



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA
DE LOS OPERARIOS DURANTE LA
VACUNACIÓN REALIZADA CON
MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA Y
AUTOMÁTICA EN PLANTAS DE
INCUBACIÓN DE POLLOS

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAESTRO EN EPIDEMIOLOGÍA Y
SALUD PÚBLICA EN VETERINARIA

JUAN CARLOS DIONISIO CORDOVA

LIMA – PERÚ

2024

ASESOR

MG. NESTOR GERARDO FALCON PEREZ

JURADO DE TESIS

MG. ISABEL QUICAÑO QUISPE

PRESIDENTE

MG. LUIS MIGUEL JARA SALAZAR

VOCAL

MG. JUAN GUILLERMO VALLENAS ROMERO

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A mi madre por haberme forjado como el profesional que soy, a mis hermanas por ser mi fortaleza y a las personas incondicionales en mi vida.

AGRADECIMIENTOS.

A mi asesor de tesis por su constante soporte, orientación, paciencia y apoyo para el presente trabajo.

A cada persona que me brindó su valioso apoyo durante este proceso, gracias.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Tesis autofinanciada.



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	DIONISIO CORDOVA JUAN CARLOS

(Agregar filas adicionales si hay más autores)

Pertencientes al programa de la **MAESTRÍA EN EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD PÚBLICA EN VETERINARIA**, autores del trabajo titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS OPERARIOS DURANTE LA VACUNACIÓN REALIZADA CON MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA Y AUTOMÁTICA EN PLANTAS DE INCUBACIÓN DE POLLOS**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN EPIDEMIOLOGÍA Y SALUD PÚBLICA EN VETERINARIA** bajo la modalidad de **TESIS**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	FALCON PEREZ NESTOR GERARDO	FAVEZ	MAESTRÍA

Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **12%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2834721830**; fecha de entrega: **03-12-2025**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: **Lima, 03 de diciembre de 2025**

Firma del asesor
N° DNI: 08679280
ORCID: 0000-0003-4144-0494

Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

<i>I. INTRODUCCIÓN.....</i>	<i>1</i>
<i>II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	<i>5</i>
<i>III. MARCO TEÓRICO</i>	<i>6</i>
3.1 <i>Vacunaciones en la avicultura</i>	
3.2 <i>Respuesta inmune aviar</i>	
3.3 <i>Uso de vacunas en Plantas de incubación</i>	
<i>IV. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....</i>	<i>23</i>
<i>V. HIPÓTESIS</i>	<i>24</i>
<i>VI. OBJETIVOS</i>	<i>25</i>
<i>VII. METODOLOGÍA.....</i>	<i>26</i>
<i>VIII. RESULTADOS.....</i>	<i>30</i>
<i>IX. DISCUSIÓN</i>	<i>38</i>
<i>X. CONCLUSIONES.....</i>	<i>47</i>
<i>XI. RECOMENDACIONES.....</i>	<i>48</i>
<i>XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>	<i>49</i>

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivos determinar y comparar la eficiencia de vacunación por parte de los operarios en máquinas de vacunación semiautomática y automática en plantas de incubación de pollo. Se obtuvieron las fichas de recolección de vacunación de seis plantas de incubación, se determinó la eficiencia de vacunación por cada operario durante los años 2021 al 2023. Luego se resumió en tablas de frecuencias absolutas y relativas para obtener la diferencia entre la eficiencia de vacunación de los operarios según la máquina evaluada, además del efecto del sexo del operario, horario de trabajo, estación climática y edad de reproductoras en cada una de las máquinas de vacunación. El análisis de varianza intersujetos encontró diferencia por efecto del tipo de máquinas de vacunación ($p= 0.001$). El análisis dentro de cada máquina de vacunación encontró diferencias por efecto del horario cuando se analizó la eficiencia en las máquinas semiautomáticas ($p= 0.026$) y máquinas automáticas ($p= 0.004$). Por otro lado, solo se encontró diferencia por efecto del sexo ($p= 0.008$) y edad de reproductora lote joven ($p= 0.026$) con la máquina de vacunación automática más no con la semiautomática. Se concluye que los horarios de trabajo diurno para los operarios de vacunación tienen un impacto directo sobre la eficiencia de vacunación en máquinas semiautomáticas y automáticas; además, las operarias del sexo mujer presentaron una mejor eficiencia de vacunación en máquinas automáticas en las plantas de incubación de pollos.

PALABRAS CLAVE:

Vacunación, incubación, máquinas de vacunación, avicultura

ABSTRACT

The objectives of the study were to determine and compare the efficiency of vaccination by operators in semi-automatic and automatic vaccination machines in hatcheries. Vaccination collection records were obtained from six hatcheries, the vaccination efficiency was determined for each operator during the years 2021 to 2023. It was then summarized in tables of absolute and relative frequencies to obtain the difference between the vaccination efficiency of the operators according to the machine evaluated, the effect of the sex of the operator, work schedule, climatic season and age of the breeders hens. The intersubjects analysis of variance found a difference due to the effect of the type of vaccination machines ($p= 0.001$) and the sex of the operator ($p=0.027$). Statistically, differences were found due to the effect of the schedule when the efficiency was analyzed individually in the semi-automatic machines ($p= 0.026$) and automatic machines ($p= 0.004$). A difference was found due to the effect of sex ($p= 0.008$) with the automatic vaccination machine but not with the semi-automatic one. A difference was found due to the effect of the age of the young flock breeder ($p= 0.026$) with the automatic vaccination machine but not with the semi-automatic one. It is concluded that daytime work schedules for vaccination operators have a direct impact on vaccination efficiency in semi-automatic and automatic machines; In addition, female operators had better vaccination efficiency in automatic machines in hatcheries.

KEYWORDS:

Vaccination, incubation, vaccination machines, poultry

LISTA DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1	Programa vacunal recomendado para pollos de carne de un día	20
Cuadro 2	Factores que afectan la eficiencia de vacunación en aves	32
Cuadro 3	Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según sexo y modelo de máquina de vacunación	43
Cuadro 4	Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según temporada y modelo de máquina de vacunación	44
Cuadro 5	Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según horario y modelo de máquina de vacunación	45
Cuadro 6	Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según edad de reproductora y modelo de máquina de vacunación	46
Cuadro 7	Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según estación y modelo de máquina de vacunación	47
Cuadro 8	Tasa de defectos de vacunación según año y modelo de máquina de vacunación	48

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Máquina vacunadora semiautomática “Zootec” (Boehringer Ingelheim)	27
Figura 2	Técnica de vacunación en máquina vacunadora semiautomática	27
Figura 3	Máquina automática “Jectmatic” (MSD)	28
Figura 4	Colocación de ave en máquina vacunadora automática Jecmatic	29
Figura 5	Mala posición: inyección altura del ala	30
Figura 6	Herido o sangrante: inyección lateral del cuello	31
Figura 7	Cuello húmedo: plumón húmedo	31
Figura 8	No vacunado	32

I. INTRODUCCIÓN

La producción a nivel mundial de carne de aves y de huevo ha mostrado un desarrollo constante y se espera que esta tendencia continúe en el futuro. Se pronostica que, en las próximas décadas, el aumento más significativo en la producción de aves de corral se dará en naciones en desarrollo. Esto se debe al rápido crecimiento económico, la urbanización y el incremento en los ingresos de los hogares, factores que impulsarán la demanda de proteínas de origen animal (Ravindran, 2013).

En Perú, la explotación avícola está situada principalmente en la zona costera del país y se encuentra cerca de los focos de consumo más importantes del territorio. La participación del sector avícola en el Valor Bruto de la Producción Agropecuaria es un porcentaje importante, siendo de 26,3% durante el 2022. La avicultura nacional se caracteriza por ser una actividad económica en incremento, además de ser de carácter empresarial y altamente tecnificada (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2023).

La producción de carne de aves a nivel nacional tuvo un crecimiento significativo, siendo la producción de carne de aves en el 2003 de 578 mil toneladas, en el año 2013 de 1.2 millones de toneladas (Becerra et al., 2015). El año 2023 de 1.6 millones de toneladas de carne de pollo posicionándose como la principal fuente de proteína animal (MINAGRI, 2024).

En la industria avícola, las vacunas representan una importante línea de preventiva y defensa contra las pérdidas asociadas a la manifestación clínica de enfermedades. Sin embargo, la protección ligada a las vacunas requiere una correcta presentación al sistema inmune del huésped lo cual será el resultado de la adecuada administración de la vacuna (Evans *et al.*, 2015). Con el creciente número de enfermedades infecciosas virales emergentes y reemergentes presentes en la industria avícola, existe la necesidad imperiosa de entender las estrategias para lograr mejores resultados protectivos contra las cepas virales y con ello limitar los brotes de enfermedades en la crianza de aves (Ravikumar *et al.*, 2022).

Es importante diferenciar dos conceptos relacionados a la vacunación como son la eficacia y eficiencia vacunal. La eficacia vacunal ha sido definida por la OMS como el porcentaje de reducción de la incidencia de la enfermedad en los sujetos vacunados con respecto a un grupo que no recibe la vacuna. Por otro lado, la eficiencia vacunal es la capacidad de una vacuna de proteger contra enfermedades cuando se aplica en condiciones de campo, esta eficiencia se analiza mediante estudios epidemiológicos observacionales (Giglio *et al.*, 2018).

La eficiencia de vacunación en plantas de incubación se determina mediante la evaluación del porcentaje de pollos que reciben la vacuna de manera adecuada y sin presentar defectos de vacunación. Se considera que una alta eficiencia de vacunación implica que la mayoría de los pollos bebés han sido vacunados correctamente, lo que es esencial para garantizar la salud y la inmunización

adecuada de las aves en su etapa temprana de vida. Los defectos de vacunación incluyen: pollos con restos líquidos de vacuna por fuera de la piel (“húmedos”), pollos con sangrado o hematomas en la zona de aplicación (“heridos”), mala posición de inyección de vacuna y la no vacunación. Estos defectos de vacunación disminuyen la eficiencia obtenida por los vacunadores (Cobb, 2020).

