



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**TÉCNICAS FORENSES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE COLIFORMES FECALES**

**EN CARNE DE POLLO FRESCO**

**Línea de investigación:  
Nutrición humana y seguridad alimentaria**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Agroindustrial

**Autora**

Mego Alarcón, Violeta Maribel

**Asesor**

Jara Bautista, Lucio

ORCID: 0000-0002-1858-8565

**Jurado**

Benavides Caveró, Oscar

Meza Armas, Orlando Eleodoro

Bazán Briceño, José Luis

**Lima - Perú**

**2025**



# TECNICAS FORENSES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE COLIFORMES FECALES EN CARNE DE POLLO FRESCO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://unac.edu.pe">unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.unisucre.edu.co">repositorio.unisucre.edu.co</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://edoc.pub">edoc.pub</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="http://www.academia.edu">www.academia.edu</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
10	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe">repositorio.unfv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
11	<a href="http://www.readbag.com">www.readbag.com</a> Fuente de Internet	1%
12	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS  
TÉCNICAS FORENSES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE COLIFORMES  
FECALES EN CARNE DE POLLO FRESCO

Línea de investigación:

Nutrición humana y seguridad alimentaria

Experiencia Profesional para optar al Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autora:

Mego Alarcón, Violeta Maribel

Asesor:

Jara Bautista, Lucio

ORCID: 0000-0002-1858-8565

Jurado:

Benavides Cavero, Oscar

Meza Armas, Orlando Eleodoro

Bazán Briceño, José Luis

Lima – Perú

2025

## INDICE

RESUMEN .....	6
ABSTRACT.....	7
I) INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Trayectoria del autor .....	10
1.1.1. Datos personales .....	10
1.1.2. Experiencia .....	10
1.2. Descripción de la institución .....	10
1.3. Organigrama de la institución .....	11
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	17
II) DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	20
2.1. Coliformes.....	20
2.1.1. Morfología y características bioquímicas .....	21
2.1.2. Clasificación .....	22
2.2. La carne de pollo .....	24
2.2.1. Centros de faenamiento avícola.....	27
2.3. El control de la calidad microbiana de los alimentos.....	30
2.4. Identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco .....	37
2.5. Técnicas forenses en identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco	38
2.5.1. Inspección criminalística de establecimientos destinados al beneficio de aves para consumo humano .....	38

2.5.2. Método de análisis en el DEPBIFO basada en la ICMSF .....	43
III) APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA .....	53
IV) CONCLUSIONES .....	56
V) RECOMENDACIONES.....	58
VI) REFERENCIAS.....	60
VII) ANEXOS .....	64

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Organigrama de la DIRCRI PNP .....	13
<b>Figura 2:</b> Secciones especializadas del DEPBIFOR DIRCRI PNP .....	16
<b>Figura 3:</b> Etapas para el análisis de muestras biológicas ingresadas a la DIRCRI PNP .....	18
<b>Figura 4:</b> Estructura de la pared celular de las bacterias Gram negativas .....	15
<b>Figura 5:</b> Proceso de faenamiento de aves .....	21
<b>Figura 6:</b> Vista de condiciones insalubres de un centro de beneficio .....	28
<b>Figura 7:</b> Procedimiento de análisis microbiológico por etapas .....	35
<b>Figura 8:</b> Defectos en la calidad de camal y carne de pollo .....	35
<b>Figura 9:</b> Numeración de coliformes fecales .....	50
<b>Figura 10:</b> Numeración de coliformes fecales .....	51

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Tipos de coliformes fecales .....	23
<b>Tabla 2:</b> Composición de la carne de pollo .....	26
<b>Tabla 3:</b> Criterios microbiológicos según la ICMSF .....	31
<b>Tabla 4:</b> Grupos de microorganismos .....	33
<b>Tabla 5:</b> Herramientas de la Gestión de la Calidad en una Planta de Sacrificio .....	39
<b>Tabla 6:</b> Técnicas de análisis para bacterias de coliformes fecales y Escherichia Coli en el DEPBIFOR .....	52

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo describir parte de la labor realizada como analista microbiológico de alimentos y bebidas de consumo humano, experiencia profesional del campo de la ingeniería en el área forense, realizada en la Sección de Análisis de Microbiología y Medio ambiente del Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la Policía Nacional del Perú. Entre las conclusiones más relevantes se destaca que un producto de consumo masivo en el país, como el pollo fresco, ha sido procesado de manera inadecuada en ciertos centros de beneficio ubicados en la capital. Las inspecciones criminalísticas, solicitadas por diversas unidades policiales u órganos jurisdiccionales, debido a presuntos delitos contra la salud pública, han corroborado esta situación. Además, en cuanto al análisis de coliformes fecales y *Escherichia coli* en carne de pollo fresco, el Departamento de Biología Forense dispone actualmente de una amplia gama de técnicas. Entre ellas, sobresalen el método del Número Más Probable (NMP) y el uso de medios selectivos, los cuales han proporcionado resultados precisos en muestras obtenidas durante inspecciones criminalísticas. El aporte de estos análisis en el ámbito pericial ha sido fundamental para esclarecer posibles ilícitos penales.

*Palabras claves:* Beneficio, coliformes, forense, microbiológico, carne de pollo.

## ABSTRACT

The objective of this work is to describe part of the work carried out as a microbiological analyst of foods and beverages for human consumption, professional experience in the field of engineering in the forensic area, carried out in the Microbiology and Environment Analysis Section of the Department of Biology Forensic of the Criminalistics Directorate of the National Police of Peru. Among the most relevant conclusions, it stands out that a product of mass consumption in the country, such as fresh chicken, has been processed inadequately in certain profit centers located in the capital. Criminal inspections, requested by various police units or jurisdictional bodies, due to alleged crimes against public health, have corroborated this situation. Furthermore, regarding the analysis of fecal coliforms and *Escherichia coli* in fresh chicken meat, the Department of Forensic Biology currently has a wide range of techniques. Among them, the Most Probable Number (MPN) method and the use of selective means stand out, which have provided precise results in samples obtained during criminalistic inspections. The contribution of these analyzes in the expert field has been essential to clarify possible criminal offenses.

*Keywords:* Benefit, coliforms, microbiological forensics, chicken meat

## I) INTRODUCCIÓN

Las enfermedades transmitidas por los alimentos representan un desafío significativo para la salud pública, ya que constituyen una fuente importante de enfermedades y muertes a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año alrededor de 600 millones de personas padecen enfermedades transmitidas por los alimentos y aproximadamente 420,000 fallecen debido a la ingesta de alimentos contaminados. Las superficies inertes, ya sean lisas o irregulares, que entran en contacto con alimentos, facilitan el crecimiento de patógenos capaces de causar síntomas como dolor abdominal, diarrea, vómitos y otros efectos graves, incluyendo choque séptico y abortos en casos extremos (Gonzales et al., 2023).

Bacterias como *Escherichia coli* y coliformes totales son indicadores esenciales de la higiene en superficies, agua y alimentos. Aunque *E. coli* forma parte del microbiota normal del tracto digestivo en animales y humanos, puede convertirse en patógeno si se disemina a otras partes del cuerpo. Los coliformes totales representan aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales, comúnmente presentes en alimentos crudos, aunque pueden contaminar los alimentos cocidos por manipulación, contaminación cruzada, y superficies o utensilios contaminados (Gonzales et al., 2023).

Dentro de los alimentos cárnicos de mayor demanda y consumo se encuentra la carne de pollo, y el estudio de la contaminación bacteriana en este tipo de productos ha cobrado gran relevancia. Entre las bacterias más comunes y peligrosas se encuentran las del grupo de los coliformes fecales, que son indicadoras de la posible presencia de patógenos como *Escherichia coli*. Estas bacterias pueden generar graves problemas de salud en los consumidores si no se detectan y controlan de manera adecuada (Chavarría et al., 2023).

