultores previamente, pero la estandarización llevada a cabo por Luginbuhl tuvo objetivos distintos y generó resultados

⁸⁵ Esto es un aspecto característico de la investigación agrícola (Harwood, 2005).

diferentes a las mostradas en el capítulo anterior y en el apartado 3.1.2. Dos cuestiones hacen distintivo a los objetivos de la producción de aves LPE: (1) la homogeneización de las características inmunológicas de *Gallus gallus*; y (2) la finalidad promover el uso del pollo doméstico como organismo para la investigación básica y aplicada.

Sin embargo, existe continuidad con los distintos enfoques previos. Particularmente, las características que los criadores agrícolas promovieron y establecieron para sus variedades resultaron útiles para el trabajo de Luginbuhl; por ejemplo, la capacidad de puesta de los *Leghorn* (ver secciones 2.3 y 3.1.2) aseguraba tener un suministro constante de aves LPE. Más aun, las tecnologías empleadas en la agricultura y desarrolladas a través de las ciencias agrícolas también fueron reutilizadas; por ejemplo, los métodos de alojamiento y aislamiento para prevenir la transmisión de enfermedades (ver sección 3.2).

Con respecto a este último punto, este caso de estandarización inmunológica muestra marcadamente que los estándares de diseño no son los únicos que resultaron relevantes para configurar físicamente a *Gallus gallus*. En las ciencias agrícolas la relación de este tipo de estándares con estándares relacionados con el desempeño y con la estandarización de procedimientos es clave para obtener las parvadas deseadas. Los primeros se muestran en las tasas de conversión de alimento y las mediciones llevadas a cabo por los investigadores agrícolas que buscaban una mayor productividad. Por otra parte, el aislamiento de las parvadas es uno de los aspectos que más se destacan a lo largo de este capítulo, pues la realización de procedimientos meticulosos en estos ambientes es clave para evitar el contagio de enfermedades de las aves LPE.

Como he señalado, la estandarización inmunológica puede ser entendida como un episodio en la estandarización del pollo doméstico, y ésta puede ser situada en la historia de la domesticación de

esta ave.⁸⁶ Un aspecto distintivo de dicho episodio es que trajo consigo el surgimiento de compañías especializadas en la estandarización inmunológica como SPAFAS, las cuales desempeñarían prácticas asociadas a la estandarización: la revisión constante de las aves a través de pruebas (en este caso inmunológicas) y su certificación como objetos que cumplen criterios establecidos. Estas dos cuestiones aseguran que las aves LPE sean un buen material de laboratorio para la inmunología y la virología, aunque en la actualidad su uso se ha expandido a otras áreas de investigación como la biología del desarrollo.

Como señala Kirk (2012), los organismos libres de patógenos específicos fueron desarrollados después de que los animales “libres de gérmenes” (esto es, libres de todo patógeno) resultaran poco exitosos. Estos últimos fueron introducidos a las ciencias biológicas por J. Reyniers, quien los promovía como una herramienta ideal para estudiar a los microbios en organismos “bacteriológicamente en blanco”. No obstante, al carecer de cualquier tipo de microorganismo, el desarrollo de estos animales resultaba dramáticamente distinto al de aquellos que naturalmente cuentan con patógenos. Este hecho, aunado a que Reyniers era renuente a compartir sus protocolos y técnicas de producción, hicieron que los animales “libres de gérmenes” fueran poco útiles como organismos experimentales.

De acuerdo con Kirk, cuando las tecnologías para hacer a estos últimos estuvieron disponibles, los animales “libres de patógenos específicos” se volvieron exitosos pues *“representaban un estándar que podía ser reconfigurado para ajustarse a agendas de investigación locales, al mismo tiempo que permanecían altamente definidos y capaces de representar significativamente a formas de*

⁸⁶ Potts sugiere que existen tres distintas etapas en la domesticación del pollo: (1) la domesticación basada en características físicas relacionadas con el carácter religioso y mágico de esta ave, (2) el surgimiento de variedades regionales de esta ave, (3) las prácticas de cruzamiento selectivo de la crianza de exhibición, y (4) el uso de conocimiento científico y tecnológico para establecer variedades industriales de pollo (Potts, 2012). Las primeras etapas no involucran procesos de estandarización como los mencionados en este trabajo, sin embargo, los capítulos 2 y 3 se relacionan con las dos últimas etapas.

vida 'naturales'” (Kirk 2012). Las parvadas de Luginbuhl caen dentro de esta descripción y fueron adoptadas por diversos investigadores no sólo en Estados Unidos, sino, con la expansión de las redes de colaboración de SPAFAS, a muchos otros países alrededor del mundo.

En resumen, a lo largo de este capítulo he destacado que: (1) la industrialización de la agricultura condujo a una serie de modificaciones en la manera en que las aves habitaban en las granjas; (2) esto condujo a un creciente interés por la “investigación agrícola”, la cual dio origen a tecnologías, procedimientos y aplicaciones que se implementaron en las granjas; (3) un enfoque dentro de esta investigación fue investigar los agentes causales de las enfermedades; (4) *Gallus gallus* se convirtió en un organismo experimental para la investigación de este último tipo y para la inmunología en general a través de su estandarización por personajes como Roy E. Luginbuhl; y (5) Luginbuhl promovería a *Gallus gallus* como un organismo experimental a través de una empresa fundada por él mismo y con base en sus conocimientos y relaciones en las ciencias agrícolas.

Este último punto es de interés para concluir este capítulo. El caso de Luginbuhl muestra que el conocimiento conjunto de la industria avícola y sus problemáticas, y de los problemas relevantes de la inmunología guiaron la estandarización de una nueva variedad de *Gallus gallus*. Pero además, de manera relevante, esto abrió el camino para la producción comercial de estas aves, a través de su contacto con personajes de la agricultura como Davis. Luginbuhl, como los genetistas mencionados en el capítulo anterior, tuvo un enfoque dual entre la investigación “básica” y “aplicada”; pero adicionalmente, buscaba promover al pollo doméstico y comercializar las variedades que él había establecido. Aunque las aves LPE son una de las varias cepas que se utilizan actualmente en la investigación biológica, resultaron cruciales para permitir que *Gallus gallus* cumpliera su papel como un organismo de investigación y, en este sentido, su proyecto de estandarización fue mucho más exitoso.

Capítulo 4: Las variedades de pollo en el genoma de *Gallus gallus*

En la actualidad, *Gallus gallus* es una especie ampliamente utilizada por grupos de investigación de distintas áreas de la biología, en las cuales el pollo doméstico se considera un buen modelo de otros vertebrados. Este supuesto lo comparten biólogos del desarrollo (C. D. Stern 2004), inmunólogos (Davison 2003), y científicos cognitivos (Goldman 2013); los cuales asumen que el conocimiento resultante de la investigación de esta especie puede extrapolarse a otras especies a través del análisis comparativo. Adicionalmente, el uso de *Gallus gallus* en la investigación biológica actual puede incluir el uso de herramientas genómicas que, de acuerdo con algunos investigadores, acentúa su papel como un “organismo modelo” (Burt 2007, Cogburn, et al. 2007).

Este último punto de vista está vinculado al contexto de la secuenciación del genoma humano, dentro del cual los genomas de distintos organismos experimentales fueron secuenciados a finales del siglo XX e inicios del siglo XXI. No obstante, este tipo de proyectos se comenzó a gestar a partir de contextos previos; por esta razón, este capítulo busca destacar que ciertas áreas de investigación que precedieron a los proyectos enfocados en la genómica de *Gallus gallus* resultaron de relevancia para establecer a esta ave como un organismo modelo dentro de la biología genómica. Particularmente, estas áreas dieron origen a comunidades de investigadores e infraestructuras de utilidad para la genómica y a proyectos de estandarización que configurarían materialmente a esta ave una vez más.

Más aun, en el contexto de estos desarrollos, el pollo doméstico se considera tanto un buen modelo de las aves y otros vertebrados, como un animal de importancia agrícola. Bajo esta perspectiva, las herramientas genómicas establecidas y la investigación relacionada con ellas se consideran como útiles para “reforzar” (Burt 2007) o “alcanzar” (Cogburn, et al. 2007) cierto carácter representacional de *Gallus gallus* como modelo de otras especies incluidas la humana.

Por otra parte, estas herramientas permitieron establecer áreas de investigación novedosas como la genómica funcional (Cogburn, et al. 2007) y, se asume, tendrían aplicaciones importantes para la agricultura, la medicina y la biología (Burt 2007), lo cual “enriquece” los enfoques experimentales previamente desarrollados (C. D. Stern 2005).

En este contexto, la estandarización material también resulta relevante pues, previamente a la secuenciación genómica, se establecieron variedades de pollo doméstico que serían de importancia para mapear genes y secuenciar el genoma de esta ave. En este capítulo se detalla su establecimiento y uso para la secuenciación genómica, lo cual permite mostrar que dichas variedades son continuas con proyectos previamente discutidos, pues se originaron de razas para producción de huevo y carne, las cuales fueron mantenidas como líneas “libres de patógenos específicos” en contextos de investigación.

Finalmente, se destaca el papel de la “comunidad del pollo”, la cual promovió la secuenciación de su genoma e incluye a un grupo diverso de investigadores. De acuerdo con algunos de los actores involucrados, el proyecto de secuenciación del genoma de *Gallus gallus* permitió reunir a investigadores biomédicos y agrícolas. Ambos grupos están compuestos por una variedad de personajes, que incluyen, por ejemplo, tanto a investigadores farmacéuticos como del ámbito de la producción alimenticia. Efectivamente, las herramientas genómicas de utilidad para conseguir que la secuenciación fuese exitosa fueron desarrolladas en situaciones donde se compaginaban los intereses de estos grupos.⁸⁷

A lo largo de este capítulo me enfocaré en los aspectos mencionados. Primeramente, destacaré la manera en que los investigadores involucrados en la genómica de *Gallus gallus* enfatizaron la

⁸⁷ Esto también se refleja en que las nuevas perspectivas de investigación que se establecieron a partir de la genómica no sólo se enfocaron en comparar a *Gallus gallus* con otras especies de vertebrados, sino que se buscó analizar cuestiones como el origen de las distintas razas de pollo, así como para promover la conservación de los “recursos genéticos” de su especie (Pisenti, et al. 1999).

importancia de esta área para que esta ave “cumpliera” su papel como un organismo modelo. Posteriormente, señalaré la importancia de las herramientas relacionadas con la genómica que fueron establecidas antes de que se llevase a cabo la secuenciación del genoma de esta especie. Por su parte, en la sección 4.3 se detallará este proyecto de secuenciación y la importancia de la comunidad involucrada. Finalmente, destacaré el papel que tuvieron los ejemplares estandarizados que se utilizaron en dicho proyecto.

En conjunto, estos aspectos destacan que *Gallus gallus* fue configurado materialmente una vez más bajo perspectivas novedosas que, sin embargo, abrevan de los proyectos anteriores. En continuidad con los episodios previos, me enfocaré en la estandarización material del pollo doméstico, en particular en las cepas utilizadas en proyectos de mapeo genético y genómico. Aunque no describiré detalladamente la manera en que estas variedades se establecieron, me interesa señalar que los actores involucrados en este episodio priorizaron la homogeneidad a nivel de los rasgos genéticos de *Gallus gallus*.

En resumen, el capítulo detalla que: (1) el pollo doméstico fue promovido como un organismo modelo a partir de la secuenciación de su genoma, (2) la secuenciación tomó como base proyectos de mapeo de genes y cepas de *Gallus gallus* establecidos previamente en contextos de las ciencias avícolas, (3) existe una continuidad entre las cepas de aves mencionadas en este capítulo y las de los anteriores, y (4) aunque el proyecto de secuenciación tuvo como objetivo establecer una secuencia genómica en común, también incluyó proyectos para identificar diferencias a nivel genético de variedades de pollo de interés agrícola.

4.1 *Gallus gallus* como un organismo modelo

Como he detallado previamente (ver secciones 1.4 y 1.5), *Gallus gallus* ha sido una especie relevante para la investigación biológica en varias disciplinas. Un ejemplo notorio de esta cuestión

es que el pollo doméstico ha estado involucrado en el establecimiento de conceptos biológicos de largo alcance en el estudio de la embriología y la biología del desarrollo (p.ej. la formación de patrones, la asimetría, el destino celular) (Needham 1934, C. D. Stern 2005, Tickle 2004, Wolpert 2004).⁸⁸ Por otro lado, los ejemplos abordados en el capítulo anterior (ver capítulo 3) indican que esta ave también ha sido utilizada en la investigación inmunológica, en la cual fue clave para identificar las diferencias funcionales entre las células B y las células T del sistema inmune (Glick 1991, Ribatti, Crivellato y Vacca 2006), identificar virus que causan algunos tipos de cáncer (Morange 2011), y para el desarrollo de vacunas (Davison 2003). Finalmente, esta especie también se considera útil para estudios de comportamiento y cognición, en los cuales se utiliza la “impronta” de los pollitos recién nacidos y se estudian fenómenos como la lateralización del cerebro (Goldman 2013, Matsushima, et al. 2003, Vallortigara 2009).

En estas áreas, los investigadores comparten a menudo la motivación para utilizar al pollo como un “modelo” de otros vertebrados. Es decir, estos biólogos del desarrollo, inmunólogos y científicos cognitivos consideran que el alcance representacional de esta ave se extiende, cuando menos, a especies de tetrápodos (incluidos los mamíferos) y que pueden utilizar a *Gallus gallus* como un “caso índice” para detectar variaciones en otras especies. Esto no es un enfoque reciente, pues en la biología del desarrollo se lleva a cabo al menos desde hace setenta años.

En la actualidad, *Gallus gallus* también ha servido como un nodo en torno al cual se organizan comunidades de investigadores. Éstas han desarrollado diversos recursos para la investigación de esta ave; por ejemplo, bases de datos, sitios web, reuniones regulares y listas de correo, las cuales permiten compartir y comunicar el conocimiento sobre la genética y la genómica del pollo. En este sentido, el pollo doméstico se utiliza de manera similar a otros organismos modelo que fueron

⁸⁸ A pesar de su estatus como una especie “venerable” en la embriología (Hopwood 2011), los investigadores han sentido la necesidad de enfatizar la importancia de *Gallus gallus* en la genética molecular contemporánea (cf. Stern 2005).

secuenciados como parte del Proyecto del Genoma Humano (PGH) y tiene un alcance y un objetivo representacionales distintivos, así como las infraestructuras asociadas a la investigación con organismos modelo (cf. Ankeny & Leonelli 2011).

No obstante, esta serie de cuestiones no deben invisibilizar la importancia de *Gallus gallus* en la investigación agrícola y la agricultura, pues la genómica y sus perspectivas no están desligadas de estos ámbitos. Como se señaló en los capítulos anteriores, en el caso de esta especie hay constantes flujos entre la investigación biológica y agrícola. Esto mismo sucedió en el surgimiento de las herramientas genómicas asociadas al pollo doméstico y en la ulterior secuenciación de su genoma.

En la siguiente sección me enfocaré en el establecimiento de dichas herramientas, las cuales fueron de importancia clave para llevar a cabo la secuenciación del genoma de *Gallus gallus*. El desarrollo de estas herramientas pone de relieve la relevancia de la diversidad de la “comunidad del pollo” y, una vez más, las relaciones entre la agricultura y biología. Como he indicado a lo largo de este trabajo, esto es un rasgo distintivo del pollo doméstico, en comparación con otros organismos modelo, secuenciados en el contexto del PGH.

4.2 La “pre-secuenciación”: El mapeo de los genes de *Gallus gallus*

El mapeo del genoma de *Gallus gallus* y el desarrollo de las herramientas necesarias para obtener su secuencia comenzaron a gestarse mucho antes de que se aceptara su propuesta de secuenciación por el “National Human Genome Research Institute” (NHGRI) en 2003. Desde la década de 1990, los mapas de ligamiento genético habían comenzado a ser desarrollados a través de proyectos llevados a cabo principalmente por investigadores agrícolas que trabajaban en instituciones relacionadas con este tipo de investigación. El trabajo de estos personajes estableció herramientas que se volverían determinantes para obtener la secuencia borrador presentada años

más tarde. Tales herramientas incluyen, entre otras: mapas de ligamiento, bibliotecas BAC y bibliotecas de cDNA, los cuales serán descritos en las siguientes secciones.

4.2.1 Mapas de ligamiento de *Gallus gallus*

Contrariamente al principio mendeliano que señala que los genes se segregan de manera independiente uno de otro, muchos genes se encuentran “ligados”, una situación que resultó de relevancia para desarrollar herramientas que permitían entender la organización de los genes y los cromosomas, como se refleja notoriamente en el trabajo de T. H. Morgan con *Drosophila melanogaster* (Kohler 1994). De manera breve, el trabajo de Morgan y su equipo sustentó la teoría cromosómica de la herencia (esto es, la idea de que los genes se encuentran en los cromosomas) a través de cruza entre distintas variedades de mosca de la fruta que presentaban mutaciones claras y definidas en ciertas características.

Más aun, al rastrear las frecuencias con que aparecen dos características distintas en la descendencia es posible determinar su posición en un cromosoma. Esto es, si las dos características aparecen regularmente en la descendencia y con la misma frecuencia, es muy posible que los genes que producen dichos rasgos se encuentren en secciones cercanas de un cromosoma; es decir, que estén ligados. Así, las cruza entre individuos con rasgos distintos, puede permitir generar un mapa (o “mapear”) los genes en “grupos de ligamiento” específicos (Kohler 1994, 65-71)

Una idea clave detrás de este enfoque es que una característica (relacionada con un gen) puede funcionar como un “marcador”, mientras que las cruza sucesivas permiten establecer localización de genes cuya posición en un cromosoma es desconocida (Cheng 1993). Estos procedimientos permiten a los biólogos inferir la distancia relativa entre genes en un cromosoma, la cual se denota en una unidad de medición llamada “centi-Morgans” (cM).

En el caso del pollo doméstico, mapas de ligamiento “clásicos” fueron desarrollados desde la primera mitad del siglo XX por investigadores soviéticos (Romanov, Sazanov y Smirnov 2004).⁸⁹ Sin embargo, actualmente se utilizan marcadores moleculares y se evalúa cuáles de ellos se encuentran presentes de manera consistente en un fenotipo particular (Adams y Shaw 2008). Dichos marcadores y el desarrollo de “poblaciones de mapeo internacionalmente compartidas” (International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004, Supplementary Discussion), resultaron útiles para definir cuáles serían los mapas de ligamiento estándar que se utilizarían por varios grupos de investigadores interesados en la genómica de *Gallus gallus*.

Tres distintas instituciones fueron de importancia para establecer estos mapas: la Universidad Estatal de Michigan (en Estados Unidos), el Laboratorio Houghton del Instituto de Salud Animal (en Reino Unido) y la Universidad Agrícola de Wageningen (en los Países Bajos). En estas instituciones, grupos de investigadores realizaron mapas de ligamiento a partir de poblaciones específicas de aves que pertenecían a los laboratorios de investigación avícola de cada una de ellas. Durante los siguientes años, en la literatura relacionada se mencionarían a estos mapeos respectivamente como: “población East Lansing” (EL), “población Compton” (C) y “población Wageningen” (WAU).⁹⁰

El principal objetivo para construir estos mapas de ligamiento fue identificar “loci de un carácter cuantitativo” (QTL, por sus siglas en inglés) en el genoma de *Gallus gallus*.⁹¹ Estos loci se asocian a

⁸⁹ El “International Chicken Genome Sequencing Consortium” señala que hubo dos trabajos considerados pioneros en este aspecto durante la década de 1930: El mapeo de Aleksandr Sergeevich Serebrovsky y Sergei Gavrilovich Petrov en la Unión Soviética, y la investigación de Frederick Bruce Hutt. Investigadores avícolas rusos han enfatizado a menudo la precedencia del mapeo de Serebrovsky y Petrov (Moiseyeva, et al. 2012, Romanov, Sazanov y Smirnov 2004), pues el de Hutt (publicado en 1936) ha sido citado frecuentemente por los investigadores occidentales como “el primer mapa de ligamiento del pollo” y “el primer mapa reportado para cualquier especie de animal doméstico” (Burt and Cheng 1998).