La vacunación en plantas de incubación se ha convertido en el enfoque estándar para la vacunación de rutina debido a la facilidad de administración, la posibilidad de estandarizar y optimizar el proceso. No obstante, el mantenimiento continuo y el entrenamiento al personal son la clave para una vacunación exitosa (Franzo *et al.*, 2020). El método tradicional para vacunar aves de un día de edad en las plantas de incubación contra enfermedades como Marek, ha sido la inyección subcutánea individual manualmente con jeringas, con máquinas semiautomáticas y máquinas automáticas (Peebles *et al.*, 2020).

La vacunación de pollos de un día de edad en plantas de incubación generalmente se logra suministrando entre 0.1 a 0.2 ml de solución vacunal subcutáneamente en el tercio medio dorsal del cuello de las aves. Un operario vacunador con máquinas semiautomáticas o automáticas puede llegar a vacunar entre 2500 a 3000 aves por hora (Diez, 2020). Esto puede variar por diversas condiciones, tanto propias del operario como externas (ambientales) (Cobb, 2020). En plantas de incubación de gran capacidad y automatizadas, es necesaria la implementación de protocolos de mantenimientos preventivos, donde se incluyen: recomendaciones de los proveedores de las máquinas vacunadoras, realizar mantenimiento periódico, mantener la cantidad necesaria de repuestos y un inventario de ello, asegurar que

el personal que opera las máquinas están capacitados y familiarizados con la operación, contar con un procedimiento a seguir en caso la máquina presente fallas; y por último, garantizar que las medidas de seguridad se apliquen junto con los equipos de protección de ser necesarios. Todo ello impactará en la eficiencia de vacunación del personal operario (Cobb, 2008).

Los recursos humanos dentro de las empresas avícolas son vitales en la estructura organizacional, por lo que es necesario gestionarlos de la manera más óptima de acuerdo a la realidad de cada empresa. El talento humano depende de factores como la cultura de la empresa, la estructura organizacional, contexto medio ambiental, tecnología usada y otras variables (Guamán y Ruíz, 2017). La industria avícola requiere de colaboradores calificados, ya que la falta de recursos humanos capacitados en el campo de la avicultura tendrá un efecto negativo en la prevención y control de enfermedades (Gnanasekaran y Balamurugan, 2017). En plantas de incubación esto se puede expresar con una baja eficiencia de los vacunadores, generando baja protección en las aves de un día de edad.

II. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

La eficiencia de vacunación es un indicador crucial para prevenir o disminuir la susceptibilidad a enfermedades en aves. Es sabido que, aparte de la eficacia inherente de la vacuna, la adecuada aplicación realizada por los operarios tiene un impacto en la protección inmunológica de las aves. Por lo tanto, una incorrecta vacunación incrementa el riesgo de infección, desarrollo de enfermedades y disminución de la producción de las aves en crianza (Franzo *et al.*, 2020).

Los operarios encargados de la vacunación de pollos bebés en plantas de incubación están sujetos a varios factores que pueden influir en su desempeño, entre los cuales pueden encontrarse: los modelos de máquinas vacunadoras (semiautomática y automática) y el horario de trabajo. Por lo mencionado, es importante que los operarios sean constantemente capacitados para obtener los conocimientos y habilidades para garantizar una administración segura y eficiente de la vacunación y así lograr los estándares de la vacunación.

No se han registrado reportes comparativos sobre la eficiencia de la vacunación de los operarios en plantas de incubación utilizando los dos tipos de máquinas vacunadoras disponibles en el mercado (semiautomática y automática), con lo que podría estar cuestionándose la calidad de las máquinas vacunadoras, cuando en realidad el factor humano pudiera estar presente y no se ha evaluado.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Vacunaciones en la avicultura

La industria avícola se enfrenta actualmente a numerosos retos sanitarios que pueden tener un impacto económico muy negativo en las granjas del sector. Esto se debe en gran medida a la intensificación de la producción que se ha producido en las últimas décadas y que, unida a una alta presión genética, lo que ha resultado en un crecimiento del músculo esquelético de las aves a un ritmo que supera el desarrollo de su sistema inmunológico, incrementando la susceptibilidad a enfermedades (Diez, 2020).

El riesgo de transmisión de enfermedades en las aves de producción sigue incrementado como resultado de la globalización y la posible persistencia y diseminación de agentes patógenos a través de reservorios domésticos o silvestres. Diversas estrategias pueden implementarse para prevenir y controlar eficazmente las enfermedades, esto generalmente incluye la vacunación. Las vacunas, son un componente de vital importancia en la prevención y control de enfermedades a nivel mundial y su aplicación en la avicultura está direccionada a evitar o minimizar la presencia de cuadros clínicos de las enfermedades y por ende, orientada a incrementar la producción (Marangon y Busani, 2006).

El objetivo de la vacunación es reproducir una infección atenuada frente a una enfermedad concreta frente a la cual las aves necesitan aumentar su capacidad de defensa. Esta infección se controla y permite desencadenar una respuesta inmune, lo que garantiza que las aves están protegidas de la infección natural mediante el desarrollo de anticuerpos (Diez, 2020).

El esquema de vacunación que se elige dependerá de diversos factores, tales como: carga del patógeno, patogenicidad del agente, tiempo de vida del ave, tipo de producción, eficacia, disponibilidad y costo de las vacunas, regulación del país, niveles de anticuerpos maternos, sistema de crianza y relevancia de la transmisión vertical (Wit y Montiel, 2022). En el cuadro 1 se describe un programa vacunal recomendado para pollos de carne de un día en planta de incubación.

Cuadro 1. Programa vacunal pollos primer día.

EDAD	ENFERMEDAD	CEPA	TIPO VACUNA	VÍA DE VACUNACIÓN
1 día	Marek y Newcastle	HVT -ND	Vectorizada	Subcutánea
1 día	Gumboro	Cepa 2512	Viva	Subcutánea
1 día	Bronquitis Infecciosa	Massachusetts	Inactivada	Subcutánea
1 día	Newcastle	La Sota	Inactivada	Subcutánea
1 día	HCI	Adenovirus 4,7,8,11	Inactivada	Subcutánea
1 día	Reovirus	Cepa 1133	Inactivada	Subcutánea
1 día	Bronquitis Infecciosa	Cepa Ma5 -Mass	Viva	Aerosol
1 día	Newcastle	Cepa VG/GA	Viva	Aerosol

3.2 Respuesta inmune aviar

El sistema inmunológico de las aves, al igual que el de los mamíferos, consta de dos mecanismos de defensa: la inmunidad innata o natural y la inmunidad adaptativa (Paredes, 2006). La principal diferencia existente entre los sistemas inmunes de mamíferos y de aves es la falta de nódulos linfoides encapsulados en estas últimas; en cambio, lo que se observa es tejido linfoide difuso, el cual se organiza como lo vemos en las placas de Peyer, tonsilas cecales y el divertículo de Meckel (Wlazlak et al., 2023).

La inmunidad natural incluye barreras anatómicas (piel, membranas mucosas, cilios traqueales), barreras fisiológicas (fiebre, enzimas en los fluidos corporales, pH del proventrículo), células de respuesta inflamatoria y el sistema del complemento. La inmunidad adaptativa implica mecanismos de respuesta celular y humoral que dependen de los órganos linfáticos del sistema inmunológico. Todas las especies de aves tienen dos órganos linfoides principales en los que tiene lugar la maduración y diferenciación de los linfocitos independientes de antígenos: la bolsa de Fabricio y el timo. Los linfocitos de la médula ósea son transportados por la sangre a los órganos linfoides primarios, donde los linfocitos B y T maduran en la bolsa de Fabricio y el timo, respectivamente. Los linfocitos maduros abandonan los órganos linfoides primarios y migran a los órganos linfoides secundarios, que incluyen el bazo, la glándula de Harder, el tejido linfoide asociado a los bronquios (BALT) y el tejido linfoide asociado al intestino (GALT) el cual incluye las placas de Peyer, tonsilas cecales y agregados de células intraepiteliales localizados a lo largo del tracto intestinal. Las aves poseen tres clases principales de inmunoglobulinas: Ig M, Ig Y e Ig A. La IgM se produce durante la respuesta inmune primaria y está presente en el líquido amniótico del huevo y de los pollitos de un día. La Ig-Y aviar es el equivalente funcional de la Ig-G de mamíferos y aparece a medida que avanza la respuesta inmune. La Ig A se encuentra en las secreciones del tracto respiratorio y digestivo y es la encargada de proteger estas mucosas (Paredes, 2006).

3.3 Uso de vacunas en Plantas de incubación

El uso de vacunas en las plantas de incubación se está convirtiendo en un

enfoque estándar para las vacunaciones de rutina debido a la facilidad de administración, la capacidad de estandarizar y optimizar todo el proceso y el menor impacto en el bienestar animal en comparación con varios tipos de vacunaciones en las granjas. La mayoría de las vacunas nuevas están diseñadas para el proceso de vacunación, ya que se utilizan equipos de vacunación más sofisticados y precisos tanto en términos de dosificación como de distribución de la vacuna, mejores condiciones higiénicas durante la preparación y reconstitución de la vacuna, y una vacunación más precisa y temprana (Abad J, 2023).

3.3.1. Tipos de vacunas

- **Vacunas vivas atenuadas**

Son más comunes en la prevención de enfermedades virales. La atenuación del virus se consigue mediante pases repetidos en cultivos in vitro y sirve para reducir su virulencia. El virus atenuado se replica en el animal y provoca una respuesta inmune humoral y celular con una respuesta inmunológica y una respuesta protectora para el ave (Diez, 2020).

- **Vacunas inactivadas**

Esta vacuna contiene, como componente antigénico, un virus inactivado por tratamiento térmico o químico. No se replican y, por tanto, son menos inmunogénicos, en consecuencia, producen una respuesta inmune menos potente que los anteriores y, además, sólo desencadenan una respuesta humoral, por lo que requieren adyuvantes. Sin embargo, estas vacunas ofrecen ciertas ventajas porque producen inmunidad uniforme y prolongada, requieren menos revacunaciones, menos interrupciones, lo que permite el uso de vacunas combinadas, y no hay riesgo de propagación de agentes infecciosos porque las vacunas están inactivadas (Diez, 2020).