Diversas técnicas microbiológicas han sido desarrolladas y mejoradas para la detección de coliformes fecales en alimentos. Entre las más utilizadas se encuentran el método de cultivo en medios selectivos, la técnica de filtración por membrana, y el análisis basado en ensayos moleculares, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Estos procedimientos permiten no solo identificar la presencia de bacterias fecales, sino también cuantificar su nivel de contaminación. La aplicación de estos métodos en el ámbito alimentario es de gran importancia para esclarecer casos de intoxicación o brotes epidémicos vinculados al consumo de carne de pollo contaminada (Alvarado, 2021).

La relevancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación ha sido ampliamente documentada en diversas investigaciones. Asimismo, estudios recientes han demostrado que la carne de pollo, debido a su alta susceptibilidad a la contaminación durante el procesamiento y almacenamiento, presenta niveles preocupantes de coliformes, superando los límites permisibles establecidos por las normativas de seguridad alimentaria (Pari et al., 2023). Resaltándose la necesidad de emplear técnicas efectivas para monitorear y asegurar la calidad de este producto.

En otra parte el análisis microbiológico forense, y en el caso particular, de los coliformes fecales en carne de pollo, no solo tiene implicaciones en la salud pública, sino que también es fundamental en el ámbito legal y regulatorio. La detección de altos niveles de estas bacterias contribuye a las pesquisas policiales y coadyuva a las autoridades judiciales a determinar la responsabilidad de los productores o distribuidores de estos alimentos. En ese sentido, en el presente estudio, en concordancia con la experiencia profesional del investigador, se describen las principales técnicas de detección de coliformes fecales utilizadas en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la Policía Nacional del Perú.

## **1.1. Trayectoria del autor**

Egresado de la carrera profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV) con grado académico de Bachiller desde el 2007.

### **1.1.1. Datos Personales**

- Edad: 46 años
- Estado civil: Casada
- Nacionalidad: peruana
- DNI: 10763790
- Lugar y Fecha Nacimiento: Provincia de Cutervo, Departamento de Cajamarca, 26 de octubre de 1977.

### **1.1.2. Experiencia**

- Dirección de Criminalística de la Policía Nacional del Perú: 01/2010 – 01/2013.  
Cargo: Analista Microbiológico de alimentos y bebidas de consumo humano.
- Molinera Sudamérica S.A.C. 04/2015 – 09/2015  
Cargo: Asistente de producción.

## **1.2. Descripción de la institución**

La Policía Nacional del Perú (PNP) institución protectora del Estado tiene como una de sus finalidades fundamentales garantizar el cumplimiento de las leyes y la seguridad del patrimonio público y privado. Además, se encarga de prevenir, investigar y combatir la delincuencia, incluyendo la lucha contra la criminalidad organizada. De acuerdo con esto, la PNP lleva a cabo investigaciones constantes con el objetivo de esclarecer los delitos penales y combatir la criminalidad en el país (Constitución Política del Perú [CPP], 1993). Asimismo, dentro de las funciones asignadas a la PNP, se encuentra la de prevenir, combatir, investigar y

denunciar los delitos y faltas contemplados en el Código Penal y en leyes especiales. (Decreto Legislativo N° 1267). La PNP tiene la facultad de obtener, custodiar, asegurar y procesar indicios, evidencias y elementos probatorios relacionados con las investigaciones policiales, poniéndolos a disposición de la autoridad competente de manera oportuna (Decreto Supremo N° 001-2021-IN).

La Dirección de Criminalística de la Policía Nacional del Perú (DIRCRI PNP) es el órgano de apoyo policial de carácter técnico, sistémico y normativo, operativo y especializado en criminalística; responsable de organizar, dirigir, sistematizar, supervisar y practicar a nivel nacional los peritajes oficiales y emitir los informes periciales de criminalística para efectos de la investigación que se derivan del cumplimiento de la función policial, solicitadas por los diversos órganos de la Policía Nacional del Perú o por el Ministerio Público y Poder Judicial; en el marco de la normativa sobre la materia (Decreto Supremo N° 026- 2017-IN).

### **1.3. Organigrama de la institución**

A finales del siglo XIX, el interés por la Criminalística comenzó a crecer en el Perú, impulsado tanto por la policía como por criminólogos y expertos en derecho. Uno de los principales referentes de esta disciplina fue el Dr. Óscar Miró Quesada de la Guerra, destacado catedrático de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Contagiado por este nuevo campo de estudio, realizó importantes aportes a través de sus obras, siendo una de las más destacadas la Antropología Criminal. En esta obra, introdujo conceptos novedosos para la época, analizando los factores que generan el delito en su capítulo titulado "Criminogenia". Además, en la segunda parte de la obra, dedicada a la Criminalística, abordó los métodos científicos para descubrir y prevenir el crimen, estableciendo una base teórica decisiva para el desarrollo de esta ciencia en el país (Dirección de Criminalística [DIRCRI], 2006).

La Criminalística evolucionó con la necesidad de descubrir delitos y garantizar la identificación de los autores y cómplices, enfrentando el desafío de delincuentes que buscaban evitar ser descubiertos mediante el llamado "delito perfecto". En este contexto, se buscaba constantemente la innovación y mejora de las técnicas criminalísticas. Un avance sustancial fue la creación, el 1 de febrero de 1892, del Gabinete de Identificación Antropométrico en Lima, que adoptó el sistema del criminólogo francés Alfonso Bertillón. Este método, basado en la medición y proporción del cuerpo humano, fue una herramienta pionera en la diferenciación de personas y en el esclarecimiento de hechos delictivos en el Perú (DIRCRI, 2006).

Asimismo, en abril de 1915 ocurrió otro avance importante cuando se implementó el Sistema Dactiloscópico de Vucetich, que permitió identificar personas mediante la clasificación de las huellas dactilares dejadas al tocar objetos. Este sistema, basado en la estructura de las crestas papilares, representó una innovación importante para la identificación criminal y el perfeccionamiento de la Criminalística en el país. Posteriormente, en 1924, este sistema fue reemplazado por el Sistema Dactiloscópico propuesto por el español Federico Oloris Aguilera, basado en el original de Vucetich, lo que supuso una mejora en la técnica de identificación que se utilizaba hasta entonces en el Perú (DIRCRI, 2006).

El desarrollo de la Criminalística en el Perú también incluyó la creación de un Laboratorio de Criminalística, cuya implementación fue gestionada por el Inspector Carlos Ramírez Núñez. Este laboratorio representó un paso decisivo para dotar a la Policía Nacional de las herramientas necesarias para investigar delitos de manera científica, utilizando técnicas avanzadas para analizar evidencias y resolver crímenes. Este avance, sumado a la adopción de sistemas de identificación más precisos, como la antropometría y la dactiloscopia, cimentó las bases de la Criminalística moderna en el país, permitiendo a los investigadores policiales enfrentarse a la delincuencia con métodos más efectivos y confiables (DIRCRI, 2006).

Con Resolución N° 1598-98-DG-PNP/EMG fue creada la Dirección de Criminalística el 14 de julio de 1997, unidad especializada, que con el transcurrir del tiempo ha logrado la implementación y modernización de sus diversas subunidades, dentro de ellas emergen la incorporación del Laboratorio Digital, Sistema Integrado de Identificación Balística (IBIS), microscopio electrónico de barrido y la cámara Gesell, los cuales contribuyen a efectivizar el servicio a la sociedad.