⁹⁰ “Compton” se refiere a Compton, Berkshire. Sin embargo, N. Bumstead y J. Palyga, los autores de este mapa de ligamiento trabajaron en el “Houghton Laboratory”, el cual fue cerrado poco después de la publicación del mapa. Aparentemente, los grupos de investigación, así como las líneas de pollo doméstico ahí mantenidas, fueron reubicadas en el “Compton Laboratory” alrededor de 1992 (Hu, et al. 1997). La población de Wageningen a veces se menciona como “Wageningen/Euribird population” (ver más adelante).

⁹¹ Hans H. Cheng (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

rasgos cuantificables que varían de manera continua y el análisis de los QTL combina los mapas de ligamiento con métodos estadísticos que permiten a los investigadores vincular datos fenotípicos y genotípicos para entender “la base genética de la variación en rasgos complejos”. Este tipo de análisis requiere llevar a cabo cruces entre dos razas de animales que muestran diferencias en un rasgo particular de interés. Posteriormente, los descendientes heterocigóticos (F_1) pueden cruzarse entre sí o con alguno de los padres, lo cual resulta en una generación filial (F_2) cuyos individuos tienen distintos segmentos del genoma parental y, a menudo, distintos fenotipos. Secuencias genéticas conocidas funcionan como marcadores; de esta forma, los marcadores relacionados con los *loci* de interés se segregarán frecuentemente junto con las variaciones en el rasgo de interés. La probabilidad de que un marcador (o el intervalo entre dos de ellos) esté asociado con el QTL se evalúa a través de métodos estadísticos (Miles y Wayne 2008).

Al igual que las cruces de Mendel o Morgan, los análisis de QTL requieren grandes muestras de individuos (Miles y Wayne 2008). Por esta razón, el manejo de grandes poblaciones de aves es necesaria para desarrollar mapas de ligamiento de *Gallus gallus*. Un ejemplo interesante es el mapa de Wageningen, que se realizó como parte de una colaboración de investigadores avícolas con una compañía de producción avícola (Euribrid B.V.). Durante la generación del mapa, los investigadores obtuvieron el genotipo de 500 individuos de la segunda generación filial mediante el uso de microsatélites de DNA como marcadores y analizaron los fenotipos de 4,000 individuos de la generación F_3 utilizando la información obtenida para calcular “valores estimados de crianza” (EBV, *estimated breeding values*)⁹² para los progenitores de la F_2 . Martin Groenen, uno de los investigadores involucrados en este proyecto y otros subsecuentes (como la secuenciación del

⁹² EBVs son mediciones que establecen el “valor” de un animal particular para prácticas de crianza. Este valor se evalúa a través de datos de rasgos particulares de importancia comercial (National Sheep Improvement Program 2015).

genoma completo), afirma que “este gran número de aves genotipadas F₂ nos permitió generar un mapa de ligamiento” en 1998.⁹³

Un punto relevante de este ejemplo es que el análisis de QTL es considerado de utilidad para la investigación avícola, pues se enfoca en estudiar la variación de rasgos que pueden ser de importancia en la producción comercial de aves. La compañía que colaboró con el equipo de Wageningen tenía como objetivo producir aves con rasgos específicos que resulta costoso medir de manera rutinaria, como ciertas instancias de susceptibilidad a enfermedades.⁹⁴ De manera similar, Nat Bumstead y Jan Palyga (quienes realizaron el mapa de Compton) tenían como objetivo identificar regiones particulares en el genoma del pollo que se relacionan con resistencia a las enfermedades. Para lograrlo, seleccionaron a los individuos de su generación parental a partir de líneas de *Leghorn* blanco producidas endogámicamente, las cuales diferían en su susceptibilidad a un cierto número de enfermedades (ver más adelante). En el artículo en que reportan los resultados de su proyecto, estos autores enfatizan la importancia de los mapas de ligamiento para prácticas prospectivas de selección de razas en contextos comerciales (Bumstead y Palyga 1992). Una vez más, H.H. Cheng, del grupo de East Lansing, señala en un artículo de 1993 publicado en los “Proceedings of the National Breeders Roundtable” que “la utilidad tanto para el científico como para el criador” fue considerada como de alta prioridad en el mapa EL (Cheng 1993).

Como mencioné previamente, estos mapas se volvieron herramientas “compartidas internacionalmente”. La literatura científica sugiere que, desde mediados de la década de 1990, varios laboratorios comenzaron a concentrar su investigación en proyectos de mapeo similares y a finales de la década hubo esfuerzos para establecer “mapas consenso” (Burt 2004). Cada uno de los proyectos mencionados comenzó a generarse algunos años antes, pues desde finales de la

⁹³ Martin Groenen (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

⁹⁴ M. Groenen (comunicación personal, 20 de octubre de 2015).

década de 1980 se habían comenzado a generar mapas de ligamiento con marcadores moleculares en Compton y East Lansing (Siegel, Dodgson y Andersson 2006). Para 1992, ambas poblaciones se presentaron como “paneles internacionales de referencia” en el 1^{er} Taller de la “International Society of Animal Genetics” (ISAG) sobre mapeo genómico de aves de corral (Burt, Bumstead, et al. 1995) y los “paneles” de DNA se pusieron disponibles a los investigadores interesados (Siegel, Dodgson y Andersson 2006). Aunque esto no sucedió con la población WAU (Siegel, Dodgson y Andersson 2006), Richard Crooijmans y Martin Groenen (del equipo de Wageningen) asistieron a la reunión de la ISAG y acordaron intercambiar marcadores y muestras de DNA de su propio proyecto.⁹⁵ Más aun, la población WAU se volvió importante, pues la información generada de dicho proyecto fue utilizada para “la localización precisa de marcadores *framework*” (Siegel, Dodgson y Andersson 2006).

Ciertamente, un paso importante hacia el establecimiento de estas poblaciones como “paneles de referencia” fue que los distintos grupos intercambiaron muestras de DNA de las aves utilizadas para sus proyectos respectivos. Posteriormente obtendrían el genotipo de distintos marcadores utilizados en los mapas para poderlos “alinear” y M. Groenen decidió utilizar los datos obtenidos para realizar un “mapa consenso”.⁹⁶ Este mapa fue publicado en el año 2000 en un artículo en el que muchos investigadores involucrados en los proyectos originales fueron acreditados como coautores (Groenen, et al. 2000).

4.2.2 Bibliotecas BAC y de cDNA

Los mapas de ligamiento no fueron las únicas herramientas desarrolladas que permitieron mapear los genes de *Gallus gallus*. Paralelamente, bibliotecas de cromosomas artificiales bacterianos (BAC, por sus siglas en inglés) fueron establecidas en algunas de las instituciones mencionadas

⁹⁵ *Ibid.*

⁹⁶ M. Groenen (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

previamente. Por ejemplo, el grupo de Wageningen comenzó a producir BAC durante la segunda mitad de la década de 1990,⁹⁷ y otros grupos de investigación en la Universidad Estatal de Michigan y en la de Texas A&M desarrollaron bibliotecas BAC antes de 2003 (McPherson, et al. 2002, Siegel, Dodgson y Andersson 2006).

Estas bibliotecas son una de varias tecnologías que permiten la secuenciación de genomas, los cuales primero deben ser fragmentados en segmentos relativamente largos de DNA. Posteriormente, estos segmentos se insertan en cromosomas bacterianos y, finalmente, los segmentos son secuenciados y “ensamblados” individualmente. Aunque este proceso lleva mucho tiempo, puede ser útil para establecer *contigs*, esto es, secuencias en las que cada nucleótido se conoce y, de esta manera, establecer una base para conocer la secuencia general (Fierst 2015).

Antes de completar el primer borrador del genoma del pollo presentado en 2004 en el contexto del PGH, grupos de investigación en las universidades Estatal de Michigan y Texas A&M ya habían presentado un mapa del genoma completo basado en BAC. Más aun, la secuenciación que se publicó en 2004 combinó la técnica de “whole-genome shotgun” con la “secuenciación directa” de insertos específicos de BAC (Burt 2004). De igual forma, un mapa basado en BAC fue presentado junto con el borrador de la secuencia en 2004, como parte de las publicaciones relacionadas con los resultados del proyecto de secuenciación (Wallis, et al. 2004).

Un punto importante es que tanto estas bibliotecas como los mapas de ligamiento fueron realizados por grupos de investigadores relacionados con las ciencias agrícolas. Sin embargo, algunas herramientas utilizadas para ensamblar la secuencia del genoma de *Gallus gallus* también provenían de grupos relacionados con la investigación biomédica; en particular, bibliotecas de cDNA que codifica para proteínas. Al hacer una revisión del proyecto de secuenciación, algunos

⁹⁷ *Ibid.*

investigadores ven estos desarrollos paralelos como algo que refleja “las metas y necesidades coincidentes de las comunidades biomédica y de investigación avícola” (Antin y Konieczka 2005).

Efectivamente, las bibliotecas de cDNA son destacadas en la propuesta para secuenciar el genoma de *Gallus gallus*, en particular los resultados de un proyecto realizado con el fin de establecer “etiquetas de secuencias expresadas” (EST) a partir de distintas bibliotecas de cDNA (McPherson, et al. 2002). Las EST se utilizan para identificar genes previamente desconocidos y el mencionado proyecto había reportado en 2002 que se habían logrado secuenciar 339,314 distintas EST. Adicionalmente, dicho trabajo permitió estimar que el número total de genes en el pollo doméstico rondaba los 35,000 (Boardman, et al. 2002). Aunque aparentemente las bibliotecas de cDNA no se utilizaron directamente para secuenciar el genoma de *Gallus gallus*, las EST se consideraron útiles para analizar la secuencia borrador (McPherson, et al. 2002).

Es importante señalar que al contrario de los autores de los mapeos y las bibliotecas BAC, el grupo de investigadores que llevaron a cabo el análisis de EST incluía biólogos del desarrollo, como Cheryll Tickle y Juan Sanz Ezquerro. También se involucraron miembros de compañías biomédicas privadas, como Willy T. Fong de “Incyte Genomics”. Asimismo, colaboraron personajes que aparecen con frecuencia en la investigación genómica del pollo, como David W. Burt, quien se mantuvo activo en etapas más avanzadas del proyecto.

4.2.3 Mapas de ligamiento y el proyecto de secuenciación

Al igual que con otros organismos modelo (cf. García-Deister 2011, Leonelli 2007), los recursos genéticos previamente desarrollados fueron importantes para promover la importancia de secuencias el genoma de *Gallus gallus*. En este sentido, las herramientas de mapeo mencionadas y aquellas existentes fueron detalladas en el documento oficial de propuesta de secuenciación (*whitepaper*) para esta ave (McPherson, et al. 2002). En el caso de los mapas mencionados, estos

fueron importantes pues representan: (1) un esfuerzo previo (y exitoso) de mapear secciones relevantes del genoma del pollo doméstico, y (2) una herramienta útil para llevar a cabo la secuenciación del genoma completo.⁹⁸

En cuanto al primer punto, la literatura científica indica que los mapas de ligamiento mantuvieron un papel importante en los primeros años de la secuenciación de *Gallus gallus*. Por ejemplo, D. W. Burt afirma que: “*La genómica aviar tiene sus orígenes en el mapeo de ligamiento genético*” (Burt 2005). Por otra parte, es importante apuntar que estos mapas no sólo son relevantes por ser precedentes de la secuenciación genómica del pollo, sino que fueron herramientas importantes para establecer la secuencia completa de su genoma.

Como afirma un artículo de revisión más reciente, el uso de algoritmos sofisticados en la secuenciación de ADN puede no ser suficiente para discriminar “duplicaciones y repeticiones genómicas”, por tanto, sus resultados deben ser evaluados y es necesario identificar sus errores. Más aun, “*sin una manera de alta calidad para evaluar, corregir o anclar los ensamblajes de nueva generación, estos [algoritmos] son de uso limitado*”. En este sentido, los mapas de ligamiento son útiles porque pueden ser “pareados” con un proyecto de secuenciación y “*pueden resolver malos ensamblajes y anclar secuencias a nivel del cromosoma*”. En resumen, estos mapas son utilizados para “refinar” las secuencias genómicas (Fierst 2015).

En la propuesta de secuenciación de *Gallus gallus*, dicho tipo de mapeo es enfatizado porque, hasta ese entonces, permitía a los científicos identificar cierto número de marcadores moleculares, los cuales se asociaban a grupos de ligamiento (McPherson, et al. 2002). Además, actualizaciones subsecuentes de la secuencia borrador emplearon versiones actualizadas de los

⁹⁸ De manera importante, H. H. Cheng subraya el papel de Jerry B. Dodgson (de la Universidad Estatal de Michigan) para conseguir que estos recursos estuvieran listos para su aplicación exitosa en el proyecto de secuenciación (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

mapas consenso previamente mencionados para establecer las “secuencias cromosómicas” (National Center for Biotechnology Information 2011).

4.3. La secuenciación del genoma de *Gallus gallus*

La propuesta de secuenciación del genoma de *Gallus gallus* fue presentada al “National Human Genome Research Institute” (NHGRI) en 2002 por un grupo de investigadores que provenían de distintos ámbitos. Los autores enlistados en dicho documento son: John McPherson, especialista en tecnologías del genoma y entonces afiliado al “Genome Sequencing Center” de la Universidad de Washington; Jerry B. Dodgson, investigador avícola de la Universidad Estatal de Michigan, quien formó parte del grupo de East Lansing y estuvo involucrado en establecer las bibliotecas BAC; Robb Krumlauf, adscrito al “Stowers Intitute” en Kansas City, quién tuvo formación en ingeniería química, pero se convirtió en genetista del ratón y biólogo del desarrollo enfocado en los genes *Hox*; y Olivier Pourquié, biólogo del desarrollo, quien recibió parte de su preparación con Nicole Le Douarin (quien estudió la migración celular en quimeras de pollo y codorniz), y quien se volvería un participante regular de la comunidad de investigadores interesados en *Gallus gallus* (McPherson, et al. 2002).

La propuesta incluía una descripción de la importancia de *Gallus gallus* como un modelo para estudiar la salud y la enfermedad humanas, para la biología y como una especie agrícola. Más aun, los autores aseguraron que los estudios agrícolas y biológicos eran complementarios, pues la producción agroindustrial era una fuente de “datos científicos” que podrían “informar nuestro entendimiento de la salud humana y la biología en general” (McPherson, et al. 2002), lo cual resulta similar a casos anteriormente detallados.

La estrategia general para secuenciar el genoma y los recursos técnicos disponibles también fueron descritos. La estrategia se basaba en una secuenciación “whole-genome shotgun”, la cual

fue ensamblada en un “mapa comprensivo” que utilizó principalmente secuencias BAC (McPherson, et al. 2002, International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004). También se mencionan aquellos recursos genómicos que resultaban de importancia, como los mapas genéticos mencionados previamente, las líneas celulares existentes, métodos para producir pollos transgénicos y distintas herramientas bioinformáticas (que incluían distintas bases de datos de genómica del pollo doméstico) (McPherson, et al. 2002).

Otro recurso enfatizado por los autores de la propuesta fue “la comunidad”. En el *whitepaper* se asegura que la comunidad de *Gallus gallus* se dividía en dos principales áreas: aquellos investigadores “interesados en el pollo como un sistema biológico y aquellos interesados en la productividad agrícola”. A este respecto, los autores afirmaron que la genómica podía jugar el papel de extender un puente entre estas dos áreas (McPherson, et al. 2002).

En mayo de 2002, el NHGRI anunció a *Gallus gallus* como una de las seis especies en su lista de “alta prioridad” para ser secuenciadas. El NHGRI enfatizó que el pollo doméstico era “el único sistema aviar (ave) con suficientes recursos de investigación en su lugar para justificar un proyecto de secuenciación genómica”. Debido a la importancia agrícola del pollo, también se contempló la posibilidad de financiar conjuntamente el proyecto con el USDA (National Institutes of Health 2002), pero aparentemente esta posibilidad no se concretó.⁹⁹

Más tarde, entre el 10 y 11 de marzo de 2003 se celebró el primer “International Chicken Genome Workshop” en el “Hixton Genome Campus” en Cambridge, Reino Unido, patrocinado por compañías veterinarias y de avicultura como Intervet, Cobb y Aviagen. Esta sería la primera de una serie de reuniones similares. Durante el evento se estableció el “International Chicken Genome

⁹⁹ H. Cheng afirma que, aunque para el USDA “era bastante obvio que obtener la secuencia del genoma traería grandes beneficios”, “nunca le dieron un financiamiento mayor a este esfuerzo”, contrario a los proyectos de secuenciación de otros animales de granja (comunicación personal, 12 de octubre de 2015).

Consortium”, cuya dirección compartida fue asignada a David W. Burt del Instituto Roslin de Edinburgh y a Olivier Pourquié, quien entonces trabajaba en el “Stowers Institute for Medical Research”.

El consorcio estableció distintas líneas de trabajo cuyo objetivo general era llevar a cabo de manera exitosa el proyecto de secuenciación. Estas líneas se dividieron en varios grupos: un “grupo dirigente” y cuatro “grupos técnicos”, relacionados con distintos aspectos de la genómica del pollo doméstico (secuenciación genómica, biología del pollo, expresión génica y proteómica). El grupo dirigente incluía investigadores de Reino Unido (como N. Bumstead y C. Tickle), Estados Unidos (J. Dodgson), Suecia (Leif Andersson de la Universidad de Uppsala), Países Bajos (M. Groenen) y China (Li Ning de la Universidad Agrícola de China en Beijing).¹⁰⁰ Una característica destacable de este grupo es que la mayoría de los participantes en el evento eran investigadores que habían desarrollado recursos genéticos del pollo previamente (Anónimo 2003).

Los asistentes a la reunión también elaboraron una lista de prioridades de investigación que incluían el mejoramiento y expansión de varias bases de datos genómicos (entre las cuales se encontraban un atlas del desarrollo embrionario y repositorios de imágenes de hibridación *in situ*). También se discutió la propuesta de contar con una red de sitios web de recursos genómicos del pollo, similar a aquellas de otros organismos modelo (aunque el sitio web propuesto se encuentra fuera de servicio actualmente) y se creó una lista de correos (Anónimo 2003).

El proyecto de secuenciación contó con la participación de investigadores de doce distintos países: China, Dinamarca, Francia, Alemania, Japón, Polonia, Singapur, Suecia, Suiza, España, Reino Unido y Estados Unidos. El NHGRI financió con aproximadamente 13 millones de dólares la obtención de

¹⁰⁰ Las instituciones chinas estuvieron involucradas notoriamente en el desarrollo de herramientas genómicas del pollo. Bin Liu, del Instituto de Genómica de Beijing (BGI), junto con Nat Bumstead, estuvo involucrado en negociar el apoyo para el proyecto de secuenciación (Siegel, Dodgson and Andersson 2006).

la secuencia y el mapeo en el Centro de Secuenciación del Genoma en la “School of Medicine” de la Universidad de Washington. Este costo, aparentemente, no incluyó el trabajo adicional llevado a cabo por grupos de investigación y laboratorios involucrados en el proyecto. La secuenciación comenzó el mismo mes que se llevó a cabo la reunión previamente mencionada y sus primeros resultados se presentaron al año siguiente (Anónimo 2004).

El borrador de la secuencia genómica de *Gallus gallus* se publicó en “Nature” en 2004 (International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004), junto con el mapa físico de BAC que se utilizó para “anclar” el genoma (Wallis, et al. 2004). De igual forma, se publicó un análisis comparativo llevado a cabo en el Instituto de Genómica de Beijing, en el cual se incluían distintas razas de pollo (incluida una raza ponedora) que se comparaban con el pollo silvestre “ancestral” (International Chicken Polymorphism Map Consortium 2004); de tal forma que se enfatizaba la importancia del genoma para estudiar la diversidad de la especie *Gallus gallus*.

Como expliqué previamente, los datos obtenidos por este proyecto de secuenciación se combinaron con los mapas de ligamiento desarrollados previamente, así como con un “mapa físico” y *radiation hybrid map*. Ciertamente, hubo discrepancias al usar distintos recursos para preparar la secuencia, las cuales fueron “revisadas manualmente” para establecer un orden en la secuencia basado en datos de todos los mapas existentes (National Center for Biotechnology Information 2011).