- **Vacunas vectorizadas**

Se trata de vacunas de ADN y vacunas recombinantes. Son los más recientemente desarrollados. En estas vacunas, el ADN del antígeno del patógeno se inserta en un vector, que puede ser un virus o un plásmido, de modo que tras la vacunación de los animales se producen en su interior proteínas antigénicas que desencadenan una respuesta inmune celular y humoral (Diez, 2020).

3.3.2. Método de aplicación por inyección de las vacunas

- ***In Ovo***

La vacunación “in ovo” es el método de vacunación más moderno y se lleva a cabo a nivel de la incubadora. El método consiste en inocular los embriones el día 18 de incubación, es decir, 3 días antes de la eclosión. La vacunación se produce cuando los huevos se transfieren de las incubadoras a las nacedoras. La vacuna se deposita en el líquido amniótico. Esta técnica puede inocular de 20 000 a 50 000 huevos por hora, dependiendo del tipo de bandeja utilizada. La completa automatización de la técnica de vacunación “in ovo” conlleva una simplificación del proceso y un ahorro de mano de obra. Esta técnica se utiliza principalmente para la vacunación contra la enfermedad de Marek y la enfermedad de Gumboro. Desafortunadamente, no todas las vacunas están adaptadas para este tipo de vacunación “in ovo” las nuevas vacunas antígeno/anticuerpo contra el virus Gumboro dan buenos resultados, mientras que las vacunas contra la Bronquitis infecciosa matan los embriones. Actualmente, las vacunas oleosas no son compatibles con la vacunación “in ovo” (AVISA, 2010).

- ***Inyección subcutánea***

Algunas vacunas vivas liofilizadas (Gumboro, Viruela aviar), vacunas vivas congeladas (Marek, Gumboro) y vacunas inactivadas (Newcastle, Bronquitis, HCI) se administran mediante inyección a través de una máquina automatizada diseñada para administrarse a pollitos. Una vez que el ave se posiciona al nivel de la placa de la máquina, presiona un sensor mecánico que activa un sistema neumático para expulsar la aguja e inyectar la vacuna. En algunos casos y siempre que no sea posible utilizar máquinas semiautomáticas y/o automáticas, se pueden utilizar equipos manuales o jeringas para la vacunación inyectable. Dependiendo del tipo de vacuna utilizada, la dosis podrá ser de 0,1 ml para vacunas inactivadas o de 0,2 ml para vacunas congeladas y/o liofilizadas. La velocidad de vacunación depende del tipo de sistema utilizado, en el caso de jeringas manuales puede variar entre 1000 a 1500 aves/hora/vacunador y en el caso de máquinas semiautomáticas y/o automáticas puede variar entre 2500 a 3000 aves/hora/vacunador (González, 2014).

La vacunación subcutánea se utiliza ampliamente y es un método muy práctico. Se pueden lograr altos niveles de eficiencia y cobertura, pero esto depende en gran medida de dos factores: operadores y equipos. Sólo personal formado y calificado, junto con equipos modernos y de buena calidad, pueden garantizar una tasa de eficacia de vacunación constante y homogénea, mientras que el seguimiento constante y el mantenimiento preventivo de los equipos son esenciales para garantizar que el personal de vacunación cumpla los objetivos (González, 2014). Lo más importante de este método es que está claro que se trata de una aplicación individual y

dosis-dependiente, por lo que las inyecciones deben ser de gran calidad, porque de ello depende su eficacia, sin dañar al ave, pero asegurando que la dosis completa de todo el producto permanezca en el ave (García *et al.*, 2012).

Si revisamos el equipo de vacunación, ni siquiera el mejor operador de vacunación puede alcanzar la tasa de vacunación objetivo si el equipo no es lo suficientemente bueno. El estado y la calidad del equipo, así como las habilidades del operador, son los principales factores que deben optimizarse. Los equipos deben estar perfectamente limpios, bien mantenidos y perfectamente ajustados, día tras día. Errores pequeños y simples en los ajustes de la aguja y el equipo, como la longitud de la aguja, la presión del aire de suministro, la ubicación del sensor, etc., pueden causar problemas importantes que afectarán directamente la ubicación, la dosis y las tasas de lesiones de la vacuna.

En promedio, un operario puede vacunar de 2500 a 3000 pollitos de un día por hora (Gonzales, 2014). No obstante, en la mayoría de las situaciones, esta cantidad solo puede sostenerse por un lapso de seis horas. Las series de vacunación más grandes o las velocidades más altas pueden dar como resultado una menor calidad debido a la fatiga y la falta de precisión. Un operario promedio puede vacunar un máximo de 18000 pollitos por día; no obstante, se ha comprobado que una mayor cantidad resulta en un incremento de la incidencia de pollitos heridos, no viables o mojados. La habilidad y capacidad de cada operario pueda tener un impacto importante en la eficiencia de vacunación en la planta de incubación. Por ejemplo, la forma en que se manipula y coloca al pollito en la placa de inyección es

primordial y debe realizarse correctamente para obtener resultados óptimos (Gonzales, 2014).

Para una planta de incubación de 150 000 pollitos de un día, un operario de vacunación en seis horas vacuna 18 000 pollitos, que representa alrededor del 12% (18 000/150 000) de la producción de pollos BB del día. Por ello, es fundamental implementar una capacitación continua para el personal de vacunación, así como un monitoreo constante de sus actividades y una evaluación regular de su desempeño. Solo al perfeccionar las técnicas de vacunación podrán los operadores mantener una calidad constante en el proceso día tras día (González, 2014).

3.3.3. Método de aplicación por inyección de las vacunas

- **Semiautomática**

La máquina de vacunación semiautomática “Zootec® Double II” (Figura 1) es un equipo neumático que garantiza la vacunación automática de aves (pollos, pavos, postura, reproductoras) de un día de edad mediante inyección subcutánea en el cuello (Figura 2). Cuenta con una placa Twin Touch de Nueva Generación que mejora la precisión y la velocidad del procedimiento, reduciendo al mismo tiempo los riesgos de lesiones al operario y a las aves. El volumen de inyección se encuentra en un rango de entre 0,1 ml y 0,5 ml, dependiendo de la jeringa. El equipo requiere una fuente externa de aire comprimido con una presión de entre 6 y 8 bares (85-120 psi). La presión se regula posteriormente a 5-6 bares (73-85 psi) en el interior del equipo (Boehringer, 2018). Según la presentación de I. Reyes (comunicación personal, 7 de octubre de 2023), La máquina de vacunación

semiautomática Zootec puede vacunar de 2500 a 3000 pollos por hora por vacunador con una eficiencia de vacunación no menor a 98%.



Figura 1. Máquina vacunadora semiautomática “Zootec” (Boehringer Ingelheim, 2018)



Figura 2. Técnica de vacunación en máquina vacunadora semiautomática (ingreso de aguja subcutáneo en el tercio medio dorsal del cuello del pollo BB)

- **Automática**

La máquina de vacunación automática modelo Robot Jectmatic® (Figura 3) permite realizar simultáneamente dos inyecciones subcutáneas en el cuello del pollito (Figura 4). Según la presentación de A. Robles (comunicación personal, 17 de noviembre de 2023), el robot de vacunación Jectmatic® puede vacunar de 2500 a 3000 pollos por hora por vacunador con una

eficiencia de vacunación no menor a 99%. Gracias a su precisión y simplicidad la máquina permite obtener una alta estandarización de la vacunación, bajo porcentaje de fallos, alta producción por hora y máxima seguridad para el operador. La máquina Jectmatic® de acero inoxidable y uso de componentes comerciales resulta en un mantenimiento mínimo y desgaste reducido. Operadores hábiles, cuidadosos y minuciosos son muy importantes en el manejo del robot de vacunación Jectmatic®. Estos deben estar adecuadamente capacitados en su uso para asegurar un adecuado manejo y posicionamiento del pollito durante el proceso de vacunación.

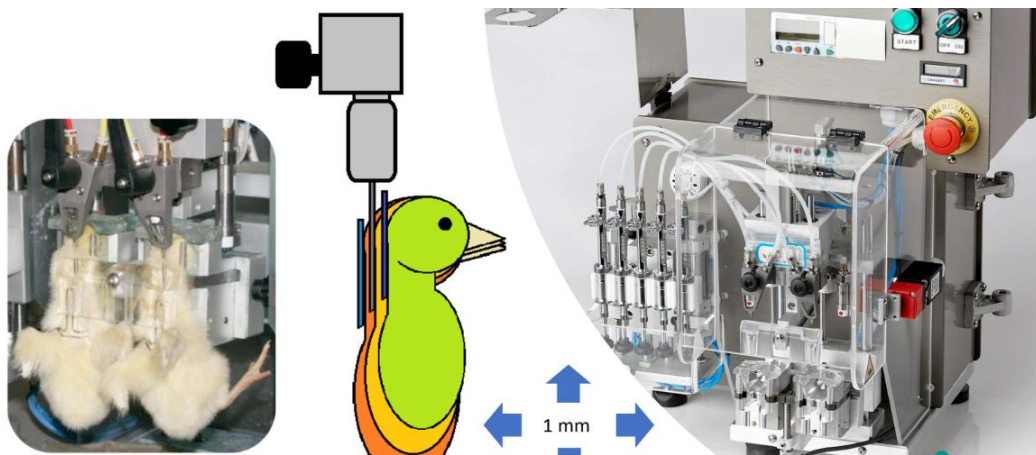


Figura 3. Máquina vacunadora automática “Jectmatic” (MSD, 2024)



Figura 4. Colocación de ave en máquina vacunadora automática Jecmatic: la aguja ingresa en tercio medio dorsal del cuello del ave

3.3.4. Eficiencia de vacunación subcutánea

Generalmente se considera que la eficiencia adecuada de la vacunación subcutánea es superior al 98%, lo que significa que al menos el 98% de los pollitos de un día reciben el volumen correcto de vacuna en el lugar correcto siendo el tercio medio dorsal del cuello, sin generar lesiones graves ni estrés excesivo (Díez, 2020). Según la presentación de I. Reyes (comunicación personal, 07 de octubre de 2023) indica una eficiencia de vacunación no menor de 98% para máquinas de vacunación semiautomáticas. Según la presentación de A. Robles (comunicación personal, 17 de noviembre de 2023) una eficiencia de vacunación no menor de 99% para máquinas de vacunación automáticas.