Conviene destacar que la Dirección de Criminalística para el cumplimiento de sus funciones cuenta con las unidades orgánicas especializadas, dentro de estas se encuentra la

División de Investigación en la Escena del Crimen; División de Laboratorio Criminalístico; y, División de Identificación Criminalística (Decreto Supremo N° 026- 2017-IN). El complejo policial Sargento 2° PNP Walter Rosales León alberga a las tres divisiones y se encuentra ubicado en la Av. Andrés Aramburu 550 en el distrito de Surquillo. En la figura 1 se presenta el organigrama de la DIRCRI PNP.

**Figura 1**

*Organigrama de la DIRCRI PNP*



*Nota.* Adaptado del Manual de Criminalística de la Dirección de Criminalística (2015).

Ahora bien, la División de Laboratorio Criminalístico (DIVLACRI) es la unidad orgánica técnica especializada encargada de examinar los indicios y pruebas encontradas en el lugar de los hechos o generadas durante la ejecución de un delito, utilizando métodos científicos de diversas áreas forenses. Proporciona asistencia técnica y científica a las unidades y organismos de la Policía, el Ministerio Público, el Poder Judicial y otras autoridades competentes en la investigación penal.

Para ello cuenta con ocho Departamentos especializados que se detallan en la figura 1; asimismo, dentro de las diferentes funciones que tiene asignadas la DIVLACRI, se encuentra

la de realizar exámenes en muestras biológicas; análisis microbiológico, inmunológico, ecológico y genética molecular, para ello cuenta con el Departamento de biología forense.

El Departamento de Biología Forense (DEPBIFOR DIRCRI PNP), constituye la subunidad orgánica especializada de la PNP, responsable de realizar exámenes en muestras biológicas análisis microbiológico, ecológico y genética molecular, recojo de evidencias biológicas hallados en la escena del crimen producidos por la comisión de un hecho criminal, aplicando técnicas científicas basadas en metodologías analíticas. En lo referente al rol de la Biología Forense, el Manual de Procedimientos del DEPBIFOR DIRCRI PNP (2017) señala:

La Biología Forense se ocupa de la búsqueda, perennización, recolección, manejo, embalaje, y transporte de los restos biológicos hallados en la escena del delito, para su posterior estudio e identificación en el laboratorio, dándole con ello el valor científico en materia legal, coadyuvando en la resolución de los casos materia de investigación. El análisis e interpretación de las evidencias como: sangre, semen u otros fluidos corporales, pelos, restos vegetales, fauna cadavérica, etc. permite orientar a la investigación. Esta rama de la ciencia nos ayuda en el esclarecimiento de delitos relacionados con: homicidios, asesinatos, violaciones sexuales, contra el patrimonio entre otros, utilizando procesos que nos permiten analizar muestras de naturaleza biológica encontradas en la escena del crimen, en personas, cadáveres, así como en diversos soportes entre ellos armas blancas, armas de fuego, objetos contundentes, prendas de vestir, etc., mediante los exámenes o análisis en los laboratorios de Hematología, Espermatología, Fanerología y Análisis Especiales.

Los exámenes o análisis microbiológicos de los alimentos permiten valorar la carga microbiana, el mismo que permite determinar cuáles son los puntos de riesgo de contaminación y daño. Estos análisis se realizan tomando en cuenta las normas técnicas sanitarias vigentes que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano, establecidas para diversos grupos de alimentos, fijan los

criterios microbiológicos tanto con carácter de recomendación como obligatorio para evaluar la inocuidad de un alimento, que pruebe la ocurrencia de un delito de comercialización que atente contra la salud pública y el orden económico. Asimismo, evidenciar las condiciones y efecto de impacto ambiental en sus diferentes aspectos en procura de la protección de la vida de sus habitantes, en prevención de la contaminación del medio ambiente.

Las actividades que desarrolla la Biología Forense, como integrante de la Dirección de Criminalística de la Policía Nacional del Perú y auxiliar en la administración de Justicia, desempeña un rol fundamental en la investigación técnica científica del delito; la capacidad de las intervenciones del perito en diferentes diligencias redundará en el aporte en la interpretación de los hechos; en este sentido, la labor que desempeñan los Peritos Biólogos, resulta de gran valía en búsqueda de la verdad, por ello, entre los compromisos de los Laboratorios del Sistema Criminalístico se encuentran los de promover la investigación, la excelencia en el trabajo encomendado y la actualización permanente en temas inherentes a esta especialidad. (p. 3)

Ahora bien, para el cumplimiento de sus funciones el DEPBIFOR DIRCRI PNP cuenta con tres secciones especializadas, tal como se detalla en la figura 2, y personal biólogo con amplia experiencia, con proyección al desarrollo de nuevas metodologías analíticas como herramientas para la atención de la demanda pericial (MAPRO, 2013).

## Figura 2

*Secciones especializadas del DEPBIFOR DIRCRI PNP*



*Nota.* Adaptado del Manual de Procedimientos de Criminalística (MAPRO, 2013).

#### 1.4. Áreas y funciones desempeñadas

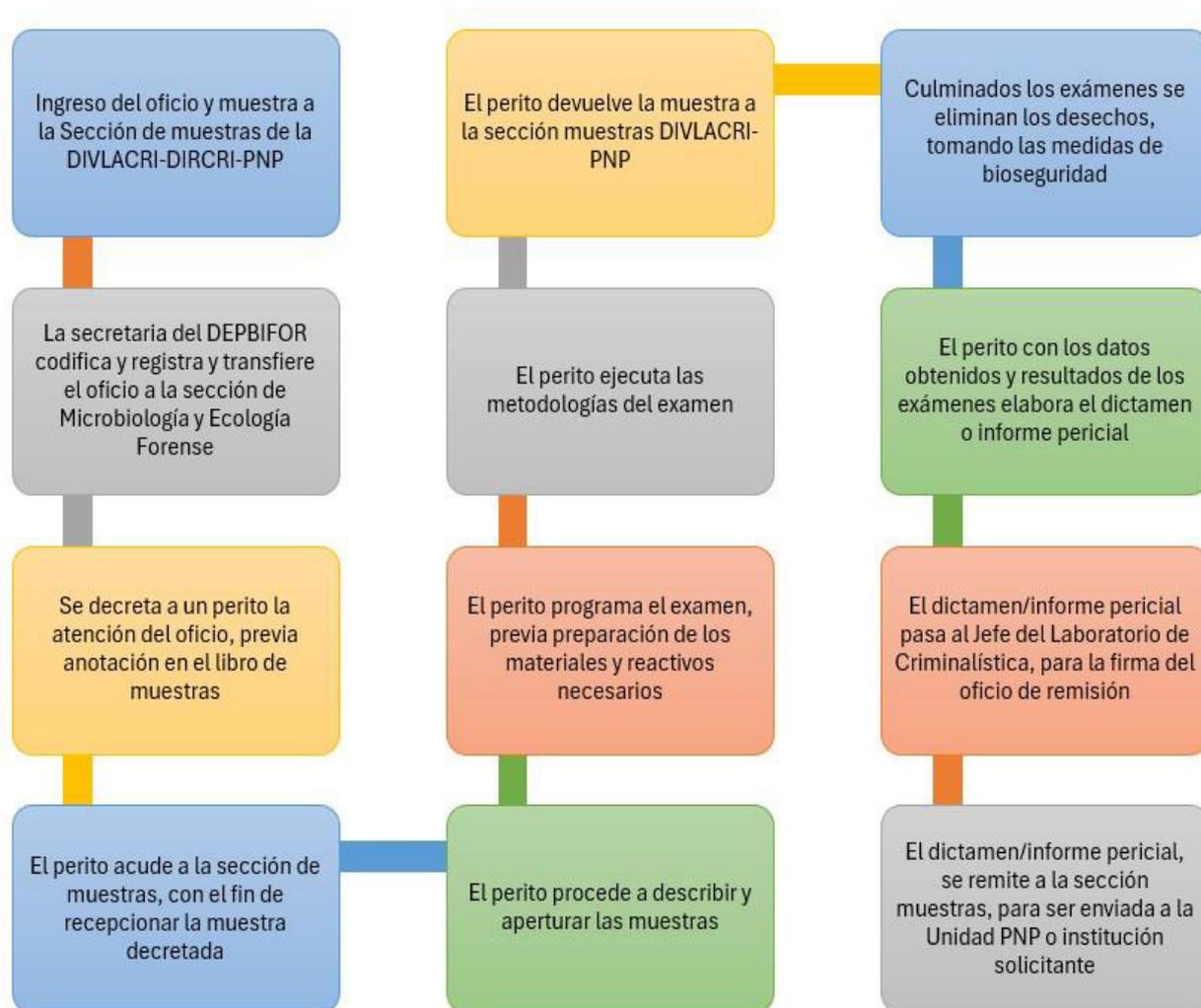
El DEPBIFOR DIRCRI PNP está dividido en tres secciones: Sección de Análisis Biológico, Sección de Análisis de Microbiología y Medio ambiente; y Biología Molecular y Genética Forense, tal como se detalla en la figura 2. En la primera Sección se realizan ensayos para la búsqueda de restos hemáticos, restos seminales, estudios de pelos y fibras, y otros análisis especiales, en distintos soportes y/o muestras sujetas a Investigación. Asimismo, la segunda Sección se encarga de los análisis microbiológicos de alimentos y bebidas de consumo humano; así como análisis de aguas naturales, residuales, recreacionales y otras evaluaciones biológicas que determinen posibles delitos contra el medio ambiente. Y finalmente la tercera Sección se encarga de la determinación del perfil genético para la identificación humana mediante el examen de ADN, a partir de muestras de sangre, semen, pelos, saliva, tejido muscular, huesos, dientes, muestra de toque o contacto u otros fluidos biológicos, hallados en la escena del crimen; examen de ADN en personas y/o cadáveres a fin de ser homologadas con muestras dubitadas; busca la identificación plena de las víctimas y victimarios y registrar los perfiles genéticos en la Base de Datos genéticos del Laboratorio de ADN DIRCRI PNP (DIRCRI, 2006; PNP, 2013).