4.3.1 La comunidad de *Gallus gallus*

En una publicación previa a la publicación del trabajo en “Nature”, J. Dodgson llamó al proyecto de secuenciación “un regalo centenario a la genética del pollo”, sugiriendo una conexión con los “Experiments with poultry” de William Bateson, cuya publicación cumplía cien años (Dodgson 2003). Varios otros de los personajes involucrados se refirieron de maneras similares al proyecto,

al que consideraron un hito en la historia de esta ave en la investigación. Como he señalado previamente, en algunas publicaciones se enfatizó que con la obtención de su genoma el estatus del pollo como un “organismo modelo” se vería mejorado (Burt 2007, Cogburn, et al. 2007, C. D. Stern 2005), en tanto generaría una infraestructura genómica similar a la que existía para otras especies. Más aun, esta última complementaría enfoques de investigación previos, como el uso de *Gallus gallus* en la inmunología, la biología del desarrollo y las ciencias avícolas.

En este sentido, es relevante observar que el proyecto reunió a personas interesadas en aspectos biomédicos y a aquellos interesados en cuestiones agrícolas, por lo que tanto el *whitepaper*, como la presentación de los resultados en los artículos publicados en 2004 hacen énfasis en la interacción entre estas dos áreas. Por ejemplo, en la propuesta de secuenciación se sugiere una posibilidad de colaboración a través del análisis de QTL relacionados con características del pollo doméstico, los cuales, en principio, podrían ser considerados de interés para los investigadores agrícolas y para los biólogos moleculares interesados en el estudio de rasgos genéticos complejos. Los autores del *whitepaper* señalan que los QTL “no deben ser genes o alelos hipotéticos o anónimos”, sino que el surgimiento de la genómica permite concretar la posibilidad “de identificar sus bases moleculares” (McPherson, et al. 2002).¹⁰¹

Si bien la propuesta de secuenciación enfatiza las herramientas genómicas existentes con el fin de indicar que el proyecto es realizable, también se subraya la existencia de una comunidad separada entre la agricultura y la biología, la cual puede ser integrada a partir de la genómica (McPherson, et al. 2002). En este sentido es importante destacar que las herramientas genómicas de interés existentes hasta ese momento habían sido producto de la investigación llevada a cabo en dicha

¹⁰¹ La afirmación anterior puede sonar extraña tomando en cuenta que mapas de ligamiento enfocados en QTL habían sido establecidos desde la última década del siglo XX. Estos mapas hacían uso de y estaban enfocados en establecer marcadores moleculares, por lo que, en este punto, el proyecto de secuenciación no solo estaba reuniendo a los investigadores en torno a un fin común, sino utilizando los recursos previamente desarrollados por ellos.

comunidad. Y, como se ha señalado en las secciones previas, la comunidad de investigadores agrícolas aportó varios mapas cruciales para la secuenciación final.

Si bien el artículo donde se presenta la secuenciación hace sólo algunas referencias al aspecto agrícola (cf. International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004), con base en los artículos de revisión relacionados con la secuenciación genómica del pollo, el proyecto parece haber dado origen a una “comunidad del pollo”, es decir, la secuenciación permitió el surgimiento de una comunidad de investigadores en torno a *Gallus gallus*, la cual, a pesar de tener intereses específicos diversos, se enfocó en discutir y abordar sus aspectos genómicos. Dicha comunidad incluyó personajes provenientes de disciplinas como la biología del desarrollo o la investigación agrícola, y parece haber estado activa durante varios años, durante los que organizó reuniones sucesivas enfocadas en los aspectos genómicos del pollo, estableció bases de datos y publicó boletines regulares.

El proyecto de secuenciación muestra que la genómica fue vista por los investigadores involucrados como un campo que complementaba enfoques previos en la investigación de *Gallus gallus*. Además, el proyecto de secuenciación fue también un punto de encuentro de distintas trayectorias de investigación asociadas a la genética del pollo, entre las que destacan la de la investigación agrícola y la de la biología. La infraestructura establecida se utilizaría también para promover el alcance representacional de *Gallus gallus* como modelo de otras especies de aves y vertebrados.

4.4 El ejemplar de la secuenciación: “Red Jungle Fowl #256”

Como se ha señalado, los mapeos genéticos realizados en contextos de investigación agrícola fueron cruciales para la secuenciación del genoma del pollo doméstico. Esto mismo sucedió con algunas líneas de *Gallus gallus* establecidas antes de que se presentara el proyecto de

secuenciación. Específicamente, el desarrollo de los mapas de ligamiento mencionados estuvo relacionado cercanamente con el uso de líneas endogámicas de *Gallus gallus*, las cuales se utilizaron posteriormente para establecer el borrador de la secuencia genómica y para comparar distintas variedades de pollo a nivel genómico.

4.4.1 Líneas endogámicas previas a la secuenciación

Como se menciona en la sección 4.2, la construcción de un mapa de ligamiento requiere seleccionar dos distintas poblaciones de organismos que difieren en rasgos biológicos particulares. De tal forma, N. Bumstead y J. Palyga establecieron la población de Compton utilizando dos distintas líneas endogámicas que diferían en su susceptibilidad a las enfermedades: la “línea N” que era resistente a la salmonelosis y la “línea 15I” que era altamente susceptible (Bumstead y Palyga 1992). Ambas líneas consistían en ejemplares de la raza Livorno blanco que habían sido obtenidos (como huevos fecundados) durante la década de 1960 del laboratorio del USDA en East Lansing, Michigan. Dichas aves habían sido mantenidas como parvadas “libres de patógenos específicos” en Reino Unido desde ese entonces (Somes 1988, Bumstead y Palyga 1992).

De manera similar, el mapa de East Lansing fue establecido a partir de dos líneas endogámicas distintas y que resultaban accesibles para la investigación. Los investigadores de Michigan utilizaron los descendientes de una retrocruza de las líneas UCD 001 (gallo silvestre) y UCD 003 (*Leghorn* blanco), cuyos huevos fecundados habían sido enviados de la Universidad de California en Davis (por tanto nombrados “UCD”) al Laboratorio de Enfermedades Aviares y Oncología del USDA en East Lansing (Crittenden, et al. 1993). Estas líneas fueron escogidas en particular porque: (1) tenían un alto nivel de endogamia, (2) eran “distantes una de otra”, y (3) resultaban “fácilmente accesibles para generar las cruzas necesarias para el proyecto de mapeo”.¹⁰²

¹⁰² Susan J. Lamont (comunicación personal, 10 de octubre de 2015).

Por su parte, la población de Wageningen fue desarrollada a partir de dos líneas distintas y “extremas” de *broiler* provenientes de la variedad *Plymouth Rock* blanco (Groenen, et al. 1998). Este grupo también desarrolló un mapa basado en BAC en el que utilizaron una línea de *Leghorn* blanco disponible en la granja experimental de la Universidad de Wageningen “*para tener un acceso sencillo a material biológico fresco del pollo doméstico*”.¹⁰³ Otras bibliotecas de BAC mencionadas en la propuesta de secuenciación fueron establecidas en otras locaciones a través de la línea UCD 001 previamente mencionada y un individuo de esta línea que sería importante en pasos posteriores de la secuenciación (McPherson, et al. 2002, Burt 2004).

4.4.2 El proyecto de secuenciación: decisiones sobre los especímenes utilizados

La fuente de muestras de ADN utilizada para la secuenciación del genoma de *Gallus gallus* fue una gallina llamada “ave 256” o “RJF #256” de la línea endogámica UCD 001 utilizada para el mapa de ligamiento de East Lansing.¹⁰⁴ Personajes involucrados en el proyecto de secuenciación coinciden en que esta variedad particular fue escogida porque había sido sometida constantemente a endogamia, algo apreciado en los diversos proyectos de secuenciación y particularmente durante el ensamblaje de la secuencia (contrario a los análisis de QTL y mapas de ligamiento que se enfocan en la variación entre distintas razas).¹⁰⁵

El material suplementario que acompaña la publicación del borrador del genoma en 2004 ofrece más detalles sobre la elección de una gallina, en vez de un gallo: “*Un solo individuo producido por endogamia fue escogido para minimizar el polimorfismo genético interno, y se utilizó una hembra para obtener secuencias tanto del cromosoma Z como del W*” (International Chicken Genome

¹⁰³ M. Groenen (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

¹⁰⁴ “RJF” significa “Red Jungle Fowl”, el nombre en inglés de los gallos silvestres que habitan en el sur de Asia. Lembke describe a la gallina RJF #256 como un “ave grande y hermosa, ella nació en abril de 1995 y murió en el invierno de 2003 por causas naturales”. Muestras de su ADN aún se conservan como muestras de referencia (Lembke 2012).

¹⁰⁵ S. J. Lamont, H. H. Cheng, y M. Groenen coinciden en este punto en sus comunicaciones personales.

Sequencing Consortium 2004, Supplementary Methods and Information). En el gallo doméstico, los cromosomas sexuales se nombran Z y W, contrario a los mamíferos (en donde los cromosomas sexuales son XX y XY), y las gallinas son heterogaméticas (ZW), mientras que los gallos son homogaméticos (ZZ). De esta manera, la elección de RJF #256 se consideró útil para obtener la misma cantidad de “cobertura” para el cromosoma Z, como para los cromosomas autosómicos (no sexuales). Sin embargo, posteriormente algunos participantes del proyecto afirman que esto afectó la caracterización del cromosoma W (aunque éste contiene varias secuencias repetitivas).¹⁰⁶

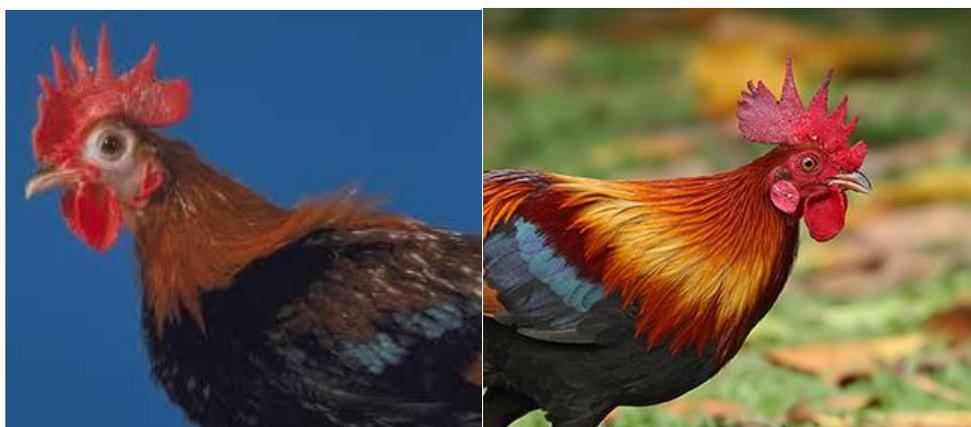


Figura 8 Comparación entre un gallo de la línea endogámica UCD 001 (izquierda) (Photo: J. M. Pisenti) (Pisenti, et al. 1999), y un gallo “Red Jungle Fowl” (derecha) (Photo: Ingo Washkies 2009).

Como he mencionado, la línea UCD 001 proviene del gallo silvestre (*red jungle fowl* en inglés), una variedad de la especie *Gallus gallus* que habita el sudeste asiático y que se ha considerado el ancestro de los pollos domésticos modernos (Figura 8). Esta cuestión es mencionada a menudo como una de las razones por las que se decidió utilizar a RJF #256 para la secuenciación genómica.¹⁰⁷ La línea UCD 001 fue establecida a través de cruza endogámicas en la Universidad

¹⁰⁶ M. Groenen (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

¹⁰⁷ Cheryl Tickle (comunicación personal, 19 de octubre de 2015). Años después, J. Dodgson señalaría que, si el proyecto se iniciara de nuevo, “probablemente hubiéramos escogido un macho *Leghorn* blanco endogámico”, aparentemente como un medio para obtener una caracterización más detallada del cromosoma Z (Lembke 2012). Dodgson también afirmó en otras publicaciones que, aunque el uso de la línea UCD 001 para los mapas de ligamiento se debió al objetivo de identificar polimorfismos, dos líneas de Livorno blanco exhibirían suficiente variación para obtener “un buen mapa” (Siegel, Dodgson and Andersson 2006).

de California en Davis en 1956. La parvada original de UC Davis fue obtenida de la Universidad de California en Berkeley, la cual había adquirido dichas aves a partir de un *stock* de la Universidad de Cornell. A su vez, dicho grupo se originó de una parvada existente en un zoológico en Hawaii y fue establecida por un investigador visitante en el zoológico durante la década de 1940 (Delaney 2004). La parvada de Hawaii se había originado a partir de aves malayas, pero, de acuerdo con testimonios, es posible que durante la historia entera de la línea UCD 001, haya ocurrido alguna “contaminación” por parte de pollos domésticos (probablemente de ejemplares de *Leghorn* blanco).¹⁰⁸

Aun así, el “International Chicken Genome Consortium” afirma que, en algunos aspectos como los patrones de plumaje y comportamiento, la línea es bastante similar al gallo silvestre (International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004, Supplementary Methods and Information). De acuerdo con el documento de propuesta:

“las hembras UCD001 ponen pequeños huevos de color marrón de manera estacional y son aves pequeñas con plumaje marrón y un comportamiento tímido. Los machos tienen plumaje rojo y negro; aunque se desconoce hasta qué punto los gallos presentan el patrón de plumaje eclipse (distintivo de un RJF “verdadero”) (es decir, que, durante la muda de plumas, el primer conjunto de plumas de reemplazo es de tipo femenino y éstas se reemplazan posteriormente por plumas masculinas), pues esta línea suele ser mantenida en condiciones de iluminación artificial. Los machos RJF son conocidos por sus características de pelea y los machos de la UCD001 también son bastante agresivos” (International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004).

¹⁰⁸ S.J. Lamont (comunicación personal, 10 de octubre de 2015).

Las razones para utilizar a RJF 256 son compartidas por muchos de los participantes del proyecto, y la decisión no parece ser atribuible específicamente a uno de ellos. Aun así, las tareas en el proyecto de secuenciación eran diversas y, por ejemplo, R. Krumlauf afirma que él no estuvo involucrado en la decisión, pues su papel en la propuesta fue obtener apoyo para el proyecto en la comunidad de biólogos.¹⁰⁹ J. McPherson probablemente se encontraba en una situación similar, pues él es un especialista en la secuenciación de genomas y su investigación no ha estado enfocada particularmente en *Gallus gallus*. Por otro lado, la investigación realizada por O. Pourquié durante la década de 1990 se basó en el uso de quimeras de pollo y codorniz, y reportó el uso de “fuentes comerciales” de aves y de la cepa JA57 del “Institut de Sélection Animale” de Lyon, Francia; por tanto, al menos durante esa época, este personaje parece poco familiarizado con la línea UCD 001.

La comunidad de científicos avícolas y, particularmente, J. Dodgson parecen ser más relevantes en la decisión de utilizar esta variedad, pues Dodgson ya era un personaje importante en el proyecto de mapeo de East Lansing que, como se señaló anteriormente, utilizó a la UCD 001 como una variedad parental. Por otra parte, H. H. Cheng, quien también formaba parte de este grupo (y del proyecto de secuenciación) afirma que la elección fue hecha por Lyman Crittenden, otro miembro del grupo de East Lansing, quien “*después de evaluar cierto número de líneas, determinó que esta sería la mejor*”.¹¹⁰ Más aun, en un artículo en el que Dodgson aparece como coautor (Siegel, Dodgson y Andersson 2006), se explica (de una manera técnica, pero informativa) la manera en que la gallina RJF #256 terminó involucrada en el proyecto de secuenciación:

¹⁰⁹ Robb Krumlauf (comunicación personal, 6 de octubre de 2015).

¹¹⁰ H. H. Cheng (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

When the BAC libraries of Lee et al. (2003)¹¹¹ were constructed, UCD001 DNA from a single female was used, because, at that time, many of the consensus linkage-map markers were dominant amplified fragment-length polymorphism, random amplification of polymorphic DNA, and complement receptor 1 markers, for which the mapped polymorphism was only known in the UCD001 parental genome. When it came time for the WUGSC¹¹² to construct sequencing libraries, they requested DNA from the same bird that was used to make these BAC libraries. Subsequently, DNA from this individual was also used to make the CHORI-261, larger insert BAC library. Both fingerprinting and sequencing benefit from using DNA from a single inbred individual, because heterozygous polymorphisms that could be confused with sequencing errors or fingerprint differences are minimized. In retrospect, a UCD003 inbred WL hen would have been at least as satisfactory. However, the Jungle Fowl bird used can be viewed as a “wild type” chicken and has served as a good base to which comparisons have been made to broiler, layer, and exotic chicken genomes.¹¹³

En esta cita, los autores (incluido Dodgson) reconocen que otras variedades (e individuos) podrían haber producido resultados igual de “satisfactorios” que RJF #256. Como he mencionado, otras líneas endogámicas se encontraban en uso y habían sido utilizadas para establecer mapas y herramientas genómicas diversas, por lo que no era una cuestión de poca disponibilidad de aves idóneas y ejemplares para la secuenciación. Sin embargo, la cita muestra que buena parte de la importancia atribuida a RJF #256 se relaciona con el hecho de que es parte de una cepa que fue establecida a partir del pollo silvestre, y que se pensaba útil como un “tipo silvestre” (*wild type*)

¹¹¹ Dicha investigación fue publicada en el artículo: Lee et al. “Construction and characterization of three BAC libraries for analysis of the chicken genome.” *Animal Genetics* 34, no. 2 (2003): 151-152.

¹¹² WUSC son las siglas del “Washington University Genome Sequencing Centre”.

¹¹³ Contrario a las demás, esta cita se mantuvo en su idioma original debido a su contenido técnico.

para la genómica comparativa.¹¹⁴ Este no fue el único criterio, pues la decisión de usar a UCD 001 también se relaciona directamente con el uso de herramientas genómicas previas y de utilidad para la secuenciación, como el mapa de East Lansing.

4.4.3 Especímenes materiales, herramientas genómicas y estándares

Entre los recursos genómicos que contribuyeron a justificar la decisión de utilizar a RJF #256 se encuentra el mapa de ligamiento de East Lansing (EL), el cual también se utilizó en el mapa consenso realizado en conjunto con las poblaciones Wageningen y Compton. Como he señalado previamente, el mapa EL se basa en información sobre la composición genética de los descendientes de una retrocruza entre las líneas UCD 001 y UCD 003. Ambas líneas se consideraron útiles pues se encontraban “disponibles” y sus características genéticas habían sido estudiadas.

Por un lado, la línea UCD 003 se menciona en artículos de revisión publicados en 1988 y 1992, en los cuales se hacen recuentos de las líneas endogámicas existentes para investigación (Somes 1988, Abplanalp 1992). Por otra parte, a finales de la década de 1990 la línea UCD 001 también se utilizó para estudiar algunas diferencias genéticas en el Complejo Mayor de Histocompatibilidad en distintas razas de pollo. Tales estudios enfatizaban que esta cepa funcionaba como un representante del pollo silvestre original (Zhou y Lamont 1999, Senseney, et al. 2000). Poco después, de 2002 a 2003, muestras de DNA de RJF #256 fueron utilizadas para establecer bibliotecas BAC (McPherson, et al. 2002, Ren, et al. 2003, Lee, et al. 2003), las cuales serían importantes para ensamblar el borrador final de la secuencia genómica publicada en 2004.