El porcentaje de la eficiencia de vacunación (%), se obtiene de la siguiente manera: se suma el número de aves vacunadas y se resta el número de aves con

defectos de vacunación. Luego, este resultado se divide entre el total de aves y se multiplica por 100 para obtener el porcentaje.

$$\% \text{Eficiencia de vacunación} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ Aves Vacunadas} - \text{N}^\circ \text{ Defectos}) \times 100}{\text{N}^\circ \text{ Aves Vacunadas}}$$

3.3.5. Defectos en la vacunación subcutánea

En la vacunación subcutánea, puede producirse defectos en la aplicación por: mala posición, cuello herido/sangrante, moribundo/muerto, cuello húmedo, no vacunado (FENAVI, 2019).

$$\% \text{ Defectos de vacunación} = \frac{\text{Total de Defectos de Vacunación}}{\text{N}^\circ \text{ aves vacunadas}} \times 100$$

*Los defectos de vacunación es la sumatoria de: Cuello húmedo, mala posición, Heridos, no vacunados

- Mala posición: defecto ocasionado cuando la aguja ingresa en una estructura o posición distinta al tercio medio dorsal del cuello (Figura 5). Por ejemplo, si la vacuna se inyecta cerca a la cabeza, generará una inflamación de la zona, produciendo malestar en el ave (impedir visión, disminución del consumo de alimento. En el caso que la aguja sea introducida en tejidos más profundos al subcutáneo, puede perforar la médula espinal y generar la mortalidad de las aves.



Figura 5. Mala posición: inyección altura del ala

- Cuello herido o sangrante: defecto que se manifiesta con la presencia de sangre en el plumón del ave o hematoma en el punto de ingreso de la aguja (Figura 6). Cuando la aguja ingresa en las zonas laterales del cuello donde se encuentran los vasos sanguíneos y tejidos suaves, estos pueden ser dañados generando hemorragias.



Figura 6. Herido o sangrante: inyección lateral del cuello.

- Cuello húmedo: Defecto ocasionado cuando la vacuna o parte de ella queda fuera del tejido subcutáneo del cuello, lo que evidencia como plumón húmedo (figura 7).



Figura 7. Cuello húmedo: plumón húmedo

- No vacunado: Esto se produce al no liberar la vacuna durante el proceso de inyección, una vez identificado, se debe proceder a vacunar al pollito de forma inmediata (Figura 8).



Figura 8. No Vacunado

3.3.6. Factores que influyen en la vacunación subcutánea

Existen diversos factores que interfieren en la eficiencia de vacunación de las aves. Estos se pueden clasificar en relacionados a la vacuna, relacionados a la aplicación de la vacuna, relacionados al ave y condiciones de manejo. En el Cuadro 1 se describen el impacto sobre la eficiencia de la vacunación en cada uno de los factores asociados.

Cuadro 2. Factores que afectan la eficiencia de vacunación en aves. Fuente: Marangon y Busani, 2006

Tipo de factor	Impacto en la eficiencia de vacunación
Factores asociados a la vacuna	
Serotipo del virus	Existen agentes infecciosos que tienen diferentes serotipos y los antígenos vacunales no proveen protección contra todas las cepas.
Nivel de protección	Cepas de campo de muy alta virulencia y/o cepas vacunales altamente atenuadas.
Factores asociados a la aplicación de la vacuna	
Manipulación	Ciertas vacunas vivas son fácilmente inactivadas por mala manipulación.
Uso de diluyente	Las vacunas vivas administradas son inactivadas por contacto con desinfectantes si estos no son removidos.
Vía de aplicación	La vacunación no genera adecuada protección si la vacuna no se aplica en la zona deseada.
Asociación	La administración de ciertas combinaciones de vacunas vivas afecta la respuesta si son aplicadas en el mismo tejido diana.
Factores asociados al ave	
Inmunidad materna	En presencia de elevados títulos de anticuerpos maternos, las vacunas vivas administradas durante las primeras dos semanas de vida pueden ser neutralizadas.

Inmunosupresión	Estrés, agentes infecciosos y micotoxinas generan una inadecuada respuesta inmune a la vacuna.
Estado sanitario	Las aves que ya han sido infectadas con los patógenos contra los que se vacuna, no tendrán una correcta respuesta.
Genética	Se tienen diferencias en las respuestas a vacunas en especies y líneas distintas.

Condiciones de manejo

Prácticas de higiene	Sin una limpieza y desinfección adecuada, los retos pueden darse a edades más tempranas y con dosis más altas.
----------------------	--

3.3.7. Medición económica por deficiente técnica vacunal

La técnica vacunal del operario se ve afectada por la habilidad del operario o calidad del equipo de vacunación. Un 98% de eficiencia vacunal es el promedio estándar en equipos de vacunación (Gonzalez, 2004). Una planta de incubación que produce 5 millones de pollos por mes con un promedio de 98% de eficiencia de vacunación, se tendrá al mes un total de 100 000 pollos que presentaron defectos de vacunación, en un año se tendrá 1 200 000 pollos mal vacunados. Si el costo del pollo BB es de S/. 1.00 (un sol), se tiene un costo de S/ 1 200 000 (un millón doscientos mil soles) como medida económica de pérdida por técnica vacunal, asociado a defectos de vacunación. Se obtiene que 1% de eficiencia de vacunación para una planta de incubación de pollos que produce mensual 5 millones de pollos BB, con un costo de producción de pollo BB de S/. 1.00 (un

sol) se estima un costo mensual de S/. 50 000 soles de pérdida por técnica de vacunación del operario, ya que se generan aves heridas, sangrados, húmedos y sin vacuna asumiendo el costo de la vacuna y el costo por el tiempo del personal para los procesos de vacunación (Reyes I, 2023).

IV. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El crecimiento de la avicultura en el Perú ha generado la demanda de automatización de los procesos pecuarios, incluyendo la vacunación de las aves en su primer día en las plantas de incubación.

Una alta eficiencia de vacunación es esencial para alcanzar el potencial zootécnico y lograr una correcta inmunización contra agentes patógenos de las aves de producción. Los operarios encargados de la vacunación de los pollos recién nacidos en las plantas de incubación se enfrentan a una serie de factores que pueden tener un impacto significativo en su desempeño. Estos factores incluyen, entre otros, el tipo de máquinas utilizadas para la vacunación (como máquinas semiautomáticas y automáticas), el turno de trabajo en el que operan, el sexo del operario, la edad de la reproductora de donde provienen los pollos, estación del año, entre otros.

Por lo tanto, al analizar las eficiencias de vacunación de los operarios de plantas de incubación comparando los principales factores que pueden afectar la eficiencia de vacunación, es posible identificar oportunidades para optimizar los procesos.

V. HIPÓTESIS

La eficiencia de los operarios durante la vacunación es mayor cuando se utiliza la máquina semiautomática en comparación con la máquina automática en plantas de incubación de pollos.

VI. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Evaluar la eficiencia de los operarios durante la vacunación realizada con máquina semiautomática y automática en plantas de incubación de pollos.

5.2 Objetivo(s) específico(s)

- Evaluar la eficiencia de vacunación de los operarios durante los horarios diurnos y nocturnos con las máquinas de vacunación.
- Evaluar la eficiencia de vacunación de los operarios según edad de las reproductoras con las máquinas de vacunación.
- Evaluar la eficiencia de vacunación según el sexo de los operarios con las máquinas de vacunación.
- Evaluar la eficiencia de vacunación de los operarios según estación del año.
- Evaluar la tasa de los defectos que se presentan durante el proceso de vacunación en los años de estudio.

VII. METODOLOGÍA

6.1 Lugar de estudio

El estudio se desarrolló en seis plantas de incubación de pollos de carne: cinco en la ciudad de Lima y uno en el distrito de Chincha, provincia de Ica. Se obtuvieron las fichas de recolección de vacunación de pollos de carne de un día de edad, para determinar la eficiencia de vacunación de cada operario.

El análisis de datos se realizó en el Laboratorio de Epidemiología y Salud Pública en Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

6.2 Tipo de estudio

La investigación correspondió a un estudio descriptivo y comparativo de la eficiencia de los operarios durante la vacunación.

6.3 Población, muestra u objeto de estudio

La población comprendió los registros digitales de las actividades de vacunación por parte de los operarios desarrollados en seis plantas de incubación de pollos de carne durante el periodo 2021 - 2023.

6.4 Criterios de inclusión y exclusión

Solo se incluyeron los registros de las plantas de incubación que proveen de información clara y entendible durante el periodo 2021 – 2023. Se excluyeron la información de fichas incompletas al momento de realización del estudio.

6.5 Recolección de información

Se solicitó el registro en Excel del periodo 2021 - 2023 de la base de datos con información de los resultados de las evaluaciones de eficiencia de vacunación con máquinas semiautomáticas (Zootec) y automáticas (Robot Jecmatic) de las seis plantas de incubación de pollos de carne. El cálculo de eficiencia de vacunación (%), se obtuvo de la siguiente manera: se sumó el número de aves vacunadas y se restó el número de aves con defectos de vacunación. Luego, este resultado se dividió entre el total de aves y se multiplica por 100 para obtener el porcentaje. Los defectos de vacunación fueron: mala posición, heridos, no vacunados, cuello húmedo. La variable dependiente corresponde al cálculo (%) de eficiencia de vacunación y se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ Eficiencia de vacunación} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ Aves Vacunadas} - \text{N}^\circ \text{ Defectos}) \times 100}{\text{N}^\circ \text{ Aves Vacunadas}}$$

*N° Defectos de vacunación es la sumatoria de: Cuello húmedo, mala posición, Heridos, no vacunados

Las variables independientes: mes, año, sexo de operarios (hombre y mujer), horarios de trabajo (diurno, de 6:00 a 14:00, y nocturno, de 20:00 a 4:00). Además, se consideran las edades de reproductoras de carne clasificadas en lotes: joven (de 25 a 35 semanas), adulto (de 36 a 50 semanas) y viejo (de 51 a 64 semanas). En el caso de la temporada, el indicador de calor abarca los meses de primavera y verano, mientras que el indicador de frío incluye otoño e invierno. Para las estaciones climáticas trimestrales, se consideran los meses de primavera, verano, otoño e

invierno a lo largo del año.