La Sección donde me desempeñé es la de Análisis Biológicos Generales, Microbiología y Medio ambiente que en el campo criminalística se centra fundamentalmente en la detección de posibles agentes microbiológicos involucrados en casos de investigaciones de presunto delito contra la salud pública o por exposición a riesgos injustificados a la salud, por consumo de un determinado alimento contaminado o exposición ciertos microorganismos patógenos. En suma, conviene destacar que, en esta Sección, se consideran los procedimientos de toma de muestra, preparación de la muestra para análisis, ensayos para el estudio macro microscópico y análisis microbiológico (PNP, 2013).

Ahora bien, el examen microbiológico en alimentos, bebidas y otros productos se efectúa a solicitud de las Unidades Policiales u otras entidades que participan como operadores de justicia, tales como el Ministerio Público o el Poder Judicial, así como entidades competentes relacionadas con los mismos, sea mediante Oficio o Solicitud Telefónica. Para la toma de muestra de alimentos, bebidas y otros productos en los lugares o establecimientos de producción, acopio, comercialización y venta, el perito concurre a dicho lugar o establecimiento solo o con el perito químico, para lo cual deberá ser informado por el solicitante (oficio o Solicitud Telefónica), o por el pesquisa, de los aspectos o referencias más resaltantes del caso (lugar, actividades relacionadas, condiciones de trabajo, etc.), con la solicitud de toma de muestra para análisis microbiológico, incidiendo en especial la inspección higiénico sanitaria, según el caso. Si la muestra es enviada se examinará la misma, de acuerdo a lo solicitado y a la información que se alcance o se haga ver en el documento u oficio del solicitante, según se detalla en cada una de las etapas descritas en la figura 3 (DEPBIFOR, 2017).

**Figura 3**

*Etapas para el análisis de muestras biológicas ingresadas a la DIRCRI PNP*



*Nota.* Adaptado del Manual de Procedimientos del DEPBIFOR DIRCRI (2017)

En síntesis, en concordancia con la labor de analista Microbiológico de alimentos y bebidas de consumo humano, que realicé en el DEPBIFOR DIRCRI PNP y que, a partir del año 2013, según el MAPRO (2013) es competencia específica del profesional biólogo especializado que actúa como Perito Oficial del Laboratorio de Criminalística de la PNP, o del personal Técnico del Laboratorio de Criminalística; me especialicé en el análisis microbiológico de diversos productos, entre ellos los cárnicos (pollo fresco), con Métodos Normalizados o Métodos descritos por organizaciones nacionales o internacionales, considerando temperaturas, tiempo de incubación e indicadores microbiológicos.

## II) DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

Los alimentos que consumimos, raramente por no decir nunca, son estériles, sino que contienen asociaciones microbianas cuya composición depende de que organismos llegan a él y de cómo se multiplican, sobreviven e interaccionan en el alimento en el transcurso del tiempo. Los microorganismos existentes en un alimento procederán tanto de la microflora propia de la materia prima como de los microorganismos introducidos durante las operaciones de recolección/sacrificio, tratamiento, almacenamiento y distribución (Adams y Moss, 1997).

### 2.1. Coliformes

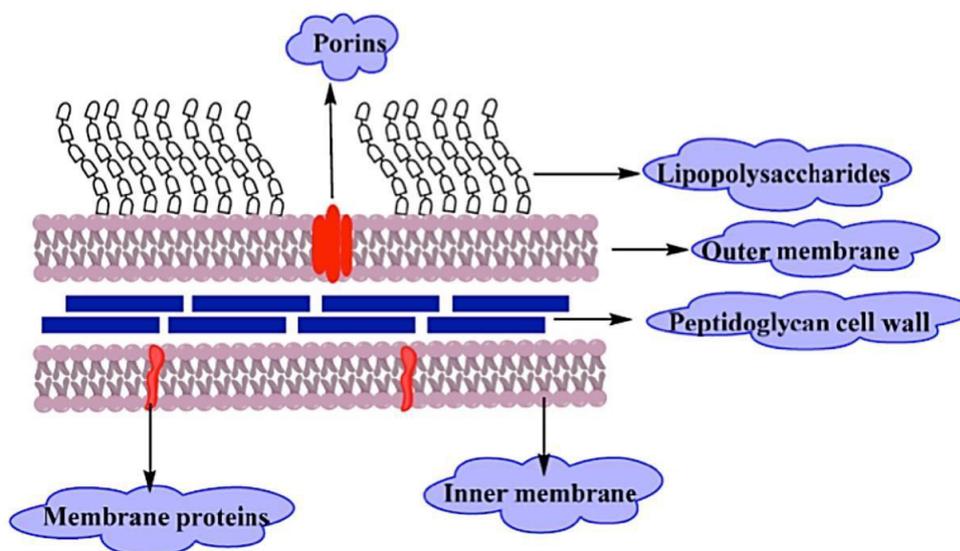
Los coliformes son microorganismos Gram negativos que poseen una envoltura celular compuesta por tres capas. La primera es la membrana externa, característica de este tipo de bacterias, formada por fosfolípidos y lipopolisacáridos (LPS) que forman parte de su estructura externa, además de proteínas de membrana como las porinas. La segunda capa es la pared de peptidoglicano, un exoesqueleto rígido que le da forma a la bacteria, compuesto por unidades repetidas de N-acetil glucosamina y ácido N-acetilmurámico. La tercera capa es la membrana interna, una bicapa lipídica que participa en funciones estructurales, de transporte y biosintéticas, además de ser el sitio donde se ancla el ADN y participa en la mitosis celular (Mesa, 2024). En la figura 4 se detalla Estructura de la pared celular de las bacterias Gram negativas.