Los autores de este último proyecto reconocen la importancia de UCD 001 en el mapa EL y enfatizan que ésta fue una razón crucial para utilizar la cepa para obtener las bibliotecas BAC.¹¹⁵ Es

¹¹⁴ Sin embargo, la cepa no parece ser comúnmente utilizada en la biología del desarrollo o en investigación inmunológica similar a la mencionada en el capítulo anterior.

decir, el uso de esta cepa endogámica ofrecía la ventaja de trabajar con una línea conocida, previamente caracterizada y que se encontraba disponible para este grupo de investigadores.¹¹⁶ Por tanto, de manera similar a las cepas de otros organismos modelo, UCD 001 fue utilizada hasta cierto punto “*como base para investigación futura*” (Ankeny y Leonelli 2011) en el terreno del mapeo genético. Esta situación indica que la continuidad en el uso de especímenes resultó de utilidad para conectar los resultados obtenidos en distintos proyectos de mapeo y para el desarrollo de nuevas herramientas.¹¹⁷

Otro factor importante para el uso de líneas como UCD 001 es que éstas están estandarizadas. Por ejemplo, la estandarización de las líneas N y 15I del mapa de Compton tienen dos componentes distintos: uno inmunológico y uno genético. En cuanto al primero, las líneas de Houghton estaban libres de “*los principales patógenos de las aves de corral*” (Bumstead y Palyga 1992), lo cual significa que se mantenían como líneas libres de patógenos específicos (LPE), aisladas y monitoreadas a través de pruebas inmunológicas para patógenos y anticuerpos particulares (ver capítulo 3). En este sentido, algunos artículos de investigación reportan que estas líneas no eran vacunadas contra la bronquitis infecciosa, pero se les efectuaban pruebas para anticuerpos relacionados con el virus que causa esta enfermedad (Bumstead, Huggins y Cook 1989); de igual forma, las líneas estaban libres de salmonela (Bumstead y Barrow 1993), y especies del género *Eimeria* (Bumstead y Millard 1992). Este control de sus aspectos inmunológicos indica que las

¹¹⁵ El artículo de Lee y colaboradores (Lee, et al. 2003), citado por Dodgson, fue publicado en la sección “Brief Notes” en la revista académica “Animal Genetics”, la cual también incluía un artículo de Liu y H. Cheng en el cual las líneas UCD 001 y UCD 003 se utilizaron para mapear el gen *Sca2* en el cromosoma 2 del pollo.

¹¹⁶ Al discutir el uso de los organismos apropiados para investigaciones particulares, R. Burian (1993) señala que las ventajas de trabajar con especies conocidas desvían la atención de consideraciones más profundas sobre qué tan adecuado es un organismo determinado para un proyecto específico. Aunque ciertamente UCD 001 tenía la ventaja de la disponibilidad, podría cuestionarse qué tan adecuada era dicha línea para proyectos similares (como se hizo de manera retrospectiva, ver sección previa).

¹¹⁷ Es necesario señalar que los proyectos mencionados que involucraron a UCD 001 se llevaron a cabo en un lapso de unos 15 años y el establecimiento de distintas herramientas relacionadas ocurrió de manera simultánea.

líneas eran mantenidas en estricto aislamiento (Bumstead y Palyga 1992), de tal forma que se previniera la contaminación con patógenos.

De igual forma, estas líneas recibían un monitoreo minucioso de su composición genética. En un artículo publicado en 1992, N. Bumstead y J. Palyga reportan que la “pureza genética” de las líneas N y 15l era constantemente revisada y evaluada a través de un “coeficiente de endogamia” (Bumstead y Palyga 1992). Ciertamente, una baja variación en la población y una composición genética relativamente conocida son rasgos considerados importantes en proyectos que buscan caracterizar el genoma de un organismo (que, como se ha señalado previamente, evitan los polimorfismos). Más aun, estos rasgos y el monitoreo de enfermedades son producto de la estandarización material de estas líneas de organismos.

Por su parte, los investigadores que utilizaban la línea UCD 001 no mencionan que ésta estuviera compuesta por aves LPE, pero señalan que la parvada se mantenía con luz artificial (International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004), lo cual indica cierto nivel de aislamiento. Además, la relación entre las líneas endogámicas y las condiciones LPE había sido ponderada entre algunos investigadores relacionados con el uso de UCD 001. Por ejemplo, en un artículo de revisión titulado “Inbred lines as genetic resources”, H. Abplanalp (1992) enlista un número de “salvaguardas” aplicadas a las líneas endogámicas utilizadas en la investigación particularmente genética y genómica. Después de realizar algunas recomendaciones acerca del alojamiento de las parvadas, el cruzamiento entre individuos, pruebas sanguíneas y la importancia de descartar huevos con formas extrañas, la séptima sugerencia establece que:

El conocimiento actual de la transmisión potencial de enfermedades a través de los huevos a punto de eclosionar (...) hace casi obligatorio eliminar los agentes causales de las líneas endogámicas existentes, de tal forma que se mejore la

reproducción de la línea y se aseguren los resultados experimentales repetibles.

*Tales endogámicos **libres de enfermedades específicas (LPE)** requieren algún grado de aislamiento de otras aves y chequeos regulares sobre la contaminación de enfermedades. La ausencia de enfermedades conocidas es un requerimiento importante para las parvadas que abastecen aves a otros laboratorios.¹¹⁸*

En coincidencia con el capítulo anterior, Abplanalp enfatiza que asegurar la configuración material de las parvadas requiere el mantenimiento de instalaciones adecuadas, y la aplicación de protocolos para prevenir la contaminación y el chequeo constante de la presencia de enfermedades.

Como señala la literatura sobre los estándares (ver capítulo 1), estas situaciones indican que la estandarización de un objeto en particular (en este caso, un organismo) conlleva la estandarización de prácticas en torno a éste (Busch 2011, Mackenzie, et al. 2013). De este modo (como se ha indicado en el capítulo previo), la estandarización material de *Gallus gallus* involucra: (1) estándares sobre la configuración física de un organismo (esto es, inmunológica y genética), (2) estándares sobre la configuración material de ambientes adecuados y (3) estándares relacionados con las prácticas y protocolos para mantener aves en dichos ambientes.

En el caso de las líneas utilizadas en los mapas de ligamiento, las parvadas estandarizadas con base en el monitoreo de fenotipos y genotipos particulares se complementan con la estandarización enfocada en aspectos inmunológicos. Por tanto, como sugiere el trabajo de Bumstead y Palyga,

¹¹⁸ H. Abplanalp (1992), énfasis mío.

mantener la utilidad de las líneas endogámicas mencionadas requiere tanto una estandarización genética como una inmunológica.¹¹⁹

Ahora bien, al igual que en los capítulos 2 y 3, la secuenciación del genoma de *Gallus gallus* se inserta en un episodio de estandarización de esta ave que, en este caso, está enfocado en la estandarización de las características genéticas del pollo doméstico. No obstante, esta manera de estandarizar al pollo ha estado vinculada con las prácticas previas para generar y mantener aves LPE y, de manera indirecta, con razas de pollo establecidas a partir de la agricultura, las cuales fueron reconfiguradas como cepas endogámicas para investigaciones en genética y genómica.

En este sentido es importante señalar que, en los casos abordados, el uso de cepas endogámicas específicas es promovido y llevado a cabo (quizá de manera algo restringida) por comunidades de investigadores interesados en el mapeo genético. En el caso de UCD 001, los artículos de investigación publicados muestran que Jerry B. Dodgson fue un personaje destacado dentro de la comunidad de usuarios de esta línea y un importante participante del mapa EL, las bibliotecas de BAC y el consorcio de secuenciación genómica.¹²⁰ De igual forma, Lyman Crittenden, Hans H. Cheng (adscrito al laboratorio del USDA en East Lansing), Susan J. Lamont (de la Universidad Estatal de Iowa), W. Ellwood Briles (de la Universidad de Northern Illinois), Hans Abplanalp, Mary E. Delaney (de U. C. Davis), y Michael N. Romanov (de la Universidad Estatal de Michigan) fueron contribuidores regulares a los proyectos de mapeo relacionados con UCD 001.

Aunado a la comunidad de personajes que utilizan a *Gallus gallus* como organismo experimental, el uso de las líneas endogámicas de esta ave conllevó el establecimiento de infraestructuras asociadas que incluyen prácticas, protocolos y técnicas que se asocian a la especie. Por una parte,

¹¹⁹ R. Kirk (2010) ha discutido la relación entre ambos tipos de estandarización al establecer un sistema de abastecimiento de animales de laboratorio en el Reino Unido.

¹²⁰ Después del proyecto de secuenciación Dodgson adoptó a RJF #256 (Lembke 2012).

están la serie de protocolos y técnicas para conservar la configuración material de las parvadas, pero esta infraestructura no fue lo único que permitió que *Gallus gallus* se estableciera como un organismo modelo en la genómica. En cambio, sí lo fueron los recursos genéticos establecidos a partir de parvadas estandarizadas, los cuales se volvieron un factor importante para la elección de UCD 001 y, más aún, para presentar al pollo doméstico como un organismo relevante para los proyectos del Proyecto del Genoma Humano.

En resumen, la infraestructura utilizada para mantener las líneas endogámicas es crucial para establecer a UCD 001 como una cepa estandarizada útil para la investigación y, de manera subsecuente, para desarrollar los recursos genómicos que requieren grandes muestras poblacionales de alguna cepa conocida. Por este motivo, es importante indicar que los autores de los mapas de ligamiento estaban adscritos a instituciones que contaban con instalaciones adecuadas para mantener un gran número de aves en condiciones LPE: el laboratorio del USDA en East Lansing, el Instituto de Salud Animal en Houghton y la Universidad Agrícola de Wageningen (además de la compañía avícola asociada al proyecto).

4.5 Conclusiones: herramientas genómicas y estandarización

El episodio abordado en este capítulo pone de relieve: (a) la importancia del desarrollo de herramientas genómicas previas que permitieron la secuenciación del genoma de *Gallus gallus*, (b) los vínculos entre los grupos de investigadores para los que dichas herramientas se volvieron un objetivo importante a finales del siglo XX y la subsecuente formación de una comunidad de investigadores en torno al pollo doméstico, (c) la relación cercana entre las herramientas genómicas y las cepas particulares estandarizadas que posibilitaron el estudio de la genómica de *Gallus gallus*, y (d) la relación entre estandarización inmunológica y genética en el establecimiento y mantenimiento de las cepas estándar, y las cuales surgen como resultado de intereses prácticos

y de investigación en la comunidad de investigadores interesados en la genómica del pollo doméstico.

En cuanto los primeros dos puntos, el uso de líneas específicas de pollo doméstico para establecer mapas de ligamiento se relaciona con el estudio de rasgos complejos, el cual fue considerado importante para entender la genética de dicha ave, pero también en parte para la producción avícola. Una vez más, se observa que la comunidad de investigadores interesados en el pollo no sólo incluye a aquellos que buscan utilizar esta ave como un organismo para cuestiones de “biología básica”, sino que las cuestiones agrícolas y los investigadores enfocados en ellas tienen una marcada influencia en la manera en que se establecieron las herramientas previas que posibilitaron el proyecto de secuenciación del genoma de *Gallus gallus*.

Como he señalado previamente, durante dicho proyecto surgió una comunidad de investigadores más o menos definida en torno al genoma del pollo doméstico que incluye a los grupos mencionados. Más aun, un aspecto interesante de dicha comunidad es que buscó enfatizar el papel del pollo doméstico como un organismo modelo para la investigación biomédica y, en consecuencia, promovió que se utilizara como un organismo que representa a más especies que a *Gallus gallus* (es decir, buscaron expandir su alcance representacional, *sensu* Ankeny & Leonelli 2011). A este respecto, una de las vertientes que ha tomado dicha comunidad es expandir sus intereses a la investigación en aves en general (no exclusivamente el pollo doméstico). Esto se refleja en el enfoque más amplio adoptado en las reuniones académicas organizadas por dicho grupo. El “6th International Chick Meeting” se llevó a cabo en el Instituto Roslin de Edimburgo, Escocia en 2011, mientras que la siguiente edición (llevada a cabo en Nagoya, Japón) se nombró “Chick 7: Avian Model Systems”. La reunión de 2014 se llevó a cabo en el laboratorio de Cold Spring Harbor en Estados Unidos y fue nombrada sencillamente “Avian Model Systems” (sin referencia directa al pollo doméstico). Esta tendencia continuó en la última reunión llevada a cabo

en Taiwan en 2016, la cual se nombró “Avian Model Systems 9: A New Integrative Platform” (9th Avian Model Systems meeting 2015).¹²¹ Esta sucesión de títulos de reuniones académicas sugiere que la comunidad del pollo ha intentado expandir su alcance para incluir no sólo la investigación realizada en *Gallus gallus*, sino aquella en todas las especies de aves. De igual forma, los temas de las sesiones en las últimas dos reuniones se han vuelto más amplias. Por ejemplo, el programa de la conferencia de 2016 incluía como temas: “Biología del desarrollo” (dos sesiones), “Análisis genético/genómico”, “Comportamiento de aves”, “Fisiología de aves” y “Técnicas de células troncales y relacionadas con transgénesis en aves”.¹²²

Aunque no todos los participantes de estas reuniones llevan a cabo investigación en genómica funcional o en campos relacionados, queda claro que el proyecto de secuenciación genómica detonó la realización de esta serie de eventos académicos. Éstos se originaron en el primer taller sobre el pollo doméstico en Cambridge en marzo de 2003 (el evento en el que se estableció el consorcio de secuenciación) (ver sección 4.3) (Antin y Konieczka 2005, International Chicken Genome Workshop - Final Report 2003). De igual forma, proyectos de secuenciación posteriores enfocados en especies de aves como el genoma del pinzón cebrado o el proyecto B10K han permitido la expansión de los intereses de las conferencias de 2014 y 2016, así como el surgimiento de bases de datos relacionadas con especies agrícolas y con otras especies de aves, las

¹²¹ La 10ª edición de estas reuniones se llevó a cabo en el Instituto Pasteur de París. El nombre utilizado continuó siendo “Avian Model Systems”. La página web utilizada para dicho evento se encuentra actualmente fuera de línea (<http://www.avianmodelsystems10.org/>), pero existe información de ella en redes sociales (<https://www.facebook.com/events/institut-pasteur/avian-model-systems-10-conference/152820572070354/>).

¹²² Queda por explorar las diversas razones por las que este enfoque se ha expandido, si bien es cierto que esto parece ser un rasgo distintivo del enfoque de la genómica en distintos organismos modelo (cf. Ankeny & Leonelli 2011).

cuales derivan de los esfuerzos de las personas involucradas en la secuenciación del genoma de *Gallus gallus*.¹²³

Resulta llamativo que el enfoque amplio de los últimos dos eventos haya disminuido la visibilidad de la investigación agrícola; por ejemplo, el 9º encuentro sólo incluyó un trabajo claramente enfocado en cuestiones agrícolas. Si bien esto parece ser un desarrollo nuevo en la comunidad del pollo, como he indicado en este capítulo y en los episodios previamente abordados, la relación entre investigación biológica y agrícola ha sido una constante en la investigación relacionada con *Gallus gallus*, así como aquella entre la producción alimenticia y las ciencias de la vida. El enfoque de las reuniones más recientes no debe soslayar que, como he señalado en las secciones 4.2 a 4.4, esta interacción fue crucial para el desarrollo de las cepas estandarizadas utilizadas para la secuenciación genómica. Dichas poblaciones de aves se volvieron una “referencia” a partir de la cual derivaron herramientas que, a su vez, fueron continuamente revisadas y utilizadas para proyectos de mapeo posteriores.

Ciertamente, la comunidad interesada en la investigación biomédica y, particularmente, en la expresión de genes asociados con el desarrollo embrionario intervino también en este aspecto. Antes de la secuenciación del genoma del pollo, biólogos del desarrollo como Cheryl Tickle colaboraron en una biblioteca de cDNA que contenía información sobre la expresión génica en distintas etapas del desarrollo embrionario (Boardman, et al. 2002). Dicha biblioteca fue citada posteriormente en la propuesta de secuenciación como un recurso genético existente (McPherson, et al. 2002) y Tickle se volvió una integrante del consorcio de secuenciación, específicamente en el mapeo de cDNAs (International Chicken Genome Sequencing Consortium 2004). De manera similar, Olivier Pourquié, cuya formación académica está relacionada con la

¹²³ B10K es una iniciativa para secuenciar todos los genomas de las especies de aves. Fue presentada en junio de 2015.

biología del desarrollo y cuya investigación temprana empleó el uso de quimeras de codorniz y pollo, fue coautor de la propuesta y un participante constante en los eventos de la comunidad del pollo. Pourqué fungió como coorganizador en el primer taller de *Gallus gallus* y fue miembro del grupo de “análisis y anotación”, en el cual los mapas de ligamiento y los cDNAs resultaron importantes para localizar genes y su expresión. Más recientemente, fungió como ponente principal en el 9º encuentro en Taiwan.

No obstante, para establecer líneas de aves se requiere de un espacio difícilmente encontrado en laboratorios enfocados en investigación biomédica. Por ejemplo, los laboratorios de biología del desarrollo tienen generalmente una incubadora para almacenar y eclosionar cierta cantidad de huevos, pero los pollitos recién nacidos (o en etapas cercanas a la eclosión), pues debido a que el objetivo de los investigadores en dichos espacios es estudiar el desarrollo embrionario, un pollo recién nacido difícilmente tiene una utilidad en un laboratorio como estos. Por tanto, estos espacios no son adecuados para llevar a cabo mapas de ligamiento que requieren cruza repetidas entre poblaciones relativamente grandes de aves (ver apartado 4.2.1).

En contraparte, las instalaciones de la investigación agrícola están diseñadas de tal forma que permiten mantener parvadas de aves adultas y fueron en estos lugares donde los investigadores establecieron varios mapas de ligamiento de referencia. Este es también el caso de las instalaciones de compañías privadas como Euribird, la cual colaboró con el grupo de Wageningen. Como se mencionó, el mapa WAU resultó del análisis de una población grande F_2 y F_3 de aves (500 y 4000 aves, respectivamente). Como se muestra en el capítulo, dichas instalaciones permiten la estandarización material de cepas de *Gallus gallus*, enfocada tanto en rasgos genéticos como en cuestiones inmunológicas que se establecieron en proyectos como el analizado en el capítulo anterior.

La población de Wageningen también muestra la manera en que interactúan ciertos intereses de los diversos actores involucrados. Los datos del ADN de dicha población no estuvieron disponibles públicamente (Siegel, Dodgson y Andersson 2006). Artículos de investigación y de revisión relacionados no especifican si Euribird tuvo algo que ver con esta privacidad, pero ésta podría ser una razón en tanto el mapa de ligamiento se consideraba importante para seleccionar razas de pollo productivas, aunque es importante señalar que M. Groenen afirma que muestras de ADN fueron intercambiadas entre los distintos grupos de investigación.¹²⁴ En cualquier caso, este tipo de situaciones vuelven a poner de relieve la importancia de las instituciones avícolas involucradas en la investigación del pollo doméstico y, en este caso, en el desarrollo de herramientas genéticas y genómicas.

Por esta razón, no resulta extraño encontrar que en una revisión sobre las técnicas de producción de pollos transgénicos para investigación los autores Mozdziak y Petite (2004) enfatizan que obtener instalaciones adecuadas ha sido uno de los asuntos problemáticos para establecer líneas de este tipo de aves. Más aun, ellos sugieren que las instalaciones agrícolas (incluido el uso de condiciones de luz artificial y jaulas en batería) pueden ser de utilidad para mantener una población adecuada de aves y asegurar el establecimiento de líneas de transgénicos útiles para la investigación de la genética molecular de *Gallus gallus*. Como muestran estas afirmaciones, el carácter dual de la comunidad del pollo doméstico aún se considera útil para superar límites en el desarrollo de herramientas genómicas.

¹²⁴ M. Groenen, (comunicación personal, 5 de octubre de 2015).

Capítulo 5. Conclusiones generales

Esta tesis muestra los distintos caminos que ha seguido la estandarización de la especie *Gallus gallus* y, como he destacado en la introducción, su **historicidad**.¹²⁵ Cada episodio descrito muestra distintas instancias en las que la configuración material del pollo doméstico fue homogeneizada por grupos particulares de personas, lo cual permitió que esta ave sirviera a distintos fines relacionados con la investigación biológica y agrícola.

Este punto resulta de interés pues mi investigación indica que una diversidad de elementos que incluyen: enfoques (disciplinarios y de otros tipos), intereses y personajes han conformado los contextos en los que se han producido distintas poblaciones de aves. Como consecuencia de dicha diversidad, las poblaciones de pollos domésticos resultantes en cada episodio tienen distintas características materiales: por ejemplo, las aves de Punnett y Pease presentaban rasgos identificables que permitían la realización de cruces experimentales en la genética clásica, mientras que aquellas de Luginbuhl estaban libres de patógenos específicos los cuales eran problemáticos para la investigación en virología e inmunología.

Aunque se podría señalar que cada cepa es simplemente el resultado de un proyecto de estandarización distinto, mi investigación muestra que la estandarización de especies como *Gallus gallus* requiere la articulación de distintos factores que confluyen en proyectos específicos que homogenizan parvadas con objetivos que derivan de situaciones concretas. Más aun, aunque dichas parvadas se generan en torno a estos proyectos, no están exentas de ser reutilizadas (al igual que las herramientas desarrolladas) en proyectos sucesivos que buscan estandarizar al pollo doméstico.