6.6 Plan de análisis

La información recolectada entre los años 2021-2023 proporcionada por la empresa, fue revisada, para validar el ingreso de datos y detectar información no coherente, luego fue resumida en tablas de frecuencias absolutas y relativas distribuidas por año, modelo de máquina de vacunación y eficiencia del operario para obtener cuadros comparativos del proceso de vacunación en plantas de incubación. Para el análisis de datos se utilizó el software estadístico SPSS 24.0. Se evaluó la normalidad de la variable cuantitativa continua eficiencia de vacunación mediante la prueba de Kolmogorov Smirnov de una muestra.

El primer análisis estadístico realizado fue el análisis de varianza intersujetos para determinar las variables que influían sobre el porcentaje de eficiencia de vacunación. La diferencia entre la eficiencia de vacunación de los operarios según las máquinas utilizadas fue evaluada para el sexo del operario, horario de trabajo, temporada climática utilizando la prueba de T Student. Para la diferencia de la eficiencia de vacunación de los operarios de vacunación según edad de reproductora y estación del año, se evaluó con la prueba análisis de varianza de una vía (ANOVA).

6.7 Consideraciones éticas:

El estudio se realizó solicitando inicialmente la autorización escrita del representante de la Gerencia Pecuaria de la empresa, previa explicación de los objetivos del proyecto y los procedimientos de recolección de

información. En dicha solicitud se especificó la información que se requiere de la eficiencia de vacunación de los operarios de planta de incubación los cuales han de servir para cumplir con los objetivos del estudio (análisis estadístico). El estudio fue evaluado y aprobado por el Comité Institucional de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (Constancia 303-26-24).

VIII. RESULTADOS

El análisis de varianza intersujetos encontró diferencia por efecto del tipo de máquinas de vacunación (p -valor= 0.001). Por ello, los resultados de las evaluaciones se presentan para cada máquina de forma individual.

7.1 Eficiencia de vacunación según sexo en cada modelo de máquina de vacunación

En el cuadro 2, el número total (N) de operarios evaluados fue de 1316 hombres y 2148 mujeres para las máquinas semiautomáticas, mientras que para las automáticas participaron 676 hombres y 796 mujeres. En términos de media porcentual, la máquina semiautomática obtuvo una eficiencia de vacunación prácticamente idéntica entre hombres y mujeres, con una media de 99.83% para los hombres y 99.87% para las mujeres. En el caso de la máquina automática, se observó una ligera diferencia, donde los hombres alcanzaron una media de 99.74%, mientras que las mujeres lograron 99.83%. Respecto a la desviación estándar, se evidencia que fue mayor entre las mujeres que usaron la máquina semiautomática (0.7353) en comparación con los hombres (0.5399). Para la máquina automática, la desviación estándar fue de 0.6652 para los hombres y 0.4966 para las mujeres, lo que indica que, en promedio, las mujeres mostraron una mayor consistencia en su desempeño con ambos tipos de máquinas. El valor mínimo y máximo de eficiencia muestra que algunos operarios alcanzaron un 100% de eficiencia en todos los grupos evaluados. Sin embargo, el valor mínimo fue más bajo en las mujeres que usaron la máquina semiautomática (75%), mientras que en el resto de los casos los valores mínimos oscilaron entre 94% y 96%.

El análisis mostró diferencia significativa en el sexo mujeres (p -valor= 0.007) con el modelo de máquina de vacunación automática. Para el análisis de la máquina semiautomática no mostró diferencia significativa.

Cuadro 3. Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según sexo y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática		Automática	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
N	1316	2148	676	796
N Aves	131600	214800	67600	79600
Vacunadas				
Media (%)	99.83	99.87	99.74	99.83
Desviación estándar	0.5399	0.7353	0.6652	0.4966
Valor mínimo	94	75	95	96
Valor máximo	100	100	100	100
P Valor	0.276		0.007*	

N=total de individuos observados, N Aves=total aves vacunadas, M=proporción media de eficiencia
 Donde * indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$).

7.2 Eficiencia de vacunación según temporada en cada modelo de máquina de vacunación

En el cuadro 3, para la máquina semiautomática, se registraron 1708 eficiencias durante la temporada de calor y 1756 en la temporada de frío. En cuanto a la máquina automática, se realizaron 816 eficiencias en la temporada de calor y 656 en la de frío. La media de eficiencia porcentual fue muy similar entre las estaciones y los tipos de máquinas. En la máquina semiautomática, la media fue de 99.85% en la temporada de calor y 99.86% en la de frío. Para la máquina automática, la eficiencia media fue de 99.80% durante la temporada de calor y 99.77% en la temporada de frío. Estos valores indican una alta eficiencia en ambos tipos de máquinas, sin diferencias notables entre las estaciones. La desviación estándar, fue mayor en la temporada de calor con la máquina semiautomática (0.7834) y menor en la de frío (0.5320). En el caso de la máquina automática, la

dispersión fue ligeramente mayor en la temporada de frío (0.6199) en comparación con el calor (0.5485), lo que indica una variabilidad ligeramente superior en los resultados de vacunación en esta temporada. El valor mínimo de eficiencia fue más bajo para la máquina semiautomática durante la temporada de calor (75%), mientras que el valor mínimo en las otras condiciones estuvo entre 92% y 95%. En todos los casos, el valor máximo alcanzado fue del 100%.

El análisis no mostró diferencia significativa entre las temporadas (calor y frío) y los modelos de máquinas de vacunación semiautomática y automáticas.

Cuadro 4. Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según temporada y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática		Automática	
	Calor	Frío	Calor	Frío
N	1708	1756	816	656
N Aves	170800	175600	81600	65600
Vacunadas				
Media (%)	99.85	99.86	99.80	99.77
Desviación estándar	0.7834	0.5320	0.5485	0.6199
Valor mínimo	75	92	95	95
Valor máximo	100	100	100	100
P Valor	0.469		0.304	

N=total de individuos observados, N Aves=total aves vacunadas, M=proporción media de eficiencia
 Donde * indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$).

7.3 Eficiencia de vacunación según horario en cada modelo de máquina de vacunación

En el cuadro 4, para la máquina semiautomática, se registraron 2436 eficiencias en horario diurno y 1028 en horario nocturno. En cuanto a la máquina automática, se realizaron 628 eficiencia en horario diurno y 844

en horario nocturno. la eficiencia media con la máquina semiautomática en el horario diurno fue del 99.87%, con una desviación estándar de 0.6897. Mientras que, en el horario nocturno, la eficiencia fue del 99.82%, con una desviación estándar de 0.6117. En cuanto a la eficiencia media con la máquina automática, la eficiencia en el horario diurno fue del 99.83%, con una desviación estándar de 0.6379 y en el horario nocturno, la eficiencia fue del 99.74%, con una desviación estándar de 0.5329.

El análisis mostró diferencia significativa en el horario diurno con la máquina semiautomática (p -valor= 0.026) y con la máquina automática (p -valor= 0.004). Lo que indica que hay una diferencia significativa en la eficiencia entre estos horarios.

Cuadro 5. Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según horario y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática		Automática	
	Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
N	2436	1028	628	844
N Aves	243600	102800	62800	84400
Vacunadas				
Media (%)	99.87	99.82	99.83	99.74
Desviación estándar	0.6897	0.6117	0.6379	0.5329
Valor mínimo	75	94	95	95
Valor máximo	100	100	100	100
P Valor	0.026*		0.004*	

N=total de individuos observados, N Aves=total aves vacunadas, M=proporción media de eficiencia
Donde * indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$).

7.4 Eficiencia de vacunación según edad de reproductoras en cada modelo de máquina de vacunación

En el cuadro 5, con la máquina semiautomática, al vacunar la progenie de las reproductoras jóvenes se obtuvo una eficiencia media del 99.84%, con

una desviación estándar de 0.5397. Al vacunar la progenie de las reproductoras adultas tuvieron una eficiencia del 99.85%, con una desviación estándar de 0.591. Y al vacunar la progenie de reproductoras viejas se alcanzó una eficiencia del 99.88%, con una desviación estándar de 0.837. Con la máquina automática, la eficiencia al vacunar progenie de reproductoras jóvenes fue del 99.71% y su desviación estándar fue de 0.754. Al vacunar la progenie de reproductoras adultas se logró una eficiencia de 99.83%, con una desviación estándar de 0.536. Y al vacunar a la progenie de las reproductoras viejas se obtuvo una eficiencia del 99.80%, con una desviación estándar de 0.52.

El análisis mostró diferencia significativa entre la edad de reproductoras (p -valor= 0.026) y la máquina de vacunación automática. Para el análisis de la máquina semiautomática no mostró diferencia significativa.

Cuadro 6. Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según edad de reproductora y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática			Automática		
	Joven	Adulto	Viejo	Joven	Adulto	Viejo
N	1400	800	1184	304	456	712
N Aves	14000	80000	11840	3040	45600	71200
Vacunadas	0		0	0		
Media (%)	99.84	99.85	99.88	99.71	99.83	99.80
Desviación estándar	0.539	0.591	0.837	0.754	0.536	0.52
Valor mínimo	94	92	75	95	95	97
Valor máximo	100	100	100	100	100	100
P Valor entre grupos	0.348			0.026*		

N=total de individuos observados, N Aves=total aves vacunadas, M=proporción media de eficiencia
 Donde * indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$).