Cabe señalar que, aunque los coliformes incluyen especies que no están estrictamente relacionadas con la contaminación fecal, existen ciertos coliformes fecales que sí indican dicha presencia. Los coliformes fecales, en particular, representan un grupo más preciso de microorganismos indicativos de contaminación de origen fecal (Medina y Torres, 2024).

De acuerdo con Espinoza (2022), los microorganismos Gram negativos no forman esporas, son fáciles de cultivar y reconocer, y se caracterizan por su capacidad de realizar fermentación láctica, produciendo gas y dióxido de carbono. Los coliformes, un grupo de bacterias perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, incluyen los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Comparten características bioquímicas comunes y se utilizan como indicadores de contaminación. Estos microorganismos están asociados con el suelo, el tracto intestinal de los humanos y los animales de sangre caliente (Alvarado, 2021).

#### Figura 4

*Estructura de la pared celular de las bacterias Gram negativas*



*Nota.* Tomado de Breijyeh et al. (2020)

#### 2.1.1. Morfología y características bioquímicas

Los coliformes son bacilos Gram negativos, que pueden vivir en condiciones aerobias o anaerobias facultativas, y no forman esporas. Se caracterizan por su habilidad para fermentar lactosa, generando ácido y/o gas en un plazo de 24 a 48 horas (Alvarado, 2021).

Este conjunto de microorganismos se distingue por su forma de bastón, de ahí que se les denomine bacilos. Tienen una longitud que varía entre 3 y 6 micras, y algunos presentan bordes redondeados o curvos. Se encuentran en todo el mundo, particularmente en el suelo, y también aparecen durante la descomposición de ciertos materiales orgánicos (Paredes, 2022).

### **2.1.2. Clasificación**

Se dividen en dos grupos, los coliformes totales y los fecales (Alvarado, 2021).

**2.1.2.1 Coliformes totales.** La presencia de estos microorganismos se señala como indicio de deficiencias en la higiene de los alimentos y posibles contaminaciones, lo que sugiere que los alimentos no han sido sometidos a un tratamiento térmico adecuado o han sufrido contaminación posterior (Paredes, 2022). Estas bacterias permiten evaluar la calidad alimentaria, sin estar necesariamente asociadas a contaminación fecal, pero sí reflejan fallos en el manejo y procesamiento de los alimentos. Estos organismos pueden crecer en medios con sales biliares, a temperaturas de entre 35 °C y 37 °C, durante 24 a 48 horas. El grupo de coliformes totales incluye a los géneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter* (Alvarado, 2021).

**2.1.2.2 Coliformes fecales.** Estos microorganismos pertenecen al grupo de los coliformes y comparten sus principales características. Los coliformes fecales, también llamados termotolerantes, pueden sobrevivir y multiplicarse a temperaturas de 44 a 44,5 °C. Son reconocidos como indicadores de contaminación fecal, ya que se encuentran en los desechos de humanos y animales (Alvarado, 2021).

Los coliformes fecales forman un grupo más específico de microorganismos indicativos de calidad, asociados a fuentes fecales. Este grupo está compuesto principalmente por *E. coli*, aunque en menor proporción también incluye especies como *Klebsiella pneumoniae* y *Citrobacter freundii*, que se caracterizan por ser termotolerantes y pueden sobrevivir a

temperaturas de hasta 45 °C. A pesar de pertenecer al grupo de coliformes totales, se diferencian por su habilidad para producir indol, su amplio rango óptimo de temperaturas para crecer y su relevancia como indicadores de higiene en agua y alimentos. La presencia de estos microorganismos se relaciona estrechamente con contaminación fecal de origen humano o animal, ya que se encuentran comúnmente en las heces (Medina y Torres, 2024).

La presencia de estos coliformes en diversas fuentes, como el agua potable, indica una posible contaminación por residuos fecales humanos o animales. Desde una perspectiva ecológica y de seguridad alimentaria, el monitoreo de coliformes fecales permite evaluar la efectividad de los sistemas de saneamiento y tratamiento de agua. Los métodos de detección para estas bacterias son esenciales en microbiología ambiental y aplicada, permitiendo a los científicos y autoridades reguladoras establecer pautas para reducir riesgos de infecciones y brotes de enfermedades transmitidas por el agua (Pari et al., 2023).

La mayoría de los casos están dominados por *Escherichia coli*, aunque las especies de *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* son encontradas con muy baja frecuencia (Acevedo et al., 2015). *E. coli* reside comúnmente en el sistema digestivo de humanos y animales de sangre caliente. Debido a su alta concentración en el tracto gastrointestinal y en las heces, *E. coli* se utiliza como el principal indicador de contaminación fecal para evaluar la seguridad del agua y los alimentos (Alvarado, 2021). En la tabla 1 se detallan los tipos que conforman a los patógenos coliformes.

### **Tabla 1**

#### *Tipos de coliformes fecales*

Tipo	Característica
<i>Escherichia</i>	Los patógenos de esta especie, comúnmente investigados, tienen forma de bacilos con bordes redondeados y miden entre 0.5 y 3 micras. Se encuentran en el tracto intestinal de organismos vivos y suelen causar trastornos gastrointestinales como diarrea y cólicos. También pueden generar alteraciones en el sistema genitourinario.
<i>Enterobacter</i> :	Es reconocido en el ámbito médico debido a los daños que puede causar. Habita en los humanos como parte de la flora bacteriana normal y algunas cepas descomponen materia orgánica en descomposición. No requiere condiciones nutricionales estrictas y, tras 48 horas de cultivo, crece abundantemente. Entre las especies más importantes se destacan <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>E. sakazakii</i> y <i>E. aerogenes</i> .
<i>Klebsiella</i>	Estos microorganismos presentan una forma bacilar, son grandes y poseen extremos curvados con diámetros pequeños. Carecen de flagelos u otros apéndices que les permitan moverse, ya que son anaerobios facultativos y no tienen capacidad de desplazamiento. Habitan en ambientes acuáticos y se multiplican rápidamente cuando hay nutrientes suficientes. Entre sus diversas especies, las más relevantes para la salud y la higiene son <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Klebsiella ozaenae</i> y <i>Klebsiella oxytoca</i> .
<i>Citrobacter</i>	Este grupo de bacilos gramnegativos es un anaerobio facultativo móvil, común en agua, suelo, alimentos y en el intestino de humanos y animales. Estas bacterias son responsables de graves problemas de salud, especialmente en personas con sistemas inmunitarios comprometidos. Se consideran patógenos claves en unidades de cuidados intensivos. Pueden causar infecciones del tracto urinario, meningitis en recién nacidos y daños cerebrales, además de afectar las microvellosidades intestinales.

---

*Nota.* Adaptado de Paredes (2022).

## 2.2. La carne de pollo

Los tejidos obtenidos del pollo (*Gallus gallus*) son comunes en una amplia variedad de platos y recetas a nivel global. Esta carne es reconocida como un alimento esencial, lo que explica su inclusión en el índice de precios al consumidor (Perez y Serrano, 2013).

Es la porción comestible de las aves que han sido sacrificadas, desangradas y procesadas de manera higiénica. Este término abarca elementos como grasa, huesos, cartílago, piel, tendones, aponeurosis, nervios y vasos sanguíneos y linfáticos, que suelen estar presentes junto al tejido muscular y no se separan de él durante su manipulación, preparación y procesamiento (Pascual y Calderón, 2019).