¹²⁵ Como señalé en la introducción, dicha noción de historicidad es semejante a la “historialidad” propuesta por Rheinberger, noción que destaca la confluencia de varios sistemas en un campo de investigación determinado y la falta de una temporalidad lineal típica (Rheinberger 1994, 66-69). Sin embargo, mi trabajo no se enfoca en la recurrencia de los sistemas experimentales, sino en diversos proyectos de estandarización.

En este sentido, para finalizar este trabajo y subrayar la historicidad de la estandarización de *Gallus gallus*, discutiré una serie de aspectos que cobran relevancia en los episodios descritos previamente: (1) los distintos tipos de estandarización que se entrelazan, (2) los criterios “locales” con los que se llevaron a cabo cada uno de los proyectos, (3) y la interacción entre personajes provenientes de distintos ámbitos. Como se ha mostrado previamente, dichos aspectos están relacionados entre sí, pero su análisis por separado me permitirá dar cuenta de las particularidades de mi estudio de caso, así como de su relevancia para discusiones dentro de los estudios de la ciencia.

5.1 Distintos estándares y tecnologías interactúan en la estandarización del pollo doméstico

Como se señaló en la introducción de este trabajo, una de las preguntas de las que parte esta tesis es: ¿cómo fue estandarizada la cepa de *Gallus gallus* que se utiliza en el laboratorio? Con base en la investigación detallada previamente, responder esta pregunta requiere reconocer que no existe una única cepa utilizada en la investigación biológica, sino varias. A lo largo de los tres capítulos previos se muestra la manera en que distintas características materiales de *Gallus gallus* han sido el foco de atención de grupos de investigación que requerían producir poblaciones *estándares* de esta ave, las cuales fuesen homogéneas en ciertas características con respecto a los criterios “locales” de una disciplina, un grupo de trabajo o un proyecto en curso.

Las características materiales seleccionadas por cada grupo constituyen rasgos biológicos de esta especie de ave; es decir, características anatómicas, inmunológicas, fisiológicas o hereditarias que pueden resultar de interés para la investigación biológica. No obstante, el constante papel de los intereses relacionados con la agricultura muestra que la selección de estos rasgos no se basa exclusivamente en criterios asociados con la investigación biológica “básica” y, más aún, en la genética temprana también jugaron un papel los criterios estéticos de los *fanciers*.

Esto muestra una característica de la estandarización de *Gallus gallus* que, muy posiblemente, se extiende a aquellos organismos modelo cuya importancia también es industrial o alimenticia. Como han señalado historiadores como S. Müller-Wille y B. Theunissen, microorganismos como las levaduras fueron estandarizadas en contextos de producción cervecera en la genética mendeliana clásica (Müller-Wille 2007, Theunissen 1996); queda por analizar si intereses similares siguen motivando la producción de líneas de levaduras que se utilizan constantemente en la investigación biológica.

Por otra parte, los episodios abordados muestran que el contexto agrícola también ha sido relevante en tanto las técnicas y granjas experimentales de la investigación agrícola posibilitaron los proyectos para estandarizar las parvadas a través de un control minucioso de sus condiciones. Dichas técnicas incluyen el uso de protocolos y herramientas que a su vez están estandarizadas y son utilizadas regularmente en la investigación de ese tipo.

A continuación, retomaré este punto para señalar que existe cierto grado de integración entre técnicas y estándares relacionados con cada proyecto. Me interesa destacar estas cuestiones, pues ambas han sido contempladas previamente en la literatura sobre el tema (cf. Lampland & Star 2009, 5-8, Timmermans & Berg 2003, 24-27) y forman parte de la diversidad de elementos que posibilitan que *Gallus gallus* haya sido estandarizado. En la siguiente sección abordaré la manera en que se manifiestan estas interacciones y, en la parte final de esta sección, retomaré la diversidad de parvadas resultantes.

5.1.1 La estandarización requirió controlar las parvadas y la aplicación de distintas tecnologías

Como se muestra en el capítulo 2, producir razas de exhibición implica controlar ciertas circunstancias y condiciones de vida de los individuos o de las parvadas: Los *fanciers* específicamente controlaron la manera en que se reproducían los individuos de razas específicas.

Por ejemplo, la manera en que el pollo White Leghorn fue establecido muestra la preocupación por conseguir homogenizar la configuración material de un grupo de aves, a partir de la cruce minuciosa de distintas variedades. Algo similar ocurrió con las cepas establecidas por Reginald Punnett, las cuales fueron configuradas de tal manera que heredaran rasgos específicos, entre ellos, ciertos patrones de plumaje que les permitían cumplir (parcialmente) con el objetivo de sustituir métodos de sexado previos por uno más directo y eficaz.

En este sentido, Margaret Derry ha detallado las maneras en que los criadores fijaban características físicas en los animales de exhibición y producción, las cuales incluían distintos métodos para seleccionar y cruzar aves específicas (Derry 2012, 23).¹²⁶ Derry indica que estos métodos se combinaban frecuentemente para establecer nuevas variedades de animales con base en criterios distintos. Por ejemplo, la crianza basada en generar aves que correspondieran a un estándar (sin requerir explícitamente que fueran parte de una genealogía específica) se combinó con la crianza basada en criterios de pureza, la cual exigía un historial genealógico (un pedigrí) que garantizara la “pureza” del ave en cuestión (Derry 2012, 36-39). Es decir, estos métodos, sistematizados en las prácticas de cruce y selección de los criadores, permitían el cumplimiento de un estándar y la generación de nuevas variedades de animales de exhibición.

La importancia de la estandarización de las condiciones y procedimientos con el fin de producir cepas de aves es particularmente notoria en el segundo episodio. En dicho caso, homogeneizar las características de los corrales o gallineros y los entornos donde se desarrollaron las aves libres de patógenos específicos (LPE) permitió dar origen a parvadas que mantuvieran una cantidad mínima de agentes de enfermedades aviares. El trabajo de Roy E. Luginbuhl es representativo de que, para

¹²⁶ Estos métodos no solo se utilizaban para la crianza de aves de corral, sino también para otros organismos y frecuentemente son mencionados en la literatura histórica que aborda aspectos de la relación entre agricultura y genética a finales del siglo XIX e inicios del siglo XX (cf. Theunissen 2012).

lograr homogeneizar poblaciones de aves de este tipo, es necesario controlar los ambientes en los que se ellas se desarrollan, la manera en que ponen huevos y la forma en que son criadas.

Notoriamente, las tecnologías de alojamiento para animales de granja han servido para múltiples propósitos a lo largo de las distintas facetas de la estandarización del pollo doméstico. Sin ellas, no hubiera sido posible evitar que un grupo de pollos se mantuviera aislado y libre de un conjunto de enfermedades que suelen ser comunes en las granjas, de los patógenos que las causan y los vectores que las transmiten. Aunque hay que recordar que, previamente, estas tecnologías habían sido clave para el crecimiento de la industria avícola, pues permitían manejar poblaciones de animales mucho mayores a las que utilizaba la agricultura no industrializada, lo cual incrementó la cantidad de carne y huevos que una granja podía producir.

El diseño de un ambiente adecuado para mantener aves libres de enfermedades (sea para investigación o para agricultura) es un desarrollo histórico que parte del interés por la salud animal en la creciente industrialización de la agricultura. Como se muestra en el capítulo 3, este interés permitió el crecimiento de una rama de la investigación agrícola enfocada en aspectos inmunológicos de los animales de granja y en la cual se desarrollaron, entre otros, pruebas para monitorear la presencia de enfermedades como la salmonelosis o la enfermedad de Marek en los pollos, así como vacunas y medicamentos para prevenir varios padecimientos. Una vez más, dichas pruebas inmunológicas sirven para validar a individuos como pertenecientes a un determinado grupo de aves (las aves LPE), es decir funcionan como “pruebas” (*sensu* Busch 2011); de la misma manera en que libros como el *“Standard of Perfection”* servían como un recurso para evaluar la pertenencia de un individuo a una raza específica.

Además de las pruebas que permiten validar a individuos específicos, existen otros desarrollos tecnológicos que posibilitaron la estandarización a gran escala y la expansión del uso de dichos

estándares. Dentro de ellos encontramos los métodos de incubación y los medios de transporte cada vez más eficientes que permitían transportar aves. Como se señala en el capítulo 2, desde inicios del siglo XX, la incubación artificial tuvo un auge en contextos asociados a la agricultura, particularmente a la creciente industrialización de ésta. En dicha área, personajes que se especializaron en la incubación artificial dieron origen a establecimientos con una actividad comercial propia: las *hatcheries*, en donde se propagaban individuos de razas específicas que se distribuían a las crecientes granjas. En este punto, Derry ha señalado que el negocio de la incubación artificial comenzó a influir en qué razas se utilizaban más en las granjas, en detrimento de otras variedades (Derry 2012, 128-134).

En combinación con un creciente sistema de líneas de trenes y la autorización del servicio postal para enviar animales vivos (en el caso de Estados Unidos), las *hatcheries* se volvieron un actor relevante en la agricultura. Si bien no se ha discutido la influencia que pudo tener la investigación científica y tecnológica en este sector, lo cierto es que a mediados del siglo XX las incubadoras ya eran utilizadas comúnmente por laboratorios de investigación interesados en el pollo. Por ejemplo, el artículo “clásico” de V. Hamburger y H. Hamilton sobre las etapas de desarrollo embrionario de *Gallus gallus* sugiere que los aparatos de incubación utilizados no diferían de aquellos utilizados en una granja.

Ciertamente, el establecimiento de aves útiles para experimentos de inmunología y virología requiere un mayor control de los factores ambientales en los que crecen las parvadas, que la cruce selectiva de ciertos ejemplares de exhibición. No obstante, ambos casos muestran que la estabilidad de un estándar material se sustenta en su anidación con procedimientos específicos y repetibles, así como en tecnologías que posibilitan (más no determinan de antemano) sus resultados. En términos de Stefan Timmermans y Marcus Berg (2003), los estándares de diseño (para producir parvadas) se articulan con estándares procedimentales (para mantenerlas libres de

patógenos). Más aun, si bien las tecnologías mencionadas han sido cruciales para llevar a cabo la estandarización de *Gallus gallus*, estas tienen que ser comprendidas como parte de una red de actores, instituciones y diversos elementos que, como vimos, se articulan en cada episodio a partir de sus propios objetivos (ver sección 5.2).

5.1.2 La estandarización de *Gallus gallus* se ha dado mediante una heterogeneidad de proyectos

Como se muestra en los capítulos anteriores, una multitud de proyectos han surgido con el fin de estandarizar distintas variedades de la especie *Gallus gallus* que resultan útiles para la investigación. Por ejemplo, el capítulo 2 aborda el caso de los genetistas de inicios del siglo XX, quienes consideraban a los rasgos estandarizados de las razas de exhibición como una ventaja para investigar la manera en que ciertos rasgos se heredaban. En dicho contexto, esta ave se convirtió en un instrumento que permitía poner a prueba las hipótesis y teorías de la naciente genética. Adicionalmente, algunos genetistas como Reginald Punnett buscaron la manera de desarrollar variedades que fueran útiles tanto para el estudio de la genética como para la agricultura y otros, como Raymond Pearl, buscaron (con mayor o menor éxito) que la investigación en esta área se aplicara con éxito a la práctica agrícola. Casos como estos revelan, desde el primer episodio de estandarización, uno de los rasgos distintivos de este organismo experimental: su carácter dual en la investigación básica y la producción agropecuaria (ver sección 5.3).

Por otra parte, el interés por estandarizar a esta ave para hacerla un organismo adecuado para la investigación no se agota en la genética de Punnett o Pearl. Como se muestra en el capítulo 3, la estandarización de rasgos estéticos no es suficiente para proporcionar especímenes adecuados para la investigación de problemas inmunológicos. Por esta razón, la estandarización inmunológica cobró relevancia en contextos como el de personajes como Roy E. Luginbuhl, los cuales, a través de las aves LPE, buscaban cumplir el objetivo de asegurar que los resultados de su investigación en

virología estuvieran libres de variables no contempladas. Como se señaló anteriormente, este tipo de estandarización requirió implementar un mayor control de las parvadas, de tal forma que la probabilidad de contagio por patógenos fuese mucho menos frecuente.

Finalmente, el capítulo 4 gira en torno al uso de poblaciones estandarizadas de pollo doméstico en la genómica, las cuales fueron un producto del interés por mapear los genes de toda la especie *Gallus gallus*, ya no de variedades particulares. Por tanto, los personajes asociados a la secuenciación privilegiaron ciertos criterios sobre otros que habían sido importantes anteriormente; los cuales son producto de la creciente importancia atribuida a la investigación genómica. Por ejemplo, la cepa UCD001 fue elegida por su supuesta similitud con el ancestro silvestre de los pollos domésticos y su elección fue basada en el supuesto de que con ella se podría obtener una secuencia genómica “básica” para investigaciones biológicas de distintos tipos. Aunque, como hemos visto, esta perspectiva cambió posteriormente, la secuencia genómica obtenida ciertamente sirvió como base para comparar distintas variedades de esta ave, incluidas aquellas con cierta importancia agrícola.

Los ejemplos mencionados indican que la estandarización de las características físicas se considera un procedimiento necesario para el establecimiento de *Gallus gallus* como un organismo modelo. En consecuencia, hay una estrecha relación entre las características de las aves y las necesidades de los investigadores, así como con sus contextos de investigación, herramientas y circunstancias que promueven la producción de nuevas variedades de aves. En este sentido, estos episodios muestran que difícilmente un proyecto de estandarización específico puede abarcar todas las necesidades del investigador y todas las características materiales del pollo doméstico relevantes para su uso como organismo modelo.

Difícilmente este es un rasgo exclusivo de *Gallus gallus*, ya que muchas de las especies que se utilizan como organismos experimentales en la biología muestran una cierta diversidad material, la cual depende fuertemente del problema o del campo de investigación en que se utilizan. En específico, la heterogeneidad de procesos de estandarización en el caso de *Gallus gallus* puede derivar de sus peculiaridades como organismo modelo en la investigación agrícola y biológica. Por ejemplo, especímenes estandarizados provenientes de contextos de exhibición y agrícolas han sido reconfigurados en investigaciones enfocadas en problemas de “investigación básica” (ver sección 5.3). Sin embargo, con base en los episodios descritos, queda claro que la multitud de proyectos y criterios utilizados para estandarizar un organismo modelo pone de relieve el carácter “local” que comparten proyectos de estandarización.

5.2 La estandarización “local” de *Gallus gallus*

Los objetivos de la estandarización del pollo doméstico son marcadamente específicos. La diversidad de proyectos que presenté sugiere la existencia de prácticas de estandarización que, en principio, no pretenden tener un carácter universal, en abierto contraste con los ejemplos comunes que trata la literatura histórica y de la epistemología histórica, como el sistema métrico decimal (Alder 1995) o el establecimiento de cepas “autorizadas” de bacteriófagos T por personajes como Max Delbrück en la naciente biología molecular (Summers 2004, 15). El proceso de estandarización que describí produce individuos que, al ser homogéneos para un contexto específico, permiten llevar a cabo investigaciones sobre características y procesos biológicos considerados de importancia.

Esta situación es común en varios organismos experimentales, que se estandarizan con base en criterios locales concernientes a la disciplina, el ámbito o el experimento en que se piensa

utilizarlos.¹²⁷ Y, si bien es cierto que el proyecto de secuenciación genómica de esta especie se buscó una variedad que fuera representativa de toda la especie, la estandarización de las cepas de *Gallus gallus* utilizadas en dichos proyectos mantiene un carácter local y, hasta cierto punto, disciplinar que se relaciona con la posibilidad de mapear los genes de la especie. Quizá fuera dicha utilidad específica para este tipo de proyectos lo que evitó que las variedades utilizadas en la secuenciación se establecieran como las cepas predominantes en la investigación biológica (como sí sucede con las cepas de otros organismos)¹²⁸.

Por tanto, es importante señalar que mi investigación reafirma un punto sugerido por autores de estudios de la ciencia como S. Timmermans y M. Berg (1997): que la estandarización es preminentemente local. En particular, estos autores señalan que la universalidad que se busca en proyectos de estandarización surge de procesos de negociaciones, relaciones institucionales e infraestructuras y materiales preexistentes. Por tanto, la supuesta “universalidad” de los estándares surge de procesos de estandarización que se dan en contextos específicos, locales, en donde las “trayectorias” de los actores involucrados se redirigen hacia la cristalización del estándar (Timmermans & Berg 1997).

De manera similar, los episodios abordados muestran que las distintas variedades de pollos surgen con objetivos relativos al campo disciplinario, las preguntas particulares y los intereses de cada grupo involucrado. Es decir, los objetivos de cada proyecto de estandarización son locales y establecidos por un grupo de personas con base en intereses particulares y el “terreno” de aplicación de los estándares producidos es generalmente planteado como algo relacionado con el uso de *Gallus gallus* en una disciplina específica. En este sentido, aunque los episodios dejan claro que el uso de *Gallus gallus* como organismo modelo es resultado de la estandarización, la

¹²⁷ Ankeny y Leonelli (2011) señalan que esto es un rasgo distintivo de los organismos experimentales, en contraste con las especies del PGH.

¹²⁸ Ver, particularmente, los casos de *C. elegans* (Ankeny 2001) y *Arabidopsis thaliana* (Leonelli 2007).

estandarización de esta ave para la investigación biológica no conlleva un único resultado. Esto se vuelve aún más notorio si tomamos en cuenta que los intereses de la investigación agrícola también están involucrados, como se discutirá en la siguiente sección.

5.2.1 La diversidad de las relaciones entre la agricultura y la biología

El interés por estandarizar a *Gallus gallus* se ha originado en la intersección de contextos heterogéneos, incluso al interior de la agricultura y la biología, áreas que, esta investigación destaca, son internamente diversas. Esto se refleja, por ejemplo, en la estandarización de las razas agrícolas en los inicios de la agricultura industrial, en donde distintos sectores influyeron en qué razas de pollo eran utilizadas y otros sectores fueron excluidos. Por ejemplo, los *hatchers*, aquellas personas que se dedicaban a incubar huevos artificialmente y distribuir las aves recién nacidas a los agricultores, llegaron a determinar qué variedades se propagaban mediante la incubación y cuáles no, en detrimento de los criadores tradicionales (Derry 2012, 128-134).

Claramente, la investigación agrícola es la disciplina que mayor influencia tuvo en la estandarización de las razas descritas en los episodios previos y sus intereses cambiantes impulsaron proyectos de estandarización particulares. Por ejemplo, el énfasis en desarrollar variedades cada vez más productivas (con mayor puesta de huevos o con un volumen mayor de carne) condujo al establecimiento de razas estándar como aquellas ganadoras del concurso “The Chicken of Tomorrow”.

La investigación agrícola, no obstante, no es un campo conformado por un único sector. Como se muestra principalmente en el capítulo 3, esta área está conformada por personajes diversos que incluyen a investigadores que estudian características biológicas relacionadas con la productividad del pollo doméstico, personas interesadas en el desarrollo de tecnologías para aumentar dicha productividad e, incluso, personajes que se encargan de la promoción y distribución del

conocimiento científico entre los agricultores (como los agentes de extensión). El éxito de la investigación agrícola puede ser analizado de manera crítica a raíz de la creciente preocupación por el bienestar animal y la seguridad alimenticia. Pero, de cualquier forma, los intereses particulares de esta área han influido marcadamente en la manera en que se estandarizan las características de las aves utilizadas en la agricultura. Y, dado que la esfera agropecuaria y económica resultan tan importantes en el caso de esta especie, es claro que las investigaciones llevadas a cabo en los ámbitos de la productividad y la salud animal han sido cruciales para determinar las características físicas de las aves actuales utilizadas en la industria alimenticia.

Ahora bien, esta influencia también impacta a las variedades utilizadas en la investigación biológica, las cuales son resultado de intereses que se enfocan en características biológicas de la especie *Gallus gallus* que tienen una relevancia para la investigación y la industria como áreas interrelacionadas. Por ejemplo, R. E. Luginbuhl combinó su interés por llevar a cabo investigación inmunológica en aves LPE adecuadas, con el potencial comercial de dichas aves en el mercado de organismos para investigación virológica e inmunológica. Casos como este indican que las intersecciones entre investigación básica, agricultura y productividad motivaron y dirigieron la estandarización del pollo doméstico.