7.5 Eficiencia de vacunación según estación climática en cada modelo de máquina de vacunación

En el cuadro 6, La eficiencia media utilizando la máquina semiautomática durante las estaciones fue consistente, oscilando entre 99.85% y 99.88%. La desviación estándar varió entre 0.511 y 0.5473, lo que indica una baja dispersión de los datos. Con la máquina automática la eficiencia media varió ligeramente, entre 99.79% y 99.78%, con desviaciones estándar entre 0.536 y 0.5433.

El análisis no mostró diferencia significativa entre las estaciones y las máquinas de vacunación automática y semiautomática.

Cuadro 7. Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según estación y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática				Automática			
	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
N	920	964	788	792	416	304	400	352
N Aves	92000	96400	78800	79200	41600	30400	40000	35200
Vacunadas								
Media (%)	99.85	99.88	99.85	99.85	99.81	99.76	99.79	99.78
Desviación estándar	0.9400	0.511	0.5473	0.5568	0.5363	0.699	0.5615	0.5433
Valor mínimo	75	95	94	92	96	95	95	97
Valor máximo	100	100	100	100	100	100	100	100
P Valor entre grupos			0.686				0.645	

N=total de individuos observados, N Aves=total aves vacunadas, M=proporción media de eficiencia
 Donde * indica que existe diferencia significativa ($p < 0.05$).

7.6 Tasa de defectos de vacunación según año y modelo de máquina de vacunación

El Cuadro 8 presenta un análisis de los defectos de vacunación, clasificados en cuatro categorías: cuello húmedo, herido/sangrante, mala

posición y no vacunado. Estos defectos se distribuyen según el tipo de máquina utilizada (semiautomática y automática) y por año, abarcando el periodo de 2021 a 2023. Se observa que las máquinas automáticas tienen mayores porcentajes de defectos en las categorías de cuello húmedo (0.40%) y herido/sangrante (0.40%) en comparación con las semiautomáticas. En contraste, las máquinas semiautomáticas presentan un porcentaje más alto de defectos en la categoría de mala posición (0.25%) frente a las automáticas (0.05%). En la categoría de no vacunado, las máquinas automáticas no registraron defectos, mientras que las semiautomáticas mostraron valores mínimos (0.03%). En cuanto a la categoría de cuello húmedo, se evidencia un incremento en los defectos de las máquinas automáticas, pasando de 0.20% en 2021 a 0.46% en 2023, mientras que las semiautomáticas se mantuvieron estables durante el mismo periodo. Por otro lado, los defectos de herido/sangrante disminuyen progresivamente de 2021 a 2023 en ambos tipos de máquinas, lo que sugiere una posible mejora en los procedimientos de vacunación. En la categoría de mala posición, las máquinas semiautomáticas alcanzaron un pico en 2022 (0.30%), pero experimentaron una disminución en 2023 (0.20%). En la categoría de no vacunado, los defectos son prácticamente inexistentes en todas las máquinas y años analizados. El promedio general de defectos de vacunación es de 0.14% para las máquinas semiautomáticas y de 0.21% para las automáticas, lo que indica que, en promedio, las máquinas automáticas presentan un 50% más de defectos que las semiautomáticas.

Cuadro 8. Defectos de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según año y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática	Automática	Total
Cuello Húmedo	0.14	0.40	0.22
2021	0.10 (1126/11260)	0.20 (1300/6500)	0.14 (2486/17760)
2022	0.15 (6825/45500)	0.43 (7912/18400)	0.23 (14697/63900)
2023	0.15 (4383/29220)	0.46 (5474/11900)	0.24 (9869/41120)
Herido/sangrante	0.15	0.40	0.22
2021	0.24 (2702/11260)	0.37 (2405/6500)	0.28 (4973/17760)
2022	0.16 (7280/45500)	0.41 (7544/18400)	0.23 (14697/63900)
2023	0.11 (3214/29220)	0.39 (4641/11900)	0.19 (7813/41120)
Mala posición	0.25	0.05	0.19
2021	0.19 (2139/11260)	0.22 (1430/6500)	0.20 (3552/17760)
2022	0.30 (13650/45500)	0.01 (184/18400)	0.22 (14058/63900)
2023	0.20 (5844/29220)	0.01 (119/11900)	0.15 (6168/41120)
No vacunado	0.03	0.00	0.02
2021	0.00 (0/11260)	0.00 (0/6500)	0.00 (0/17760)
2022	0.06 (2730/45500)	0.00 (0/18400)	0.04 (2556/63900)
2023	0.00 (0/29220)	0.01 (119/11900)	0.00 (0/41120)
Total	0.14	0.21	0.16

IX. DISCUSIÓN

La vacunación es el método más eficiente y rentable de control de enfermedades infecciosas en la avicultura. Su finalidad es prevenir y controlar futuras infecciones produciendo una adecuada inmunidad minimizando el impacto económico de la enfermedad disminuyendo la presentación del cuadro clínico (Gómez *et al.*, 2016). Las vacunas vivas e inactivadas se pueden aplicar por diferentes vías; desafortunadamente, las condiciones en granja de pollos a menudo no son óptimas, sobre todo con la aplicación de vacunas vivas en masa, un estudio determinó que solo el 53% del lote fue protegido con la vacunación por la vía spray y 60% por la vía agua de bebida, mientras que el 93% de las aves fueron protegidas por la vía gota ocular individualmente (Degefa *et al.*, 2004).

La vacunación de pollos en plantas de incubación al primer día de nacimiento, se ha convertido en el enfoque estándar para la vacunación de rutina debido a la facilidad de administración, la posibilidad de estandarizar, optimizar el proceso y por el menor impacto en el bienestar del ave. El proceso de vacunación se controla mejor y se utilizan máquinas de vacunación precisos tanto en la dosificación como en la distribución de la vacuna, mejores condiciones higiénicas en la preparación y reconstitución de la vacuna y una inmunización más temprana. No obstante, el mantenimiento continuo y el entrenamiento al personal son la clave para una vacunación exitosa (Franzo *et al.*, 2020).

La eficiencia de vacunación es un indicador crucial para prevenir o disminuir la susceptibilidad a enfermedades en aves. Es sabido que, aparte de la eficacia inherente de la vacuna, la adecuada aplicación realizada por los operarios

tiene un impacto en la protección inmunológica de las aves. Por lo tanto, una incorrecta vacunación incrementa el riesgo de infección, desarrollo de enfermedades y disminución de la producción de las aves en crianza (Franzo *et al.*, 2020). Los operarios encargados de la vacunación de pollos bebés en plantas de incubación están sujetos a varios factores que pueden influir en su desempeño, entre los cuales pueden encontrarse: los modelos de máquinas vacunadoras (semiautomática y automática), así mismo se ha señalado otros factores y condiciones como el horario de trabajo, sexo del operario, tamaño de pollo BB y estaciones del año como condiciones medioambientales en proceso.

El tipo de máquinas de vacunación tuvo el efecto más importante mostrando diferencia significativa entre ellas (automática y semiautomática). Se puede deducir que, si bien las máquinas semiautomáticas (99.86%) y automáticas (99.79%) superan los estándares esperados 98% (Reyes, 2023) y 99% (Robles, 2023) de eficiencia de vacunación respectivamente. A nivel mundial, un estudio realizado por Gonzales (2014), que evaluó 2 000 auditorías durante el año 2012 en 100 plantas de incubación en todo el mundo, reportó una eficiencia de vacunación del 92,13% para las máquinas semiautomáticas, lo que pone en perspectiva la alta eficiencia obtenida en el presente análisis. El diseño simple de la máquina de vacunación semiautomática “Zootec” y la experiencia del personal operario en el adecuado manejo representaría una ventaja para que las aves vacunadas no presentes defectos dentro de este proceso (Boehringer, 2018). Posiblemente los factores que estén contribuyendo a que la máquina de vacunación automática no cuente con una adecuada eficiencia de vacunación para el presente estudio radican en el tiempo de experiencia y conocimiento por parte del operario, ya que es una nueva tecnología y como todo proceso se tiene una curva de aprendizaje. En la

modernización tecnológica, como la robotización, se deben realizar los cambios y modificaciones necesarias en los procesos, flexibilidad del trabajo y replantear los enfoques de producción para obtener las mejoras en los resultados esperados (Gamboa *et al.*, 2003).

Durante la evaluación de la eficiencia de vacunación comparado al sexo de los operarios (varón y mujer) según máquina, la automática evidencia una diferencia significativa en favor de los operarios mujer. La FAO reportó que, en promedio, el 40% de la fuerza laboral en sector agrícola corresponde a las mujeres en países en desarrollo y en América Latina esto constituye el 20% (FAO, 2024). Todaro *et al.*, en el 2002 analizaron la percepción de empresarios sobre el desempeño laboral de las mujeres, describiendo que las tareas que las mujeres realizan en la producción a nivel operativo, a menudo se consideran como las más simples y menos exigentes físicamente, enfocadas en la meticulosidad, atención a los detalles, paciencia y capacidad para realizar tareas repetitivas durante períodos prolongados en un mismo lugar. Estas características coinciden con el proceso operativo de vacunación, siendo una posible causa de los resultados obtenidos en el presente análisis.

En Latinoamérica, los mercados laborales son caracterizados por su marcada segmentación por desigualdad de género. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), las oportunidades laborales para las mujeres se concentran en el sector comercio, mientras que el sector agropecuario, estas oportunidades solo representan un 10.1%, comparadas con las oportunidades en este sector para los hombres, donde se reporta un 19.5% (Vaca, 2019). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio, reflejan que las mujeres pueden desempeñar satisfactoriamente estas funciones.

El análisis de las temporadas climáticas como calor y frío comparado a la eficiencia de vacunación del operario no mostró diferencia significativa. Por otro lado, también analizamos por estación climática como verano, otoño, invierno y primavera comparado a la eficiencia de vacunación por el operario, no encontrando diferencias. Existe una condición denominada “estrés térmico”, que consiste en que temperaturas por encima o por debajo de la zona de confort de las personas, mermarán el rendimiento laboral. Esto puede convertirse en un problema también en trabajadores dentro de plantas industriales, si es que no se regulan las temperaturas internas adecuadamente (OIT, 2019).