La carne de pollo constituye una importante fuente de proteína animal a nivel global, gracias a su precio asequible, su fácil disponibilidad y su versatilidad en la cocina. En Perú, tanto la producción como el consumo de pollo han experimentado un notable incremento, convirtiéndose en una de las carnes más populares en el país. No obstante, este incremento en la demanda ha suscitado inquietudes respecto a la calidad sanitaria del producto, particularmente en mercados donde las condiciones de manejo y almacenamiento son deficientes (Paredes, 2022).

Según Pascual y Calderón (2019) la estructura de la carne de ave tiene un impacto significativo en la proliferación de diversas bacterias, especialmente aquellas que causan alteraciones. También es rica en proteínas (21-24 g por cada 100 g), así como en vitaminas como tiamina, niacina y riboflavina, y minerales. Además, su actividad de agua de 0,980,99 y un pH que varía entre 6,2 y 6,4 contribuyen a crear un ambiente óptimo para el desarrollo microbiano.

Además, según Valero et al. (2023) la carne de pollo es una opción altamente recomendada por los especialistas para obtener proteínas y nutrientes de alto valor biológico. Su bajo contenido en grasas la convierte en una elección adecuada para diversos tipos de dieta. Aproximadamente el 70% de su composición es agua, y su principal tipo de grasa es monoinsaturada, seguida de grasas saturadas como el ácido palmítico. Además, el pollo es rico en minerales y en vitaminas del grupo B, lo que lo convierte en un alimento nutricionalmente completo. En la tabla 2 se describe la composición de la carne de pollo.

**Tabla 2***Composición de la carne de pollo*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Energía (kcal)	119,0
Energía (KJ)	498,0
Agua (g)	74,5
Proteínas (g)	21,4
Grasa total (g)	3,1
Carbohidratos totales (g)	0,0
Cenizas (g)	1,0
Calcio (mg)	12,0
Fosforo (mg)	173,0
Zinc (mg)	1,54
Hierro (mg)	1,50
Vitamina A (ug)	16,0
Tiamina (mg)	0,07
Riboflavina (mg)	0,14
Niacina (mg)	8,24
Vitamina C (mg)	2,30

*Nota.* Tomado de Coral y Montenegro (2023). Porción referencial, 100 g

La carne de ave es especialmente vulnerable a la contaminación bacteriana, lo cual se debe a sus características intrínsecas y a las condiciones de manipulación. Los coliformes fecales son algunos de los microorganismos más relevantes que afectan su calidad microbiológica y actúan como indicadores de contaminación fecal (Yousefinaghani, 2021). La detección de estos microorganismos en la carne indica prácticas deficientes durante el sacrificio, procesamiento o almacenamiento, así como falta de higiene en las instalaciones y entre el personal de la cadena de suministro (Paredes, 2022).

Los coliformes fecales, que pertenecen a un grupo de bacterias coliformes, son frecuentemente empleados como indicadores de contaminación fecal en alimentos, incluyendo

la carne de pollo. De acuerdo con las normas internacionales, la detección de estos microorganismos en los productos alimenticios sugiere una posible contaminación por patógenos como *Escherichia coli*, responsables de graves enfermedades gastrointestinales (Perez, 2016). Evaluar la presencia de coliformes fecales ayuda a revisar las prácticas de higiene y a verificar si el alimento cumple con los requisitos de seguridad alimentaria establecidos por las autoridades de salud.

Los enfoques analíticos para identificar coliformes fecales abarcan tanto métodos tradicionales como innovaciones en biología molecular. Entre los métodos convencionales, el número más probable (NMP) y las técnicas de cultivo en medios selectivos son comúnmente empleados en laboratorios de microbiología (Yousefinaghani, 2021). Por otro lado, las técnicas moleculares recientes, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), han mostrado mayor precisión y rapidez en la detección de patógenos específicos, lo que reduce el tiempo de diagnóstico y aumenta la seguridad en la cadena de suministro de alimentos (Paredes, 2022).

### ***2.2.1. Centros de faenamiento avícola***

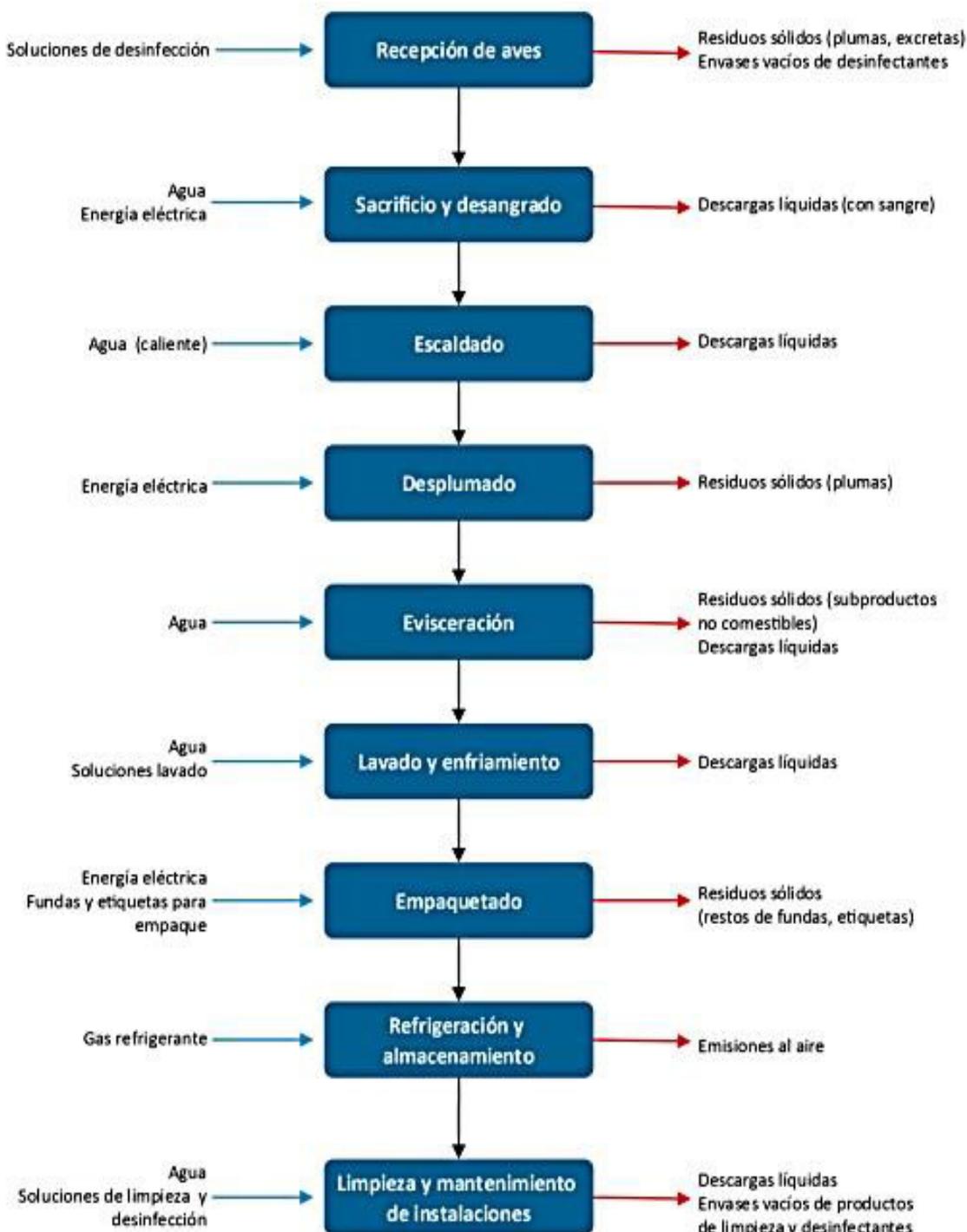
Los centros de faenamiento avícola deben contar con un proceso pulcro y bien definido, un proceso de faenamiento de las aves con todas sus etapas se detalla en la figura 5 (Eco.business Fund Latinoamérica y el Caribe, 2021). Además, de acuerdo con Santamaría (2019), un centro de faenamiento avícola es el establecimiento autorizado por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), que cumple con los requisitos sanitarios, en los cuales se realizan actividades de faenado de aves.