Ciertamente, las ciencias biológicas muestran también diversidad en aquellos campos donde se estandarizó esta especie. Es decir, los episodios no muestran un campo homogéneo de “investigación biológica”, sino que la genética, la inmunología y la genómica son tres áreas distintivas que han producido sus propias variedades estandarizadas de *Gallus gallus*. De manera relevante, estas tres áreas lograron interactuar de distintas formas con la investigación agrícola y articularse con ella en proyectos de estandarización, creando intersecciones entre la investigación experimental y sus aplicaciones productivas agropecuarias. Este no es el caso de otras disciplinas

donde el pollo doméstico ha sido muy relevante como la biología del desarrollo o las ciencias cognitivas.

Un ejemplo notorio de dichas intersecciones se da en la secuenciación del genoma del pollo doméstico, donde distintos grupos de investigación promovieron a *Gallus gallus* como una especie de importancia y se buscó activamente la integración de las comunidades agrícola y biológica. Es decir, de manera similar al caso de otros organismos modelo, la secuenciación fue un punto de encuentro entre personajes pertenecientes a distintas disciplinas interesadas en una especie en particular. En contraste, esta integración parece haber mostrado menor solidez en comparación con los casos de otras especies, pues los congresos en torno a la genómica del pollo se declinaron por cuestiones propiamente biológicas a medida que se organizaron nuevas reuniones académicas (ver sección 4.5). Aun así, la interacción de distintas disciplinas de la biología con la investigación agrícola fue crucial para que el proyecto de secuenciación haya sido promovido y llevado a buen término, lo cual enfatiza una vez más la importancia de la investigación agrícola en impulsar el papel del pollo doméstico como un organismo modelo.

Un último punto por destacar tiene que ver con el papel del pollo doméstico entre distintos grupos de personajes. A diferencia de J. Marie, quien habla de esta ave como un “objeto-frontera” entre la agricultura y la genética de inicios del siglo XX, mis episodios omiten el uso de dicho término introducido por S. L. Star y J. Griesemer. Esta noción, en su acepción original, busca enfatizar aspectos específicos de la colaboración entre distintos grupos de personas que trabajan en torno a un objeto sin alcanzar claramente un consenso (Star & Griesemer 1989). Entre estos aspectos se destaca la “flexibilidad interpretativa” del objeto en cuestión, las estructuras surgidas en torno a las necesidades de información y de trabajo de los grupos que trabajan con él, y los movimientos

de ida y vuelta entre usos más o menos específicos del objeto por parte de los actores involucrados (Star 2010).¹²⁹

Por una parte, mi trabajo omite el uso de esa noción, pues para hablar del pollo doméstico como un objeto-frontera no bastaría señalar que mis episodios muestran a varias comunidades de actores que utilizan a *Gallus gallus*. En cambio, los episodios descritos deberían profundizar en el surgimiento de estructuras y lenguajes compartidos para lograr la colaboración entre la investigación agrícola y la biología. Además de que deberían analizar con mayor detalle los usos particulares de esta ave en dichos ámbitos y en, al menos, varios de los grupos de actores previamente mencionados.

Lejos de destacar dichos aspectos, me he ocupado de señalar cómo diversos factores se articulan y posibilitan episodios concretos de la estandarización de *Gallus gallus* y cómo estos factores se han transformado en distintas circunstancias que se articulan con la investigación biológica. Ciertamente, cada episodio podría servir como base para un análisis del papel del pollo como un objeto-frontera: por ejemplo, el proyecto de secuenciación genómica pudo fungir como punto de colaboración en donde, sin un consenso, surgieran lenguajes y estructuras de información y trabajo comunes. No obstante, este no es el principal interés de la tesis, sino destacar que la historicidad de la estandarización.

5.3 El pollo doméstico como organismo modelo

Ankeny y Leonelli han señalado que la “biología de organismos modelo” es un área de investigación distintiva, derivada de los proyectos de secuenciación genómica de finales del siglo XX e inicios del XXI. Estas autoras distinguen a los “organismos modelo” utilizados en esta área, de

¹²⁹ En este sentido, Marie, al igual que muchos otros autores, se han enfocado específicamente en la flexibilidad interpretativa de los objetos-frontera y ha dejado de lado las otras dos características de dichos objetos, en las cuales se destacan la importancia de estructuras para el trabajo colaborativo y el uso del objeto en los contextos específicos y compartidos a los que pertenecen los participantes.

aquellos “organismos experimentales” utilizados en otras disciplinas de la biología. Esta distinción se sustenta en el hecho de que la investigación con organismos modelo se lleva a cabo por comunidades que ven a una especie determinada como un modelo capaz de representar a muchas más especies y que sostienen un enfoque integrativo en cuanto a los distintos rasgos biológicos representados en su modelo. Más aun, esta investigación ha desarrollado una serie de características materiales que incluyen bases de datos de información genómica y bancos de especímenes de cepas estandarizadas.

Aunque el capítulo 3 indica que hubo un desarrollo de cepas de pollo asociadas a la genómica, es posible ver que estas cepas son parte de la heterogeneidad de procesos y criterios alrededor de la estandarización de *Gallus gallus* destacados en la tesis. Más aun, las cepas de la genómica no parecen ocupar un papel central en muchos de los laboratorios de investigación biológica. En cambio, y en concordancia con lo descrito por Robert Kirk (2012), gracias a su flexibilidad para servir como material estándar, son las aves libres de patógenos aquellas que se utilizan de manera común en distintos laboratorios, a pesar de que éstos no se dediquen específicamente a la virología o el estudio del cáncer. Es decir, a pesar de la creciente relevancia de la genómica, el “pollo estándar” suele ser alguna línea LPE. Más aun, áreas como las ciencias cognitivas, o ciertos laboratorios de investigación, hacen uso de cepas que también se utilizan en la agricultura.

De acuerdo con Ankeny y Leonelli, se podría argumentar que dichos usos no corresponden a los usos de los “organismos modelo” en la genómica. No obstante, no es claro que la comunidad del pollo haga uso constante de las cepas que se utilizaron para secuenciar el genoma de *Gallus gallus*, sino que estas son cepas que, al igual que las de otras disciplinas, se encuentran restringidas a usos particulares relacionados con el mapeo genético.

Con base en estas cuestiones, los episodios desarrollados en capítulos previos muestran que el uso de *Gallus gallus* como un organismo para investigación (“organismo experimental”, *sensu* Ankeny y Leonelli) se ha potencializado debido a su estandarización. Esto es, distintas comunidades de personas que consideran esta especie como un organismo adecuado para la investigación biológica han considerado prioritario establecer poblaciones estándar de pollo doméstico para poderlo usar adecuadamente (según sus propios criterios). Aunque se pudiera argumentar que esta ave ha sido un organismo de investigación desde antes del surgimiento de la genética Mendeliana (Bäumer-Schleinkofer 1991), mi investigación muestra que la estandarización claramente ha sido un factor relevante para que esta ave siguiera siendo utilizada durante la genética de inicios de siglo XX, la inmunología de mediados de dicho siglo y la genómica de inicios del siglo XXI. Es decir, la estandarización exitosa de *Gallus gallus* en contextos como estos ha contribuido a que esta especie continúe teniendo vigencia en distintas áreas de investigación en ciencias de la vida.

Sin embargo, hay que recordar que una de las particularidades del pollo doméstico es que la exhibición y la agricultura también se han involucrado en el establecimiento de dichas variedades estandarizadas. A lo largo de la tesis he señalado que ambos campos han mantenido una influencia considerable en la manera en que se estandariza al pollo doméstico para investigación, puesto que varios de los proyectos de estandarización analizados han sido justificados tanto por su valor para la investigación “básica”, como por su importancia para la investigación agrícola o el desarrollo de variedades productivas. La influencia de la agricultura o la investigación agrícola es un factor común a lo largo de proyectos que han estandarizado al pollo doméstico y su importancia es patente a lo largo de los episodios.

5.4 La estandarización del pollo doméstica muestra un carácter histórico e historicista

He señalado que mi investigación aporta una perspectiva histórica e historicista al tema de la estandarización en las ciencias de la vida, pues los episodios que se han analizado en esta tesis destacan la historicidad en varios sentidos: (1) en la articulación de distintos objetivos e intereses prácticos y epistémicos en cada episodio descrito, que producen variedades localmente estandarizadas, a diferencia de la estandarización de otros reconocidos organismos como *Drosophila melanogaster*, *Arabidopsis thaliana* o *E. coli*, en las que se han producido cepas estándar globales que se usan en distintos contextos disciplinarios; (2) en la contingencia de las relaciones entre los episodios, es decir, entre los procesos de estandarización de un organismo que responden a objetivos prácticos y epistémicos locales y que son retomados en distintas direcciones; (3) en la falta de direccionalidad de estos procesos, es decir, la ausencia de un conjunto de criterios globales aplicables a todos los casos de estandarización de este organismo; y (4) en las características biológicas –la variabilidad genética y la historia evolutiva– propias de la especie *Gallus gallus* y que la hacen útil para la investigación en áreas particulares de la investigación en las ciencias de la vida.

En otras palabras, la estandarización del pollo doméstico articula y reconfigura los intereses de actores que provienen de disciplinas como la genética clásica y la genómica, y otras aparentemente distantes como las ciencias agrícolas y la inmunología; y cada proyecto de estandarización (analizado en cada capítulo de esta tesis) se retoma (y reconstruye) en los siguientes mediante el uso de parvadas generadas previamente. Dicha recuperación del trabajo de estandarización previo se da en función de los intereses locales de los actores de los proyectos subsecuentes. Por esta razón, los episodios no “derivan” necesariamente el uno del otro ni tienen un objetivo o una direccionalidad común; los une exclusivamente una historia contingente. Finalmente, las características de la especie *Gallus gallus* contribuyen a que existan distintos

proyectos de estandarización enfocados en aspectos materiales específicos de esta especie, pues distintos rasgos biológicos del pollo doméstico -como la relativa facilidad de utilizarlos en experimentos de cruzamientos mendelianos o de cultivar virus en su embrión- han sido objeto de interés de dichos proyectos.

Un resultado de la historicidad de la estandarización ha sido la modificación constante de las poblaciones estandarizadas de *Gallus gallus*. A diferencia de lo que ocurre con especies como *C. elegans* (Ankeny 2001), no existe una atención focalizada a una sola variedad estandarizada de pollo doméstico para investigación, pues las cepas estándar de pollo no se han establecido con un objetivo de hacerlas aplicables a todo contexto. Por ejemplo, la estandarización de los rasgos genéticos del pollo no ha sido primordial en proyectos como el de las aves LPE, cuya estandarización se basó primordialmente en criterios inmunológicos. Más aun, proyectos que intentan estandarizar directamente los rasgos genéticos de ciertas poblaciones, no se contraponen a la existencia de otras cepas que homogenizan un conjunto de rasgos distintos. Esto resulta en que la estandarización conserve un carácter dinámico, aún en su uso como un organismo experimental por parte de personas que consideran prioritario reducir la variabilidad en una población de organismos, pero que utilizan criterios distintos para validar la utilidad de las distintas poblaciones resultantes en su práctica cotidiana.

Resulta relevante retomar estos puntos, pues a lo largo de la literatura de los estudios de la ciencia, la estandarización se ha descrito como una actividad cuyo objetivo principal es homogeneizar objetos y reducir la variabilidad de una población. En el caso de la biología y el uso de organismos vivos para investigación, la homogenización involucra dificultades adicionales pues, aunque se considera necesario obtener resultados generalizables durante la experimentación, las poblaciones de organismos estandarizados muestran aún algún rango de variación, en virtud de los procesos biológicos de corto o largo alcance que inciden en ellas (p.ej. la reproducción sexual o

la evolución). Este tipo de circunstancias, en conjunto con la naturaleza de los proyectos detallados en esta tesis, hacen la estandarización de organismos experimentales permanezca abierta a nuevos enfoques derivados de las diversas prácticas que conforman las ciencias de la vida.

Al analizar las discusiones sobre estandarización a través del caso concreto de un organismo como el pollo doméstico, las perspectivas de los estudios de la ciencia pueden ser complementadas, su generalidad puede ser ponderada, y el panorama en torno a una práctica que parece homogénea (la estandarización) puede ser ampliado. En resumen, mi tesis muestra que los análisis generales sobre la producción de estándares, y la literatura histórica-filosófica acerca de los organismos modelo, se enriquecen con la reconstrucción detallada de estudios de caso como el que se presenta en esta tesis, los cuales no sólo establecen la dinámica de construcción, establecimiento y modificación de estándares en prácticas locales, sino que generan nuevas preguntas y perspectivas (*insights*) que profundizan nuestro análisis de este tipo de prácticas. Lejos de ser un ejemplo de la aplicación de una receta única para un sinfín de problemas, la estandarización de *Gallus gallus* muestra, más que ninguna otra especie de organismo modelo previamente analizado, los procesos contingentes en que los actores y sus intereses transforman sus materiales de estudio y de intervención, volviéndolos adecuados para la obtención de resultados fiables. Y, por otra parte, que la homogeneidad de estos organismos es transitoria, pues la variabilidad genética continúa presente al ser producto de la evolución biológica y los actores redirigen la estandarización hacia nuevos objetivos y prácticas que emergen en la dinámica de la investigación científica.

Bibliografía

9th Avian Model Systems meeting. *Avian Model Systems 9: A New Integrative Platform*. 2015.

<http://web.amyl.info/signup/index.php> (último acceso: 13 de Octubre de 2015).

Abplanalp, Hans. «Inbred Lines as Genetic Resources of Chickens.» *Poultry Science Reviews* 4

(1992): 29-39.

Adams, Jill, y Kenna Shaw. «Mapping Genes to Chromosomes: Linkage and Genetic Screens.»

Nature Education 1, nº 1 (2008): 11.

Alder, Ken. «A revolution to measure: The political economy of the metric system in France.» En

The Values of Precision, de M. Norton Wise, 39-71. Princeton, New Jersey: Princeton

University Press, 1995.

Allen, G. E. «T. H. Morgan and the Emergence of a New American Biology.» *The Quarterly Review*

of Biology 44, nº 2 (1969): 168-188.

American Poultry Association. «APA Recognized Bantam Breeds and Varieties.» *American Poultry*

Association. Abril de 2015b. [http://www.amerpoultryassn.com/Bantam%20Breeds%20-](http://www.amerpoultryassn.com/Bantam%20Breeds%20-%20APA%20Web.pdf)

[%20APA%20Web.pdf](http://www.amerpoultryassn.com/Bantam%20Breeds%20-%20APA%20Web.pdf) (último acceso: 18 de Mayo de 2015).

—. «APA Recognized Large Fowl Breeds and Varieties.» *American Poultry Association*. Abril de

2015a.

<http://www.amerpoultryassn.com/Large%20Fowl%20%20%20%20APA%20WEB.pdf>

(último acceso: 18 de Mayo de 2015).

—. *The American Standard of Excellence*. Buffalo, New York: American Poultry Association, 1874.

—. *The American Standard Of Perfection*. American Poultry Association, 1910.

- American Poultry Journal Publishing Company. *Origin and History of All Breeds of Poultry: trustworthy information regarding the origin and history of all recognized varieties of chickens, ducks and geese*. Chicago: American Poultry Journal Publishing Company, 1908.
- Ankeny, Rachel A. «Fashioning Descriptive Models in Biology: Of Worms and Wiring Diagrams.» *Philosophy of Science* 67 (2000): S260-S272.
- Ankeny, Rachel A. «Historiographic Reflections on Model Organisms: Or How the Mureaucracy May Be Limiting our Understanding of Contemporary Genetics and Genomics.» *History and Philosophy of the Life Sciences* 32, nº 1 (2010): 91-104.
- Ankeny, Rachel A. «Wormy logic: Model Organisms as Case-Based Reasoning.» En *Science without laws: Model Systems, Cases, Exemplary Narratives*, de Angela N.H. Creager, Elizabeth Lunbeck y M. Norton-Wise, 46-58. Chapel Hill: Duke University Press, 2007.
- Ankeny, Rachel A., and Sabina Leonelli. "What's So Special About Model Organisms?" *Studies in History and Philosophy of Science* 42, no. 2 (Junio 2011): 313-323.
- Ankeny, Rachel A., y Sabina Leonelli. «What's so special about Model Organisms?» *Studies in History and Philosophy of Science* 42, nº 2 (Junio 2011): 313-323.
- Anónimo. «Chicken Genome Assembled.» *NIH News Advisory*. 1 de Marzo de 2004.
www.genome.gov/11510730 (último acceso: Abril de 2012).
- Anónimo. «International Chicken Genome Workshop - Final Report.» Workshop report, Cambridge, 2003.
- Anónimo. «Nunc Dimittis: Bruce Glick.» *Poultry Science* 88, nº 5 (2009): 1129.
- Anónimo. «Obituary: Dr. Roy Luginbuhl.» *Avian Diseases* 44, nº 3 (2000b): 488-489.

- «700 Poultry Scientists Leave After Conference.» *The Hartford Courant*, 16 de Agosto de 1952c:
2.
- «Bond Issuance Approved For Facilities At Uconn.» *The Hartford Courant*, 2 de Agosto de 1957:
3.
- «Change Planned For Next Storrs Egg Laying Test.» *The Hartford Courant*, 4 de Abril de 1955a:
6.
- «Chicks Sex On Leaving Shell Known.» *The Hartford Courant*, 3 de Agosto de 1933: 2.
- «Luginbuhl, Roy.» *The Hartford Courant*, 16 de Mayo de 2000a: B6.
- «Poultry Experts Get \$21,000 for Research.» *The Hartford Courant*, 20 de Junio de 1959b: 6B.
- «Poultry Feeds To Be Discussed.» *The Hartford Courant*, 28 de Abril de 1959a: 6C.
- «Poultry Pathologist Accepts German Job.» *The Hartford Courant*, 20 de Junio de 1959c: 6C.
- «Poultry Science Group Will Meet at Storrs.» *The Hartford Courant*, 8 de Agosto de 1952a: 2.
- «Poultry Science Session Opens on Uconn Campus.» *The Hartford Courant*, 12 de Agosto de
1952b: 16A.
- «Program Is Completed For UofC Poultry Day.» *The Hartford Courant*, 16 de Julio de 1953: 6B.
- «R. E. Luginbuhl Receives Grant For Yale Study.» *The Hartford Courant*, 28 de Octubre de
1955b: 14B.
- «Research In Animal, Poultry Health Slated.» *The Hartford Courant*, 27 de Octubre de 1941: 16.
- «Uconn Professor Gets \$4,900 Research Grant.» *The Hartford Courant*, 14 de Noviembre de
1962: 18.

—. «Uconn Promotes 23 Of Faculty, 4 To Professor.» *The Hartford Courant*, 7 de Junio de 1958a:

4A.

—. «Uconn To Open New Poultry Science Hall.» *The Hartford Courant*, 6 de Septiembre de 1959b:

14B.

—. «UofC Man Teaching Germans About Hens.» *The Hartford Courant*, 12 de Junio de 1958b: 6A.

—. «UofC Study Will Determine Virus Dangers.» *The Hartford Courant*, 20 de Enero de 1963: 29A3.

—. «Yale To Graduate 437 State Students Monday.» *The Hartford Courant*, 7 de Junio de 1959a:

20A.

Antin, Parker B., y Jay H. Konieczka. «Genomic Resources for Chicken.» *Developmental Dynamics*

232, n° 4 (2005): 877–882.

Bäumer, Änne. «Die Entwicklung des Hühnchens im Ei.» Johannes Gutenberg-Universität, 1985.

Bäumer-Schleinkofer, Änne. «Die Embryologie in Spannungsfeld zwischen Tradition und Empirie.»

Berichte sur Wissenschaftsgeschichte 14, n° 2 (1991): 107-119.

Benson, Keith R. «American Morphology in the Late Nineteenth Century: The Biology Department

at Johns Hopkins University.» *Journal of the History of Biology* 18, n° 2 (1985): 163-205.

Board of Trustees, University of Connecticut. «Minutes, February 17, 1965.» *Agendas and Minutes*.

Storrs, 1965. 3383-3394.

Boardman, Paul E., y otros. «A Comprehensive Collection of Chicken cDNAs.» *Current Biology* 12,

n° 22 (2002): 1965–1969.

Bolker, Jessica A. «Model Systems in Developmental Biology.» *BioEssays* 17, n° 5 (1995): 451-455.