Los resultados obtenidos en el estudio permitirían deducir que existe confort térmico dentro de las instalaciones de las plantas de incubación, tanto en verano como en invierno. Este confort térmico se describe como el estado mental de la persona en cuanto a la percepción de un ambiente como muy caluroso o frío y es considerado subjetivo ya que puede variar entre personas, pero se busca que el área laboral mantenga satisfechos y cómodos a más del 90% de los trabajadores como mínimo (Albornoz *et al.*, 2017)

El análisis de la influencia del horario diurno con la máquina semiautomática y automática fue significativo. Lo que presume que las actividades diurnas favorecen a una mejor concentración del operario de vacunación y contribuye a una adecuada eficiencia de vacunación. Esto se ha descrito como una de las consecuencias del trabajo nocturno, donde se mencionan los efectos negativos sobre la calidad y cantidad de sueño de los trabajadores, llegando a producir somnolencia durante el turno laboral y, por ende, afectando el rendimiento y aumentando las probabilidades de accidentes y/o errores en los procesos (Cuadrado, 2016). El término “cronodisrupción” se asocia a la alteración

del ciclo del sueño, el cual puede producirse por aumento de los niveles de luz por las noches, como se da en el caso de los turnos nocturnos, esto puede dar origen a alteraciones físicas, psicológicas en comparación a turnos diurnos (Ponte *et al.*, 2024).

Las edades de las reproductoras carne se relacionan al peso del pollo BB. Estos valores fluctúan en los rangos de 33- 40 gramos, siendo menor peso en lotes jóvenes y mayor peso en lotes viejos. El análisis solo mostró diferencia significativa entre la edad de reproductoras y la máquina de vacunación automática. Se presume que hay diferencias entre vacunar pollos de 33 gramos (Lote Joven reproductoras de 25 a 35 semanas) durante la vacunación en máquinas automáticas. La diferencia en la edad de las reproductoras puede influir en la vacunación, ya que al tener huevos incubables más pequeños, estos dan lugar a pollos nacidos más ligeros y pequeños (Intriago *et al.*, 2023), en consecuencia, implica una diferencia en la vacunación, probablemente por el menor tamaño del ave al colocarlo en la máquina automática de vacunación.

En la vacunación subcutánea, puede producirse defectos en la aplicación por: mala posición, cuello herido/sangrante, moribundo/muerto, cuello húmedo, no vacunado (FENAVI, 2019). En el presente análisis, se observaron defectos de vacunación del 0.14% en máquina semiautomática y del 0.21% en la máquina automática. Estos porcentajes se encuentran significativamente por debajo del límite permisible de defectos 2% (Reyes I, 2023). Además, son notablemente inferiores a los resultados del estudio de González (2014), que reportó un 7.87% de defectos de vacunación desglosados en: Mala posición (3.81%), cuello húmedo (2.17%), sin vacuna (1.29%) y sangrados (0.6%). Estos hallazgos sugieren una mejora en los procesos de vacunación en comparación con estudios previos, lo

que resalta la efectividad de las máquinas utilizadas en el presente análisis.

Es relevante destacar que incluso pequeñas tasas de error pueden generar impactos económicos directos e indirectos en la salud y productividad de las aves. La correcta aplicación de la vacuna por parte del personal operativo es crucial para garantizar la adecuada protección inmunológica de las aves, ya que una vacunación inapropiada incrementa el riesgo de infecciones, el desarrollo de enfermedades y la disminución en la producción avícola (Franzo *et al.*, 2020). En Perú, las plantas de incubación producen mensualmente 63 millones de pollos BB (MIDAGRI, 2023). Considerando un costo unitario de S/. 1.00 por pollo BB, un 0.1% de defectos en la vacunación mensual resultaría en una pérdida económica de aproximadamente S/ 63,000. Esto implicaría una pérdida anual de S/ 756,000, asociada a fallos en la técnica de vacunación por parte del operario. Comparativamente, en Brasil, el mayor productor de carne avícola en América Latina, se estima una producción mensual de más de 600 millones de pollos, lo que genera costos asociados a defectos de vacunación que, aunque con tasas bajas, resultan en pérdidas económicas sustanciales (FAO, 2022). Estos ejemplos demuestran que, aunque los costos absolutos varían según el tamaño de la industria avícola, la correcta aplicación de las vacunas es esencial en toda la región para minimizar las pérdidas económicas y garantizar la eficiencia de la producción.

Es importante analizar los costos y pérdidas asociados a la automatización versus la semiautomatización en el proceso de vacunación. Los datos del estudio muestran que las máquinas automáticas presentaron un promedio de defectos del 0.21%, frente al 0.14% de las semiautomáticas (Cuadro 8). Aunque ambas están por debajo del límite permisible (2% según Reyes, 2023), la diferencia implica un

impacto económico significativo. Por ejemplo, en una planta que produce 63 millones de pollos mensuales (MIDAGRI, 2023), el 0.07% adicional de defectos en máquinas automáticas generaría pérdidas aproximadas de S/44,100 mensuales y S/529,200 (considerando S/1 por pollo), lo que resalta la importancia de evaluar la relación costo-beneficio de la automatización. Además, González (2014) reportó que las máquinas semiautomáticas requieren menos mantenimiento y repuestos, lo que reduce costos operativos, mientras que las automáticas, pese a su mayor velocidad, demandan una curva de aprendizaje más larga y ajustes técnicos precisos (Boehringer, 2018; MSD, 2024), factores que podrían incrementar gastos indirectos.

Respecto al descanso del personal, los resultados evidenciaron que los horarios diurnos tuvieron mayor eficiencia (99.87% en semiautomáticas y 99.83% en automáticas) frente a los nocturnos (99.82% y 99.74%, respectivamente; (Cuadro 5). Esto coincide con lo señalado por (Cuadrado, 2016) y (Ponte *et al.* 2024), quienes destacan que la cronodisrupción en turnos nocturnos afecta la concentración y aumenta errores. Implementar pausas activas podría mitigar este efecto, ya que estudios como los de (Albornoz *et al.*, 2017) demuestran que breves intervalos de descanso mejoran el rendimiento en tareas repetitivas. Por ejemplo, en el estudio de (González, 2014), plantas que adoptaron pausas de 10 minutos cada 2 horas redujeron defectos en un 1.5%. Así, incorporar estas prácticas, junto con rotaciones de turnos, podría optimizar la eficiencia, especialmente en máquinas automáticas donde la precisión es crítica (Franzo *et al.*, 2020).

El presente estudio aporta información valiosa sobre las variables que afectan la eficiencia de vacunación en plantas de incubación, especialmente en el uso de máquinas automáticas y semiautomáticas. Los resultados obtenidos

sugieren que la máquina semiautomática, en combinación con la experiencia del operario, presenta una mayor eficiencia en la vacunación, lo que puede guiar futuras decisiones en la selección de equipos y capacitación del personal. Además, se resalta la importancia de factores como el sexo del operario, horarios de trabajo y las condiciones ambientales, que anteriormente habían sido poco exploradas en estudios similares. Este análisis aporta datos relevantes para mejorar los procesos en plantas de incubación, lo cual puede tener un impacto directo en la salud de las aves y en la rentabilidad de la producción avícola. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de un enfoque integral que balancee tecnología, bienestar laboral y economía operativa.

Los operarios encargados de la vacunación de pollos bebés en plantas de incubación están sujetos a varios factores que pueden influir en su desempeño (Marangon *et al.*, 2006), estrategias como pausas activas y capacitación continua (como recomienda Cobb, 2020) son clave para maximizar la eficiencia, independientemente del tipo de máquina. Por lo mencionado, es importante que los operarios sean constantemente capacitados para obtener los conocimientos y habilidades para garantizar una administración segura y eficiente de la vacunación y así lograr los estándares de la vacunación. Por lo revisado, se recomienda implementar programas de capacitación continua para los operarios, centrándose en la manipulación correcta de los equipos de vacunación, con especial énfasis en las nuevas tecnologías automáticas, para superar la curva de aprendizaje y es aconsejable que en las plantas de incubación consideren el uso de máquinas semiautomáticas para la vacunación, debido a su mayor eficiencia, hasta que se optimice el uso de las automáticas.

Una de las principales limitaciones del estudio es que la experiencia de los

operarios no fue controlada de manera uniforme para todas las máquinas de vacunación. Esto puede haber influido en los resultados obtenidos, especialmente en el caso de las máquinas automáticas, que requieren un mayor grado de especialización y formación técnica. La falta de un control más riguroso sobre este factor podría haber introducido sesgos o variabilidad en el desempeño de las máquinas.

XI. CONCLUSIONES

1. El horario de trabajo diurno obtuvo mejores eficiencias de vacunación comparado con los horarios nocturnos en ambas máquinas (semiautomática y automática).
2. La progenie de reproductoras jóvenes (25-35 semanas) presentó la menor eficiencia de vacunación en máquinas automáticas, posiblemente debido al menor tamaño de los pollos.
3. Las operarias mujeres mostraron una mayor eficiencia de vacunación en máquinas automáticas en comparación con los operarios masculinos.
4. No se encontraron diferencias significativas en la eficiencia de vacunación entre las estaciones climáticas (calor/frío o trimestrales).
5. Los defectos de vacunación fueron menores en máquinas semiautomáticas (0.14%) que en automáticas (0.21%), destacando "cuello húmedo" y "herido/sangrante" como los más frecuentes.

XII. RECOMENDACIONES

- Implementar un programa estructurado de capacitaciones al personal operario de vacunación, incluir evaluaciones periódicas de competencias y simulaciones de escenarios debido a la rotación de personal y cambios tecnológicos.
- Ante un cambio de tecnología en modelos de máquinas de vacunación debemos realizar la implementación de manera escalonada, evaluando constantemente a los operarios de vacunación para no afectar la eficiencia de vacunación.
- Priorizar los turnos diurnos para las vacunaciones, dado su mayor rendimiento. Para turnos nocturnos se debe implementar pausas activas, buena iluminación.
- Los defectos en la vacunación tienen un impacto directo tanto en los costos económicos como en la inmunidad de las aves. Por lo tanto, es crucial que el personal esté debidamente capacitado y concientizado para asegurar una técnica vacunal adecuada y eficiente.
- Diseñar manuales gráficos estandarizados con imágenes para que el operario de vacunación pueda observar los principales defectos en la vacunación y sus consecuencias en el proceso.

XIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albornoz C, Vilasau R, Alcaíno J. 2017. Confort térmico en ambientes laborales. [Internet], [16 junio 2024]. Disponible en: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaTecnica47-21032017A.pdf>
2. Asociación Española de Ciencia Avícola (AECA). 2023. Vacunaciones en las aves. [Internet], [24 Enero 2024]. Disponible en: [Microsoft Word - Manejo de vacunas y vacunaciones.DOC \(wpsa-aeca.es\)](#)
3. AVISA. 2010. Técnica de vacunación en plantas de incubación.[Internet], [19 Enero 2024]. Disponible en: [AVISA Técnicas de vacunación en la planta de incubación - AVISA \(avisavenezuela.org\)](#)
4. Becerra M, LLosá G, Paico J. 2015. Planeamiento Estratégico del Sector Avícola Cárnico en el Perú. Tesis de Magister en Administración Estratégica de Empresas. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. 20 p.
5. Boehringer Ingelheim. 2018. Manual del Usuario Zootec Doble II Vacunador. [Internet] [20 febrero 2024] Disponible en: <https://proveavicola.com/docs/zootec-doble-ii.pdf>
6. Cobb. 2020. Cobb Hatchery Management Guide. Disponible en: <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/6427713bdc/Hatchery-Guide-Layout-R4-min.pdf>
7. Cobb. 2020. Cobb Vaccination Management Guide. https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/94a8f9de80/Cobb_Vaccination_Guide.pdf

8. Cuadrado S. 2016. Trabajo a turnos, estrés y rendimiento laboral en personal de enfermería. [Internet], [10 mayo 2024]. Disponible en: [\[https://dspace.umh.es/bitstream/11000/3201/1/Cuadrado%20Garc%C3%ADa,%20Sandra%20TFM.pdf%20Hecho.pdf\]](https://dspace.umh.es/bitstream/11000/3201/1/Cuadrado%20Garc%C3%ADa,%20Sandra%20TFM.pdf%20Hecho.pdf)
9. Degefa T, Dadi L, Yami A, Mariam K and M. Nassir. 2004. Addresses of Technical and Economic Evaluation of Different Methods of Newcastle Disease Vaccine Administration. *J. Vet. Med. A* 51:365–369
10. Díez D. 2020. Los fallos vacunales en avicultura. *Veterinaria digital*. [Internet], [18 Enero 2024]. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/los-fallos-vacunales-en-avicultura/>
11. Evans J, Leigh S, Purswell J, Collier S, Kim E, Boykin D, Branton S. 2015. The impact of deposition site on vaccination efficiency of a live bacterial poultry vaccine. *Poultry Science* 94:1849-1852.
12. FAO. 2022. Anuario estadístico de la FAO para el 2022. [Internet], [23 Noviembre 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/rural-employment/work-areas/women-and-work/es/>
13. FAO (26 de noviembre 2024) <https://www.fao.org/newsroom/detail/fao-s-statistical-yearbook-for-2022-goes-live/es>
14. FENAVI. 2019. Sanidad en la industria avícola. [Internet] Disponible en: <chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fenavi.org/wp-content/uploads/2019/02/SANIDAD-EN-LA-INDUSTRIA-AV%C3%8DCOLA.pdf>

15. Fernandes J, Prokoski K, Oliveira B, Oro C, Oro P, Fernandes N. 2016. Evaluation of Incubation Yield, Vaccine Response, and Performance of Broilers Submitted to In-Ovo Vaccination at Different Embryonic Ages. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 18 (Supl.2): 55-63. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0216>
16. Franzo G, Swart W, Boyer W, Pasotto D, Ramon G, Koutoulis K, Cecchinato M. 2020. No good vaccination quality without good control: the positive impact of a hatchery vaccination service program. *Poultry Science* 99:2976-2982.
17. García H, Fernández R, Rojo F. 2012. Evaluación de la eficacia de los procedimientos de vacunación en las operaciones avícolas. [Internet], [19 Enero 2024]. Disponible en: <https://www.elsitioavicola.com/articles/2206/evaluacion-de-la-eficacia-de-los-procedimientos-de-vacunacion-en-las-operaciones-avacolas/>
18. Gamboa T, Arellano M, Nava Y. 2003. Estrategias de modernización empresarial: Procesos, productos y fuerza de trabajo. *Revista Venezolana de Gerencia*. ISSN: 1315-9984
19. Gnanasekaran P, Balamurugan S. 2017. Impact of Human Resource Management in Poultry Farming Industry at Namakkal District. *International Journal of Advanced Scientific Research & Development*. ISSN: 2395-6089.
20. Giglio N, Bakir J, Gentile A. 2018. Eficacia, efectividad e impacto en vacunas: ¿es lo mismo?. *Rev. Hosp. Niños* 60(268):34-41.
21. Gomez C, Tellez S. 2016. Vacunas tipos, técnicas y protocolos. 1era

edición. España. Servet. 4p.

22. González C. 2014. Factores que afectan la vacunación subcutánea en la incubadora. [Internet], [20 Marzo 2024]. Disponible en: <https://www.wattagnet.com/broilers-turkeys/article/15511334/factores-que-afectan-la-vacunacion-subcutanea-en-la-incubadora>
23. Guamán P, Ruíz E. 2017. Sistema de gestión de talento humano para el sector avícola de la provincia de Tungurahua. Tesis de Ingeniería de Empresas. Ambato- Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 17 p.
24. Intriago V, Cedeño E, Rivera R. 2023. Manejo en edad de reproductoras y temperatura de incubación sobre ventana de nacimiento y calidad del pollito bb. Revista Ciencia UNEMI Vol. 16, N° 43. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol16iss43.2023pp24-34p>
25. Marango S, Busani L. 2006. The use of vaccination in poultry production. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 2006,26(1),265-274
26. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. 2023. Boletín Estadístico Mensual de la “Producción y Comercialización de Productos Avícolas” N° 12. [Internet] Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4121288/Bolet%C3%ADn%20sobre%20producci%C3%B3n%20y%20comercializaci%C3%B3n-av%C3%ADcola-%20DICIEMBRE%202022.pdf?v=1676405123>
27. MSD. 2024. ¿QUÉ ES MAPP 365?. [Internet] [30 marzo 2024] Disponible en: <https://www.aviculturamsd.com/mapp-365/>
28. OIT. 2019. Trabajar en un planeta más caliente: el impacto del estrés

- térmico en la productividad laboral y el trabajo decente. ISBN 978-92-2-031465-4.
29. Paredes W. 2006. Evaluación de la protección conferida por un programa de vacunación contra la enfermedad de Gumboro en pollos de carne aplicando la fórmula de Deventer. Tesis de Médico Veterinario. Lima: Univ. Nac. Mayor de San Marcos.48 p
30. Peebles E, Barbosa T, Cummings T, Dickson J, Womack S, Gerard P. 2017. Comparative effects of in ovo versus subcutaneous administration of the Marek's disease vaccine and pre-placement holding time on the post-hatch performance of Ross 708 broilers. *Poultry Science* 96:1071-1077.
31. Ponte P, Ramirez S, Cornejo F. 2024. Trabajo por turnos, impacto en la salud y medidas preventivas en la vigilancia de salud ocupacional. [Trabajo de investigación para optar el grado de Maestro en Medicina Ocupacional y del Medio Ambiente]. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
32. Ravikumar R, Chan J, Prabakaran M. 2022. Vaccines against Major Poultry Viral Diseases: Strategies to Improve the Breadth and Protective Efficacy. *Viruses*. 14, 1195. <https://doi.org/10.3390/v14061195>
33. Ravindran V. 2013. FAO: Revisión del desarrollo avícola. ISBN 978-92-5-308067-0.
34. Reyes I. (octubre 2023). Auditorías exitosas un valor a tener en cuenta en Plantas de incubación. Ponencia presentada en Forum Let's Speak Poultry, Buenos aires, Argentina.

35. Todaro R, Godoy L, Abramo L. 2002. Desempeño laboral de hombres y mujeres: opinan los empresarios. *Cadernos Pagu*. DOI: 10.1590/S0104-83332002000100008
36. Vaca I. 2019. Oportunidades y desafíos para la autonomía de las mujeres en el futuro escenario del trabajo. ISSN 1564-4170.
37. Wlazlak S, Pietrzak E, Biesek J, Dunislawska A. 2023. Modulation of the immune system of chickens a key factor in maintaining poultry production — a review. *Poultry Science* 102:102785 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102785>
38. Wit J, Montiel E. 2022. Practical aspects of poultry vaccination. *Avian Immunology*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818708-1.00012-9>.

XIV. ANEXOS

Anexo I: Eficiencia de vacunación (expresado en porcentaje) distribuido según año, modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática	Automática	Total
Cuello Húmedo	99.85	99.60	99.78
2021	99.90	99.80	99.86
2022	99.85	99.57	99.77
2023	99.85	99.54	99.76
Herido/sangrante	99.85	99.60	99.78
2021	99.76	99.63	99.72
2022	99.84	99.59	99.77
2023	99.89	99.61	99.81
Mala posición	99.75	99.95	99.81
2021	99.81	99.78	99.80
2022	99.70	99.99	99.78
2023	99.80	99.99	99.85
No vacunado	99.97	100.00	99.98
2021	100.00	100.00	100.00
2022	99.94	100.00	99.96
2023	100.00	99.99	100.00
Total	99.86	99.79	99.84

Anexo II: Número de personas según sexo distribuido según año y modelo de máquina de vacunación

Estadígrafo	Semiautomática			Automática			Total General
	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	
N - 2021	224	236	460	104	156	260	720
N - 2022	700	1120	1820	352	384	736	2556
N - 2023	392	792	1184	220	256	476	1660
Total General	1316	2148	3464	676	796	1472	4936

N=Total de individuos observados