Ahora bien, de acuerdo con el Reglamento del Sistema Sanitario Avícola D.S. N°029-2007AG y su modificación D.S. N°020-2009-AG, SENASA establece los requisitos mínimos para la apertura y operación de instalaciones avícolas. Estas deben cumplir con estándares que faciliten la limpieza y desinfección. Es necesario contar con un veterinario colegiado y

autorizado por SENASA como responsable. Las instalaciones deben tener buena iluminación, ventilación, y acceso a agua potable, así como un sistema de desagüe adecuado. También se debe implementar un crematorio, un pozo séptico u otro método para la gestión de residuos. Además, se requiere que las mesas de trabajo y los instrumentos sean de materiales impermeables, inoxidable y fáciles de desinfectar. Es fundamental promover Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) entre el personal, incluyendo el uso de vestimenta adecuada, mantenimiento de buena salud, desinfección de manos y uso de guantes, entre otros; sin embargo, durante las inspecciones sanitarias muy pocas veces se cumplen con prácticas de pulcritud, ya que es frecuente encontrar centros de beneficio en condiciones deplorables de salubridad, como se presenta en la figura 6. Es importante señalar que cada uno de los requisitos se detalla en los anexos del reglamento y en la Guía de Buenas Prácticas de Producción e Higiene para Alimentos Agropecuarios Primarios en el sector avícola, la cual fue aprobada mediante la Resolución Directoral N° 154-2011-AG-SENASA-DIAIA.

**Figura 5**

*Proceso de faenamiento de aves*



*Nota.* Tomado de Eco.business Fund Latinoamérica y el Caribe (2021).

**Figura 6**

*Vista de condiciones insalubres de un centro de beneficio*



### **2.3. El control de la calidad microbiana de los alimentos**

En términos microbiológicos la calidad de los alimentos implica tres aspectos: inocuidad, aceptabilidad y estabilidad (Adams y Moss, 1997).

El control de calidad microbiana en alimentos es esencial para garantizar su inocuidad, aceptabilidad y estabilidad. En términos de inocuidad, un alimento debe estar libre de patógenos y toxinas que puedan causar enfermedades en el consumidor. La presencia de microorganismos patógenos, como Salmonella o Escherichia coli, es una amenaza directa para la salud pública y puede derivar en infecciones graves, por lo que su control en los productos

alimenticios es prioritario (FAO, 2024). Además, la estabilidad se refiere a la capacidad del producto de mantener sus propiedades organolépticas y microbiológicas en el tiempo, garantizando así una vida útil adecuada sin deterioro significativo (Iriarte, 2006).

La aceptabilidad se refiere a que el alimento debe contener una carga microbiana mínima para evitar la alteración temprana de sus características organolépticas, tales como sabor, olor y textura. Estos cambios, producidos por microorganismos alteradores, afectan la percepción del consumidor y la calidad del producto en el corto plazo. Un alimento que presenta niveles elevados de microorganismos alteradores, aunque no necesariamente patógenos, puede perder su calidad sensorial rápidamente, lo que subraya la importancia del control de estos microorganismos en la cadena de producción y distribución (DIGESA, 2024).

Por último, la estabilidad del alimento implica su capacidad de mantener la calidad microbiológica y organoléptica de manera constante durante su vida útil. Este aspecto depende de un manejo adecuado en la cadena de frío, control de humedad y almacenamiento seguro, y ayuda a prolongar la vida comercial del producto. Un sistema de control de calidad efectivo se basa en el establecimiento de criterios microbiológicos rigurosos y la implementación de métodos de análisis para monitorear los niveles de microorganismos aceptables en cada etapa de la producción y distribución (FAO, 2024).

De acuerdo a Adams y Moss (1997) para diferenciar un alimento de calidad admisible de un alimento de inadmisibles, es necesario la aplicación de criterios microbiológicos. La International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) ha definido 3 tipos, los cuales se describen en la tabla 3.

**Tabla 3***Criterios microbiológicos según la ICMSF*

<b>Tipo de criterio microbiológico</b>	<b>Descripción</b>
Patrón microbiológico	Se establece con fines regulatorios para definir la aceptabilidad de un producto o lote alimentario en relación con la presencia o cantidad de microorganismos específicos. Su incumplimiento implica acciones correctivas obligatorias, como la retirada del producto o la mejora de procesos.
Especificación microbiológica	Es un acuerdo entre proveedores y clientes que establece límites para microorganismos específicos en productos alimenticios en puntos específicos de la cadena de suministro. Esta especificación sirve para garantizar que el producto cumple con los estándares de calidad y seguridad acordados comercialmente.
Pauta microbiológica	Es una referencia utilizada principalmente para monitorear y controlar la higiene del proceso de producción, pero sin implicaciones regulatorias. Ayuda a evaluar y ajustar los procesos para mantener la inocuidad sin establecer sanciones directas si no se cumplen los límites propuestos.

---

*Nota.* Adaptado de Adams y Moss (1997)

Según la NTS. N° 071-MINSA/DIGESA-2008, como referencia para criterios microbiológicos, en general los microorganismos se agrupan como: microorganismos indicadores de alteración, que están asociados a vida útil y alteración del producto; los indicadores de higiene, dentro de estos se encuentran los no patógenos; y los microorganismos

patógenos, cuya cantidad en los alimentos condiciona su peligrosidad, en la tabla 4 se presenta a cada grupo de microorganismos y sus principales componentes.

**Tabla 4**

*Grupos de microorganismos*

<b>Tipo de microorganismo</b>	<b>Componentes</b>
Indicadores de alteración	Aerobios mesófilos, bacterias heterotróficas, aerobios mesófilos esporulados, mohos, levaduras, levaduras osmófilas, bacterias ácido lácticas, microorganismos lipolíticos
Indicadores de higiene	Coliformes totales, <i>Escherichia coli</i> , anaerobiosulfito reductores, enterobacteriáceas
Patógenos	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Costridium perfringens</i> , <i>Salmonella sp</i> , <i>Listeria monocytogenes</i>

*Nota.* Adaptado de NTS. N° 071-MINSA/DIGESA-2008

La aplicación de los métodos y técnicas microbiológicas en alimentos en el DEPBIFOR DIRCRI PNP para la detección de gérmenes potencialmente patógenos como causa de delito (individual y masivo), se sustenta en la observación de tres parámetros: calidad sanitaria, inocuidad y contaminación. El primero es el conjunto de requisitos microbiológicos, físico-químico y organoléptico que debe reunir un alimento para ser considerado inocuo para el consumo humano. El segundo se refiere a la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando se preparen y consuman de acuerdo con el uso a que se destinan. Y finalmente el último parámetro se asocia a la introducción o presencia de un contaminante en los alimentos o en el medio ambiente alimentario (DEPBIFOR, 2017).