- Bonneuil, Christophe. «Mendelism, Plant Breeding and Experimental Cultures: Agriculture and the Development of Genetics in France.» *Journal of the History of Biology* 39, nº 2 (2006): 281-308.
- Bowker, Geoffrey, y Susan Leigh Star. *Sorting things out*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 1999.
- Bowler, Peter J. «El surgimiento del mendelismo.» En *Filosofía e Historia de la Biología*, de Ana Barahona, Edna Suárez y Sergio Martínez, 379-398. Ciudad de México: UNAM, 2004.
- Boyd, William. «Making Meat: Science, Technology, and American Poultry Production.» *Technology and Culture* 42, nº 4 (Octubre 2001): 631-664.
- Bumstead, Nat, M. B. Huggins, y J. K. A. Cook. «Genetic differences in susceptibility to a mixture of avian infectious bronchitis virus and Escherichia coli.» *British Poultry Science* 30, nº 1 (1989): 39-48.
- Bumstead, Nat, y B.J. Millard. «Variation in susceptibility of inbred lines of chickens to seven species of Eimeria.» *Parasitology* 104, nº 3 (1992): 407-413.
- Bumstead, Nat, y Jan Palyga. «A preliminary linkage map of the chicken genome.» *Genomics* 13, nº 3 (1992): 690-697.
- Bumstead, Nat, y Paul Barrow. «Resistance to Salmonella gallinarum, S. pullorum, and S. enteritidis in Inbred Lines of Chickens.» *Avian Diseases* 37, nº 1 (1993): 189-193.
- Burian, Richard M. «How the Choice of Experimental Organism Matters: Epistemological Reflections on an Aspect of Biological Practice.» *Journal of the History of Biology* 26, nº 2 (1993): 351-367.

- Burian, Richard M. «The Dilemma of Case Studies Resolved: The Virtues of Using Case Studies in the History and Philosophy of Science.» *Perspectives on Science* 9, nº 4 (2001): 383-404.
- Burt, David W. «Chicken genome: Current status and Future Opportunities.» *Genome Research* 15, nº 12 (2005): 1692-1698.
- Burt, David W. «Chicken genomics charts a path to the genome sequence.» *Briefings in Functional Genomics and Proteomics* 3, nº 1 (2004): 60-67.
- Burt, David W. «Emergence of the Chicken as a Model Organism: Implications for Agriculture and Biology.» *Poultry Science* 86, nº 7 (2007): 1460-1471.
- Burt, David W., Nat Bumstead, J. James Bitgood, Abel Ponce de León, y Lyman B. Crittenden. «Chicken genome mapping: a new era in avian genetics.» *Trends in Genetics* 11, nº 5 (1995): 190-194.
- Busch, Lawrence. *Standards: Recipes for reality*. The MIT Press, 2011.
- Calnek, B. W. «Chicken neoplasia—a model for cancer research.» *British Poultry Science* 33, nº 1 (1992): 3-16.
- Chang, Timothy. «The Life of Timothy Chang.» *AAAP - Biographies of Professionals in Poultry Sciences*. 1998. <http://www.aaap.info/assets/documents/Bio%20-%20Chang%20-%20Timothy%20Scott.pdf> (último acceso: 22 de Mayo de 2015).
- Cheng, Hans H. «The Chicken Genetic Map and Beyond.» *1952 – 2003 National Poultry Breeders Roundtable Proceedings*. Tucker: Poultry Breeders of America, 1993.
- Cogburn, Larry A., et al. «Functional Genomics of the Chicken — A Model Organism.» *Poultry Science* 86, no. 10 (2007): 2059-2094.

- Comfort, Nathaniel C. «"The Real Point is Control": The Reception of Barbara McClintock's Controlling Elements.» *Journal of the History of Biology* 32 (1999): 133–162.
- Cooke, Kathy J. «From Science to Practice, or Practice to Science? Chickens and Eggs in Raymond Pearl's Agricultural Breeding Research.» *Isis* 88, nº 1 (Marzo 1997): 62-86.
- Cooper, Max D., Raymond D.A. Peterson, and Robert A. Good. "Delineation of the Thymic and Bursal Lymphoid Systems in the Chicken." *Nature* 205, no. 4967 (Enero 1965): 143-146.
- Creager, Angela N.H., Elizabeth Lunbeck, y M. Norton Wise. «Introduction.» En *Science Without Laws: Model systems, cases, exemplary narratives*, de Angela N.H. Creager, Elizabeth Lunbeck y M. Norton Wise, 1-20. Durham: Duke University Press, 2007.
- Crittenden, Lyman B., y otros. «Characterization of a Red Jungle Fowl by White Leghorn Backcross Reference Population for Molecular Mapping of the Chicken Genome.» *Poultry Science* 72, nº 2 (1993): 334-348.
- Damerow, Gail. *The Chicken Encyclopedia: An illustrated reference*. Storey Publishing, 2012.
- Davison, T.F. «The immunologists' debt to the chicken.» *British Poultry Science* 44, nº 1 (2003): 6-21.
- Delaney, Mary E. «Genetic variants for chick biology research: from breeds to mutants.» *Mechanisms of Development* 121, nº 9 (2004): 1169–1177.
- Department of Pathology and Veterinary Science. «Historical Perspective on the Department of Animal Diseases.» *University of Connecticut*. 2015.
<http://www.patho.uconn.edu/about/history.html> (último acceso: 23 de Mayo de 2015).
- Derry, Margaret E. *Art and Science in Breeding. Creating Better Chickens*. Toronto: University of Toronto Press, 2012.

- Derry, Margaret E. «Chicken Breeding: The Complex Transition from Traditional to Genetic Methods in the USA.» En *New Perspectives in the History of Life Sciences and Agriculture*, de Denis Philips y Sharon Kingsland, 371-393. Cham: Springer International Publishing, 2015.
- Diser, Lyvia. «Laboratory Versus Farm: The Triumph of Laboratory Science in Belgian Agriculture at the End of the Nineteen Century.» *Agricultural History* 86, nº 1 (2012): 31-54.
- Dodgson, Jerry B. «Chicken genome sequence: a centennial gift to poultry genetics.» *Cytogenetic and genome research* 102, nº 1-4 (2003): 291-296.
- Ekarius, Carol. *Storey's Illustrated Guide to Poultry Breeds*. Storey Publishing, 2007.
- Endersby, Jim. *A Guinea Pig's History of Biology*. Cambridge: Harvard University Press, 2007.
- Environmental Protection Agency. *Region 7 Concentrated Animal Feeding Operations (CAFOs)*. 30 de Abril de 2015. <http://www.epa.gov/region07/water/cafo/> (último acceso: 20 de Mayo de 2015).
- Feest, Uljana, y Thomas Sturm. «What (Good) is Historical Epistemology? Editors' Introduction.» *Erkenntnis* 75, nº 3 (2011): 285-302.
- Fierst, Janna L. «Using linkage maps to correct and scaffold de novo genome assemblies: methods, challenges, and computational tools.» *Frontiers in Genetics* 6 (2015): 220.
- Finlay, Mark R. «Hogs, Antibiotics, and the Industrial Environments of Postwar Agriculture.» En *Industrializing Organisms. Introducing Evolutionary History*, de Susan P. Schrepfer y Philip Scranton, 237-260. Nueva York: Routledge, 2004.
- Fox Keller, Evelyn. *A Feeling for the Organism*. W. Freeman and Company, 1983.

- Gandhi, Renu, and Suzanne M. Snedeker. "Consumer Concerns About Hormones in Food."
Program on Breast Cancer and Environmental Risk Factors. Cornell University. 5 Febrero
2003. <http://envirocancer.cornell.edu/factsheet/diet/fs37.hormones.cfm> (accessed Mayo
22, 2015).
- García-Deister, Vivette. «The Old Man and the Sea Urchin Genome: Theory and Data in the Work
of Eric Davidson.» *History and Philosophy of the Life Sciences* 33, nº 2 (2011): 147-164.
- Ginzburg, Carlo. *El Hilo y las Huellas. Lo verdadero, lo falso, lo ficticio*. Buenos Aires: Fondo de
Cultura Económica, 2010.
- Glick, Bruce. «Historical perspective: The bursa of Fabricius and its influence on B-cell
development, past and present.» *Veterinary Immunology and Immunopathology* 30, nº 1
(1991): 3-12.
- Glick, Bruce, Timothy S. Chang, and R. George Jaap. "The Bursa of Fabricius and Antibody
Production." *Poultry Science* 35, no. 1 (1956): 224-225.
- Goldman, Jason G. «Cognitive Chickens and Memorable Sea Slugs.» *Scientific American Blogs*. 15
de Mayo de 2013. [http://blogs.scientificamerican.com/thoughtful-animal/cognitive-
chickens-and-memorable-sea-slugs/](http://blogs.scientificamerican.com/thoughtful-animal/cognitive-chickens-and-memorable-sea-slugs/) (último acceso: 13 de Octubre de 2015).
- Groenen, Martien A.M., Richard P.M.A. Crooijmans, A. Veenendaal, Hans H. Cheng, M. Siwek, y J.J.
van der Poel. «A Comprehensive Microsatellite Linkage Map of the Chicken Genome.»
Genomics 49 (1998): 265-274.
- Groenen, Martin A.M., y otros. «A Consensus Linkage Map of the Chicken Genome.» *Genome
Research* 10, nº 1 (2000): 137-147.

- Gurdon, John B., y Nick Hopwood. «The introduction of *Xenopus laevis* into developmental biology: of empire, pregnancy testing and ribosomal genes.» *The International Journal of Developmental Biology* 22, nº 1 (2000): 43-50.
- Hamburger, Viktor, and Howard L. Hamilton. "A series of normal stages in the development of the chick embryo." *Journal of Morphology* 88, no. 1 (1951): 49-92.
- Harwood, Jonathan. «Introduction to the Special Issue on Biology and Agriculture.» *Journal of the History of Biology* 39, nº 2 (2006): 237-239.
- Harwood, Jonathan. «On the Genesis of Technoscience: A Case Study of German Agricultural Education.» *Perspectives on Science* 13, nº 3 (2005): 329-351.
- Hewson, P. «Origin and development of the British Poultry Industry: The First One Hundred Years.» *British Poultry Science* 27, nº 4 (1986): 525-539.
- Holdridge, S. Archie. «Connecticut Farm News.» *The Hartford Courant*, 3 de Febrero de 1963: 13B.
- . «Connecticut Farm News.» *The Hartford Courant*, 13 de Febrero de 1963: 30.
- Holridge, S. Archie. «UConn Scientist Gets Animal Disease Grant.» *The Hartford Courant*, 10 de Agosto de 1967: 47.
- Horowitz, Roger. «Making the Chicken of Tomorrow. Reworking poultry as commodities and as creatures, 1945-1990.» En *Industrializing Organisms. Introducing Evolutionary History*, de Susan R. Schrepfer y Philip Scranton, 215-235. Nueva York: Routledge, 2004.
- International Chicken Genome Sequencing Consortium. «Sequence and comparative analysis of the chicken genome provide unique perspectives on vertebrate evolution.» *Nature* 432, nº 7018 (2004): 695-716.

«International Chicken Genome Workshop - Final Report.» *Trans-NIH Gallus Initiative*. Marzo de 2003. <http://www.nih.gov/science/models/gallus/ChickenGenomeWorkshopRep.pdf> (último acceso: 12 de Marzo de 2012).

International Chicken Polymorphism Map Consortium. «A genetic variation map for chicken with 2.8 million single-nucleotide polymorphisms.» *Nature* 432, nº 7018 (2004): 717-722.

Jungherr, Erwin, Roy E. Luginbuhl, and Lawrence Kilham. "Serologic Relationships of Mumps and Newcastle Disease." *Science* 110, no. 2857 (1949): 333-334.

Kay, Lily E. «Selling Pure Science in Wartime: The Biochemical Genetics of G. W. Beadle.» *Journal of the History of Biology* 22, nº 1 (1989): 73-101.

Keirns, Carla. «Seeing Patterns: Models, Visual Evidence and Pictorial Communication in the Work of Barbara McClintock.» *Journal of the History of Biology* 32 (1999): 163–196.

Kimmelman, Barbara A. «Organisms and Interests in Scientific Research: R. A. Emerson's Claims for the Unique Contributions of Agricultural Genetics.» En *The Right Tools for the Job*, de Adele E. Clark y Joan H. Fujimura, 198-232. Princeton: Princeton University Press, 1992.

Kirk, Robert G. W. «"Standardization through Mecanization": Germ-Free Life and the Engineering of the Ideal Laboratory Animal.» *Technology and Culture* 53, nº 1 (2012): 61-93.

Kirk, Robert G. W. «'Wanted—standard guinea pigs': standardisation and the experimental animal market in Britain ca. 1919-1947.» *Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 39, nº 3 (2008): 280-291.

Kohler, Robert E. *Lords of the Fly: Drosophila Genetics and the Experimental Life*. The University of Chicago Press, 1994.

- Lacey, Patricia A. *All Cooped-Up: The History of the American Bantam Association, A 131 Year Evolution*. Xlibris Corporation, 2010.
- Lampland, Martha, and Susan Leigh Star. *Standards and Their Stories: How Quantifying, Classifying, and Formalizing Practices Shape Everyday Life*. Cornell University Press, 2008.
- Latour, Bruno. *Pasteur. Una ciencia, un estilo, un siglo*. Siglo XXI Editores, 1994.
- Lawler, Andrew. «Chicken of Tomorrow.» *Aeon Magazine*, Noviembre 2014.
- . *Why Did the Chicken Cross the World?: The Epic Saga of the Bird that Powers Civilization*. Nueva York: Atria Books, 2014.
- Lee, M.-K., y otros. «Construction and characterization of three BAC libraries for the analysis of the chicken genome.» *Animal Genetics* 34, nº 2 (2003): 151-152.
- Lembke, Janet. *Chickens: Their Natural and Unnatural Histories*. China: Skyhorse Publishing, 2012.
- Leonelli, Sabina. «Growing weed, Producing knowledge. An Epistemic History of *Arabidopsis thaliana*.» *History and Philosophy of the Life Sciences* 29, nº 2 (2007): 193-224.
- Leonelli, Sabina. «Performing abstraction: two ways of modelling *Arabidopsis thaliana*.» *Biology and Philosophy* 23, nº 4 (2008): 509-528.
- Lewis, P.D. «A review of lighting for broiler breeders.» *British Poultry Science* 47, nº 4 (Agosto 2006): 393-404.
- Luginbuhl, Roy E. «SPAFAS, incorporated.» *Letter to A. Sabin*. Norwich, Connecticut, 15 de Mayo de 1962.
- Luginbuhl, Roy E. «The Commercial Productions of Specific-Pathogen-Free Eggs and Chickens: The Evolution of an Industry.» *Avian Diseases* 44, nº 3 (2000): 632-637.

- Luginbuhl, Roy E., and Erwin Jungherr. "A Plate Hemagglutination-Inhibition Test for Newcastle Disease Antibodies in Avian and Human Serums." *Poultry Science* 28, no. 4 (1949): 622-624.
- Luginbuhl, Roy E., R. Holdenried, y R.E. Stevenson. *Establishment and Maintenance of a Specific Pathogen Free (SPF) Flock of White Leghorn Chickens*. Vol. 3, de *Progress in Immunological Standardization: Proceedings of the 10th International Congress for Microbiological Standardization, Prague 1967*, de R.H. Regamey, W. Hennesen, D. Ikic y J. Ungar, 6-13. Basilea: S. Karger, 1969.
- Mackenzie, Adrian, y otros. «Classifying, Constructing, and Identifying Life: Standards as Transformations of "The Biological" .» *Science, Technology & Human Values* 38, nº 5 (Junio 2013): 701-722.
- Maeinschein, Jane. «Shifting Assumptions in American Biology: Embryology, 1890-1910.» *Journal of the History of Biology* 14, nº 1 (1981): 89-113.
- Magnússon, Sigurður Gylfi, y István M. Sziujártó. *What is Microhistory? Theory and Practice*. London: Routledge, 2013.
- Manchester, A.W. «Science In Agriculture Is Aiding Connecticut Farmers.» *The Hartford Courant*, 1 de Julio de 1928: F26.
- Marie, Jenny. «For Science, Love and Money: The Social Worlds of Poultry and Rabbit Breeding in Britain, 1900--1940.» *Social Studies of Science* 38, nº 6 (Diciembre 2008): 919-936.
- Matsushima, Toshiya, Ei-Ichi Izawa, Naoya Aoki, y Shin Yanagihara. «The Mind Through Chick Eyes : Memory, Cognition and Anticipation.» *Zoological Science* 20, nº 4 (2003): 395-408.
- McPherson, John D., Jerry Dodgson, Robb Krumlauf, y Olivier Pourquié. «Proposal to Sequence the Genome of Chicken.» 2002.

- Meunier, Robert. «Stages in the development of a model organism as a platform for mechanistic models in developmental biology: Zebrafish, 1970–2000.» *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 43, nº 2 (2012): 522-531.
- Miles, Cecelia M., y Marta Wayne. «Quantitative Trait Locus (QTL) Analysis.» *Nature Education* 1, nº 1 (2008): 208.
- Minelli, Alessandro, y Jan Baedke. «Model organisms in evo-devo: promises and pitfalls of the comparative approach.» *History and Philosophy of the Life Sciences* 36, nº 1 (2014): 42-59.
- Morange, Michel. «History of Cancer Research.» *eLS*, 2011.
- Morgan, Mary S. «Case Studies: One Observation or Many? Justification or Discovery?» *Philosophy of Science* 79, nº 5 (2012): 667-677.
- Morgan, Mary S. «Resituating Knowledge: Generic Strategies and Case Studies.» *Philosophy of Science* 81, nº 5 (2014): 1012-1024.
- Mozdziak, Paul E., y James N. Petitte. «Status of transgenic chicken models for developmental biology.» *Developmental Dynamics* 229, nº 3 (2004): 414–421.
- Müller-Wille, Staffan. «Hybrids, Pure Cultures, and Pure Lines: From Nineteenth-Century Biology to Twentieth-Century Genetics.» *Studies in History and Philosophy of Science, Part C* 38, nº 4 (2007): 796-806.
- Müller-Wille, Staffan, y Hans-Jörg Rheinberger. *A Cultural History of Heredity*. Chicago: The University of Chicago Press, 2012.
- Nagy, Zoltan. *A History of Modern Immunology*. Londres: Elsevier, 2014.

National Cancer Institute. «Diethylstilbestrol (DES) and Cancer.» *National Cancer Institute*. 5 de Octubre de 2011. <http://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/hormones/des-fact-sheet> (último acceso: 22 de Mayo de 2015).

National Center for Biotechnology Information. «Gallus_gallus-4.0.» *NCBI Assembly*. 22 de Noviembre de 2011. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/assembly?LinkName=genome_assembly&from_uid=111 (último acceso: 23 de Octubre de 2015).

National Institutes of Health. «NHGRI Prioritizes Next Organisms to Sequence.» *National Human Genome Research Institute*. Mayo de 2002. <http://www.genome.gov/10002851> (último acceso: Octubre de 2015).

Needham, Joseph. *A History of Embryology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1934.

Norton Wise, M. *The Values of Precision*. Princeton: Princeton University Press, 1995.

Olby, Robert. «Mendelism: from hybrids and trade to a science.» *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie / Life Sciences* 323, nº 12 (2000): 1043–1051.

Paul, Diane B., y Barbara Kimmelman. «Mendel in America: Theory and Practice, 1900-1919.» En *The American Development of Biology*, de Ronald Rainger, Keith R. Benson y Jane Maienschein, 281-310. University of Pennsylvania Press, 1988.

Payne, L.N. «Problems and Crusades: A History of Poultry Disease Research in the United Kingdom.» *British Poultry Science* 35, nº 1 (1993): 3-23.

Peterson, A. Townsend, y I. Lehr Brisbin. «Genetic endangerment of wild Red junglefowl *Gallus gallus*?» *Bird Conservation International* 8, nº 4 (1998): 387-394.

Peterson, Diane. «History Of Petaluma Eggs.» *Sonoma Magazine*, Marzo 2015.

- Pisenti, J.M., y otros. *Avian Genetic Resources at Risk: An Assessment and Proposal for Conservation of Genetic Stocks in the USA and Canada*. Report No. 20., Davis, California, USA: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Genetic Resources Conservation Program, Davis, 1999.
- Plotkin, Stanley A. *History of Vaccine Development*. Nueva York: Springer, 2011.
- Porter, Theodore M. *Trust in Numbers. The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton: Princeton University Press, 1993.
- Potts, Annie. *Chicken*. Reaktion Books, 2012.
- Punnett, Reginald C., y Michael S. Pease. «Genetic Studies in Poultry, VIII. On a Case of Sex-Linkage Within a Breed.» *Journal of Genetics* 22, nº 3 (1930): 395-397.
- Punnett, Reginald C. «Genetic Studies in Poultry, IX. The Legbar.» *Journal of Genetics* 41, nº 1 (1940): 1-8.
- Quiroz Romero, Héctor. *Parasitología y enfermedades parasitarias de animales domésticos*. Ciudad de México: Limusa, 2005.
- Radder, Hans. «Experimental Reproducibility and the Experimenters' Regress.» *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 1 (1992): 63-73.
- Radder, Hans. «Review: "Standards: Recipes for Reality" by Lawrence Busch.» *Isis* 103, nº 4 (2012): 762-763.
- Rader, Karen. *Making Mice. Standardizing animals for American Biomedical Research, 1900-1955*. Princeton: Princeton University Press, 2004.

Real Academia Española. «Diccionario de la Lengua Española.» *Episodio*. 2014.

<http://dle.rae.es/?id=Fxv5THs> (último acceso: 5 de Noviembre de 2017).

Regamey, R.H., W. Hennesen, D. Ilic, y J. Ungar. *Progress in Immunobiological Standardization: Proceedings of the 10th International Congress for Microbiological Standardization, Prague 1967*. Vol. 3. Basilea: S. Karger, 1969.

Ren, Chengwei, y otros. «A BAC-Based Physical Map of the Chicken Genome.» *Genome Research* 13, nº 12 (2003): 2754-2758.

Rheinberger, Hans-Jörg. «Experimental Systems: Historiality, Narration, and Deconstruction.» *Science in Context* 7, nº 1 (1994): 65-81.

—. *On Historicizing Epistemology*. Stanford: Stanford University Press, 2010.

—. *Toward a History of Epistemic Things*. Stanford, California: Stanford University Press, 1997.

Ribatti, Domenico, E. Crivellato, y A. Vacca. «The contribution of Bruce Glick to the definition of the role played by the bursa of Fabricius in the development of the B cell lineage.» *Clinical and Experimental Immunology* 145, nº 1 (Julio 2006): 1-4.

Richter, S. Helene, Joseph P. Garner, y Hanno Würbel. «Environmental standardization: cure or cause of poor reproducibility in animal experiments?» *Nature Methods* 6, nº 4 (2009): 257-261.

Roberts, Victoria. *British Poultry Standards*. Oxford: Blackwell Publishing, 2008.

Romanov, M.N., A.A. Sazanov, y A.F. Smirnov. «First century of chicken gene study and mapping – a look back and forward.» *World's Poultry Science Journal* 60, nº 1 (2004): 19-41.

- Senseneby, H.L., W. Ellwood Briles, Hans Abplanalp, y R.L. Taylor Jr. «Allelic complementation between MHC haplotypes B(Q) and B17 increases regression of Rous sarcomas.» *Poultry Science* 79, nº 12 (2000): 1736-1740.
- Siegel, Paul V., Jerry B. Dodgson, y Leif Andersson. «Progress from Chicken Genetics to the Chicken Genome.» *Poultry Science* 85, nº 12 (2006): 2050-2060.
- Smith, Page, y Charles Daniel. *The Chicken Book*. Atlanta: The University of Georgia Press, 1975.
- Somes, Ralph G. *International Registry of Poultry Genetic Stocks*. Storrs, Connecticut: The University of Connecticut, 1988.
- Squier, Susan Merrill. *Poultry Science, Chicken Culture*. Nueva Jersey: Rutgers University Press, 2011.
- Star, Susan Leigh. «This is not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept.» *Science, Technology, & Human Values* 35, nº 5 (2010): 601-617.
- Star, Susan Leigh, y James R. Griesemer. «Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology.» *Social Studies of Science* 19, nº 3 (1989): 387-420.
- Stern, Claudio D. «The chick embryo – past, present and future as a model system in developmental biology.» *Mechanisms of Development* 121, nº 9 (2004): 1011-1013.
- Stern, Claudio D. «The Chick: A Great Model System Becomes Even Greater.» *Developmental Cell* 8, nº 1 (2005): 9-17.
- Summers, William C. «Bacteriophage Research: Early History.» En *Bacteriophages: Biology and Applications*, de Elizabeth Kutter y Alexander Sulakvelidze, 5-23. Boca Raton: CRC Press, 2004.

- Swayne, David E. «High Pathogenicity Avian Influenza in the Americas.» En *Avian Influenza*, de David E. Swayne, 191-216. Ames, Iowa: Blackwell, 2008.
- Taboada, Leonor. «Dietilestilbestrol, el primer producto hormonal catalogado en 1971 como cancerígeno humano.» *El País*. 4 de Enero de 1981.
https://elpais.com/diario/1981/01/04/sociedad/347410805_850215.html (último acceso: 6 de Enero de 2020).
- The Canadian Poultry Chronicle. «"THE AMERICAN STANDARD OF EXCELLENCE; as revised by the Poultry Fanciers of America.» *Canadian Poultry Chronicle*, 04 1871: 149-151.
- The Livestock Conservancy. «Leghorn - Non Industrial - Chicken.» *The Livestock Conservancy*. 2014.
<http://www.livestockconservancy.org/index.php/heritage/internal/leghorn> (último acceso: 17 de Mayo de 2015).
- Theunissen, Bert. «The Beginnings of the "Delft Tradition" Revisited: Martinus W. Beijerinck and the Genetics of Microorganisms.» *Journal of the History of Biology* 29 (1996): 197-228.
- Tickle, Cheryll. «The contribution of chicken embryology to the understanding of vertebrate limb development.» *Mechanisms of Development* 121, nº 9 (2004): 1019-1029.
- Timmermans, Stefan. «Standards: Recipes for Reality by Lawrence Busch.» *American Journal of Sociology* 118, nº 2 (2012): 493-494.
- Timmermans, Stefan, y Marc Berg. «Standardization in Action: Achieving Local Universality through Medical Protocols.» *Social Studies of Science* 27, nº 2 (1997): 273-305.
- Timmermans, Stefan, y Marcus Berg. *The Gold Standard: The Challenge of Evidence-Based Medicine and Standardization in Health Care*. Philadelphia: Temple University Press, 2003.

Trueb, Dianne. «Luginbuhl Family - Ellington Farmers since 1904.» *Ellington Farmers Market*. 27 de Abril de 2014. <https://ellingtonfarmersmarket.wordpress.com/2014/04/27/luginbuhl-family-ellington-farmers-since-1904/> (último acceso: 29 de Marzo de 2019).

University of Connecticut. *History*. 2015. <http://uconn.edu/about-us/history/> (último acceso: 22 de Mayo de 2015).

Vallortigara, Giorgio. *Cerebro de Gallina. Visitas (guiadas) entre Etología y Neurociencia*. Santiago de Compostela: KNS Ediciones, 2009.

Vazin, Hervé. «Pasteur and the Birth of Vaccines Made in the Laboratory.» En *History of Vaccine Development*, de Stanley A. Plotkin, 33-45. Nueva York: Springer, 2011.

Vielitz, Egon. «The History of VALO SPF.» *Lohmann Information* 43, nº 2 (Octubre 2008): 32-36.

Wallis, John W., y otros. «A physical map of the chicken genome.» *Nature* 432, nº 7018 (2004): 761-764.

Wolpert, Lewis. «Much more from the chicken's egg than breakfast – a wonderful model system.» *Mechanisms of Development* 121, nº 9 (2004): 1015–1017.

Zhou, H., y Susan J. Lamont. «Genetic characterization of biodiversity in highly inbred chicken lines by microsatellite markers.» *Animal Genetics* 30, nº 4 (1999): 256–264.

Anexos

A1. Incubation technologies in the poultry industry

One important technology to establish egg industry was artificial incubation (see last chapter). Poultry historians such as Smith & Daniel (1975) assert that one key spot for the beginning of industrial egg production was Petaluma, California, a city communicated to San Francisco via the Petaluma River, and that became a major egg production centre since the 1880's.¹³⁰ These authors report that Christopher Nisson, a Danish citizen who arrived at Petaluma as a gardener, was one of the first characters to employ artificial incubation in a systematic way.

According to Smith and Daniel, once Nisson got an artificial incubator, he started to multiply his flock "under their own principles", systematically dating eggs and preventing hens to roam around the farm. His farmer neighbours became interested in this activity and they asked Nisson to hatch their eggs in his incubator, making him a baby chick salesman (a "hatchery-man"). Afterwards, he bought more incubators and he built one capable of hatching a great amount of eggs; this way, he established the "first commercial hatchery" in the United States (Smith and Daniel 1975).

Incubators were already patented since 1873 in the USA by J. Graves, and since 1875 in Canada (Derry 2012). At that time, some farmers objected that hatching eggs artificially was morally reprehensible (Smith and Daniel 1975, Squier 2011), and the APA became involved in the controversy. In 1873 this association launched a campaign claiming that the quality of incubator-born chicken was inferior and that it would be impossible to transport them successfully. According to Squier, the answer from breeders using incubators was that their products were

¹³⁰ California became the "leading agricultural state" since the 19th century. It was also a hotspot for scientific and administrative innovations which spread to farmers elsewhere in the USA (Olmstead y Rhode 2008)

“scientifically advanced” (Squier 2011). Nonetheless, an incubators factory was established in Petaluma (Smith and Daniel 1975).

By then, incubators’ heating was produced by gas, and it was necessary to move the eggs by hand three times a day, to simulate the movements eggs naturally receive by their hen. As demand for baby chicks grew, six more hatcheries became established within a 10 years period. Chicks could be shipped by train to cities 640km away from Petaluma, since chickens do not need food or water for 48 hours after hatching, and they are born with antibodies and immunity mechanisms which allow them to survive during their first weeks (Smith and Daniel 1975).¹³¹

Petaluma was not the only city where commercial artificial incubation was conducted. In 1892, J.D. Wilson from New Jersey had established a baby-chick production and sales system, and similar cases could be found in Canada by 1900. In addition, the amount of eggs was growing steadily: it has been reported that in 1905 W.A. Fisher was the owner of a 500 eggs incubator. By 1918 there were 250 commercial hatcheries in the USA and in 1927 the number had increased to ten thousand (Derry 2012). In 1916, the previously reluctant APA endorsed the establishment of the “International Baby Chick Association” (Squier 2011).

During the previous decades there were many technological breakthroughs related to incubation methods. For example, in 1923 the electric heating incubator was developed by Ira M. Petersime (Squier 2011). Another important technology was the “trapnest”; i.e. a nest in which the hen gets trapped after she lays an egg. Trapnests allowed farmers to identify the origin of an egg, a practice enhanced by marking and numbering the hens, too. This technology made possible to keep a meticulous record of layer hens and their number of eggs per year. Consequently, it became

¹³¹ Incubation industry would not have been possible without adequate transportation, which could take chickens and eggs from diverse ages through long distances (Derry 2012). As mentioned in the previous chapter, this practice was already used in England and France before it was employed in the USA and Canada (Derry 2012); partly, because fancy chickens were already transported by train to exhibition shows (Marie 2008).

possible to choose the best ones as the mothers of the next generations, and improving the strains used at farms (Smith and Daniel 1975). Although fanciers had developed family records before, trapnests were important instruments to farmers taking care of bigger flocks.

Since the amount of eggs produced was becoming an important factor driving poultry raising, it also became unpractical and uneconomic to allow hens to incubate their eggs and to raise their chicks. Hens take three to four months brooding, but they are productive layers only for a two years period. It was easier for the farmers to pick up some eggs and to put them in an incubator, then new-born birds would be grow in a baby chick “brooder” (Smith and Daniel 1975), i.e. a space in which several chicks are raised together until they reach a certain age (Potts 2012). Farmers could also buy baby chicks of an adequate breed directly from a hatchery at 20-25 cents each. Thus, some authors have claim that an important modification in hen’s life within industrial agriculture was that its role became reduced to an egg producer (Potts 2012, Smith and Daniel 1975, S. M. Squier 2011).

Thus, chicken breeds were also modified in order to avoid the tendency of hens to go broody, and farmers started to choose layer breeds which had a less tendency to broodiness, such as the Leghorns.¹³² Gradually, hens’ nesting disposition was negatively selected and, due to the use of trapnests, farmers could select pullets descending from hens with less inclination to sit (Smith and Daniel 1975).

Besides, industrial agriculture put a great emphasis in flock’s homogeneity and systematic farming (contrarily to backyard poultry raising). In 1913, Harry Lewis, a researcher from Rutgers University, praised the increasing work of specialization within poultry farming (see below), because this way farms would rely on a “scientific” base and provide the consumer with a “strictly fresh and clean

¹³² Although many hens still manifest nesting behaviour and they sit in anything they can incubate (Potts 2012).

product.” On the other hand, old methods of poultry raising were considered disorganised or simply non-existent (as often there was not an actual method employed in them), and previous agricultural practices were thought to deliver poorly handled and measured eggs, that were in bad conditions. Instead, the new “poultry management science” produced eggs “uniform in size and colour” and “reasonably fresh” (Smith and Daniel 1975).

Lewis also praised the changes in hens’ life under this new system. For this author, the hen was too valuable “as an egg machine” for allowing her to waste her time incubating and brooding baby chicks. Furthermore, hens were “too fickle, too unstable, too variable in her whims and desires to entrust to her the hatching of chicks on a large scale.” Finally, Lewis claims that the great commercial success of industrial poultry farming has been led by the greater capacity of “modern” incubators with temperature and ventilation control systems (Smith and Daniel 1975).

Summarising, artificial incubation had an impact in hens’ role within egg production. Moreover, as their common activities of incubating and brooding were transferred to hatcheries and brooders, flocks were also modified in order to establish suitable chicken strains for industrial agriculture.

A2. Transportation and keeping methods

The emergence of the hatchery industry would have not been feasible without the existence of new transportation systems that enabled to transport eggs (as well as young and adult chickens) through considerable distances. In this respect, Derry (2012) describes the case of a Canadian breeder from Ontario, which in 1905 read an English newspaper article reporting that baby chicks were regularly shipped from England to France. Inspired by this reading, he decided to conduct a brief experiment: he left one-day born chickens in a box during three days without food or water. He found out that the chicks survived, so he published an advice in a local newspaper announcing

he could ship one-day chicks to distant cities. In the USA, this practice was enhanced by a 1918 decision of the US Postal Service, which authorised sending chickens by mail (Boyd 2001).

Exploring breeders' communities in the UK, Marie (2008) has pointed out that the British railway system was also commonly used by fanciers to transport diverse animals, and this system was adopted by geneticists subsequently. Generally, one person shipped a bird to a city where a show or a contest was going to be celebrated. Trains' staff oversaw moving the bird from train to train, until it arrived at its destination. Once the contest had ended, show officials shipped the birds back to their owners (Marie 2008).

Additionally, industrialisation changed the methods for housing chickens in a farm. Before 1920, chickens were kept in moveable houses, which could be transport to different areas in the farm, according with the farmer decisions. Birds could stroll around freely in a chosen ground (which was not always the same). During the 1920's a different housing system was developed, in this system birds' houses were fixed to a specific place in the farm. Both styles are "free-range" methods and they were used extensively until the 1930's, when battery cages were created (Hewson 1986).

Thus, free-range methods were gradually abandoned since the 1950's, at some point during the 1980's they practically disappeared from Britain. In the last decades of 20th century, battery cages became the most common method used in industrial agriculture. This method not only enabled farmers to obtain a massive amount of eggs –due to a massive amount of hens crowded in large industrial warehouses– but they also became able to control and standardise day-night photoperiods and, consequently, to enhance production by artificially reducing winter conditions (Hewson 1986).

In order to control photoperiods, warehouses had no windows at all, so artificial light was the only light birds could experience. Without windows, artificial ventilation systems ought to be developed. The first attempts to build this kind of warehouses were unsuccessful in achieving the adequate requirements of ventilation, and it has been claimed that this is one of the reasons why avian respiratory diseases became more common (Hewson 1986). Nowadays, controlling photoperiods is not only important to enhance laying hens' production, but it is also used for controlling growing in broiler industry (Lewis 2006).

Incubators, housing technologies and transportation enhanced the commercial uses of chickens. They allowed to accelerate the production of chicken meat, to control chicken flocks within a farm and to communicate among the actors involved. Thus, they contributed to made chicken farming an industrial, not familiar activity, through practices will impact *Gallus gallus*' material configuration.

A3. Changes in the organisation of poultry farming

In general, poultry industrialisation involved changes in the organisation of farming, as well as changes in the life of farm animals. Some of these changes had been suggested in previous sections, but some others are summarised in the next lines.

Firstly, the development of industrial agriculture demanded that farmers kept up-to-date with the ultimate technological changes (Smith and Daniel 1975). These changes included new housing, feeding, or evaluating methods, as well as the use of new strains of chickens. In this respect, standardisation was involved in several features of farming practices; and, in turn, standardisation embodied values related to the benefits of modernisation.

For instance, Squier addresses the 1919 book "*Making money from hens*", in which its author describes in laudatory and patriotic terms the technological developments related to farming and

he emphasises the “American inventive” in the establishment of hatcheries. Besides, the author claims that incubator-raised chicks are not subject to the parasites and diseases which they would acquire if they had been raised by a hen. Squier, interested in the way the concepts of “risk” and “security” are configured, asserts that under this kind of approaches, traditional methods of breeding became considered as “risky” (e.g. uncontrolled, unsanitary), while more modern ones such as artificial incubation was redefined as “secure” (S. M. Squier 2011, 105-106).

Certainly, activities previously conducted by farmers in their own facilities were transferred to specialized companies; for example, incubation (Derry 2012, Smith and Daniel 1975). As previously mentioned, Derry (2012) points out that hatcheries were not merely a sub-field within poultry industry, but they directed egg production and became a new actor among breeders (who created commercial strains) and producers (who multiplied and grew chickens for commercial ends). Since 1911, several businessmen without any knowledge about poultry entered the hatching business (see last chapter) and decided the strains to be grown up. Thus, the role of hatcherymen resulted in the exclusion of farmers in chicken breeding (Derry 2012).

Furthermore, the need to acquire increasingly new technologies modified the ways by which farmers funded their activities. Before that, banks used to provide credits for buying chickens, inputs, and technology (Smith and Daniel 1975). Afterwards, farmers began to establish contracts with food companies or hatcheries. Under this scheme, the company retained the rights on the chickens, and the farmer oversaw chicken raising according to a series of methods decided together with a representative of the owner company. Although nowadays farmers are insured against some contingencies, they lost independence and decision power over breeding practices (Horowitz 2004). Currently, this kind of corporate schemes are the rule in chicken production (Potts 2012).

Chicken industry became vertically integrated and, during the 1960's, it adopted the "conglomerate" model, in which a leading corporation has subsidiary companies which conduct the diverse stages of production in separate locations. Nowadays, incubation, brooding, meat and egg processing, foods supply, and distribution are conducted by different people in different places. Companies provide the inputs (eggs, chickens, food, antibiotics, etc.), while different contractors (farmers) provide the storage, work, energy, and specially the risk in the face of contingencies (Squier 2011).

This caused the closing of many independent farms, and many farmers went into bankruptcy, unable to keep the pace of industry. A similar problem was caused by the rapid growth of cities, which displaced old farms and their owners, who frequently withdraw from business (Smith and Daniel 1975). Even landmarks locations of the beginnings of chicken industry became abandoned. Nowadays, Petaluma is no longer regarded as "the egg basket of the world", as its last hatchery closed in 1989 (Peterson 2015).

It is worthwhile to mention that agricultural research was an important factor driving these changes in agriculture, but it was not the only one, for it did not act separately from a network of institutional, economic and social changes during that era. Accordingly, poultry science aroused in the middle of major changes in the agriculture, and it sought to contribute to both increase meat and eggs production, and to solve biological and agricultural problems arising from the new industrial farming. In the next sections, I focus on a specific area of research in which this field was important to develop new chickens' strains: avian diseases research.