La finalidad es la inocuidad (seguridad) y calidad del alimento, en base a la NTS. N° 071-MINSA/DIGESA-2008, donde se establecen normas que fijan los criterios microbiológicos para cada alimento, esta revisión facilita el análisis e interpretación de los resultados de los ensayos microbiológicos de dichos productos cuando se comparan con los criterios sanitarios vigentes. Por tanto, para el logro del objetivo se tiene las siguientes consideraciones:

- Identificar los agentes contaminantes y las fuentes de contaminación.
- Caracterizar el potencial tóxico de los agentes y de las sustancias contaminantes individualmente.
- Valorar en términos reales el impacto sobre la salud del consumidor.
- Controlar los niveles de los contaminantes en los alimentos.
- Establecer programas prácticos para las personas involucradas en todos los sectores de la cadena alimentaria (productores primarios y secundarios, transportistas, distribuidores, organismos de control y consumidores).
- Para el aseguramiento higiénico sanitario de los alimentos no sólo debe de tomarse en cuenta el producir alimentos sanos, organolépticamente aceptables, nutricionalmente adecuados; sino el garantizar que dichos productos no se contaminen a causa de agentes.
- Generalmente, cuando hacemos referencia a la calidad de un alimento se considera el aspecto microbiológico.

Dentro de las normas y políticas de operaciones establecidos por el DEPBIFOR, es indispensable, que se reciba oficios procedentes de las Unidades PNP a cargo de la investigación, Ministerio Publico, Poder Judicial entre otras instituciones, previa denuncia,

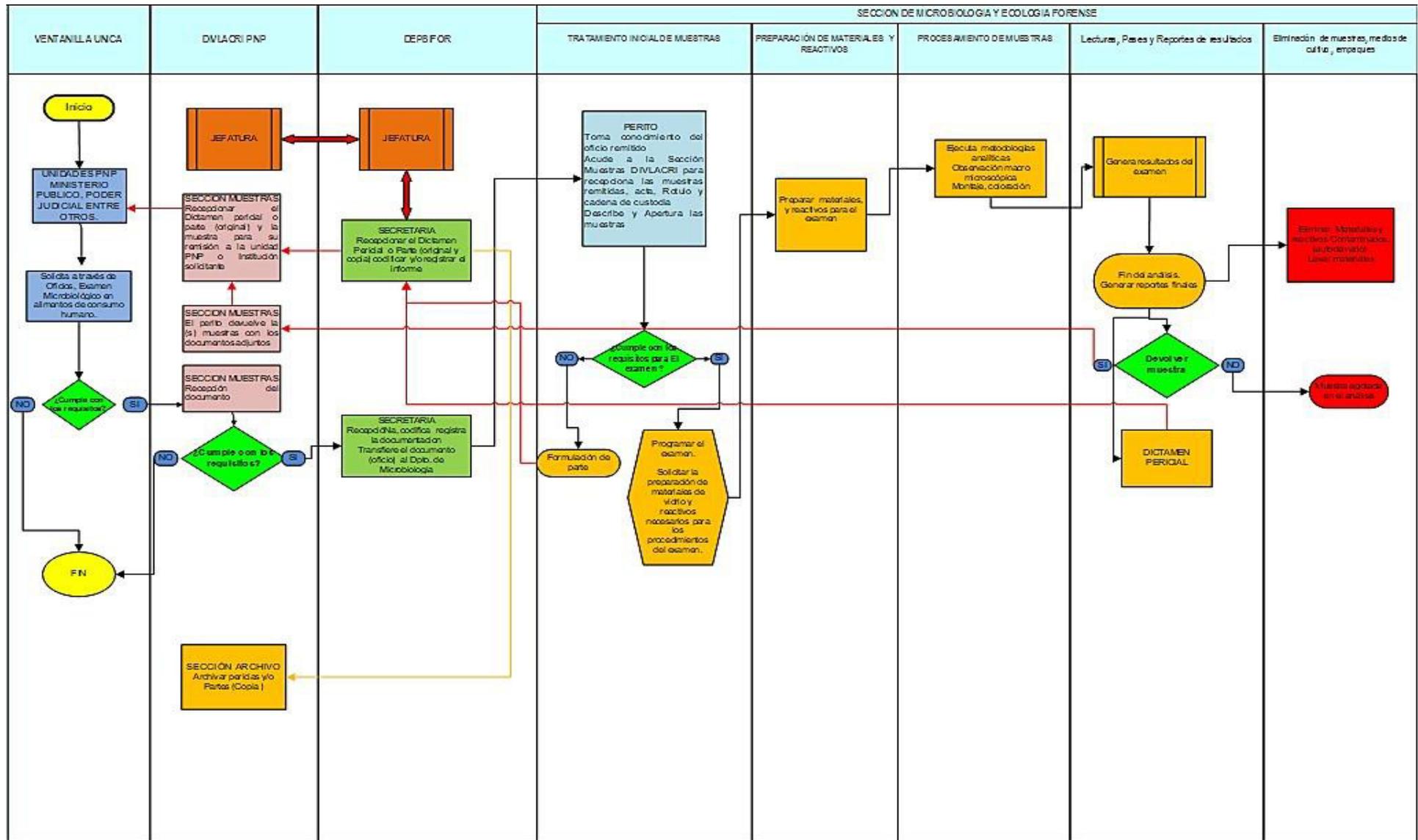
investigación, apreciaciones de inteligencia o de otra naturaleza que sea formalizado convenientemente, para la realización de los análisis a las muestras materia de investigación de un delito (DEPBIFOR, 2017).

Además, dentro de las etapas del procedimiento en la identificación de coliformes fecales para muestras de carne de pollo que son remitidas al DEPBIFOR DIRCRI-PNP, se destacan varios hallazgos importantes. En primer lugar, se destaca el cumplimiento de la cadena de custodia desde el momento en que la solicitud ingresa a la Sección de Muestras. En la primera etapa, la solicitud es recibida y registrada, iniciando el proceso en un tiempo aproximado de 10 minutos. Seguidamente, en una segunda etapa que toma aproximadamente 30 minutos, el personal policial clasifica y destina las muestras a la sección adecuada. Este proceso meticuloso de verificación y codificación garantiza que cada solicitud sea correctamente identificada y dirigida a la unidad de análisis correspondiente (DEPBIFOR, 2017).

En las etapas de análisis y evaluación de las muestras, el perito debe verificar que los embalajes estén en perfecto estado y ejecutar el deslacrado de las muestras, proceso que tarda aproximadamente 30 minutos. Posteriormente, el análisis es programado, lo que incluye la preparación de materiales específicos, cultivo y reactivos, extendiéndose por un período de seis horas aproximadamente. Las metodologías utilizadas (dilución, sembrado e inoculación) son adaptadas según el tipo de muestra, garantizando así la precisión de los resultados. Cada paso del procedimiento es documentado, manteniendo un control detallado de la cadena de custodia, lo que respalda la validez de los resultados obtenidos y asegura que cada análisis cumpla con los estándares normativos, tal como se detalla en la figura 7 (DEPBIFOR, 2017).

### **Figura 7**

*Procedimiento de análisis microbiológico por etapas*



Nota. Tomado del Manual de Procedimientos del Departamento de Biología Forense (2017)

#### **2.4. Identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco**

Según Hobbs y Roberts (1993 citados en Mazariegos, 2004) las bacterias se reproducen por división binaria, un proceso en el que, bajo condiciones óptimas de ambiente y temperatura, pueden duplicarse cada 15 a 20 minutos. Cuando alcanzan su tamaño máximo, la célula desarrolla una constricción en el centro, formando una división interna que finalmente se rompe, generando dos células idénticas. Este ciclo continúa hasta que se agotan los nutrientes o las condiciones ambientales se vuelven desfavorables, lo que interrumpe la multiplicación y provoca la muerte de la célula. La vida de cada célula bacteriana depende del medio en que se desenvuelve y del tipo de microorganismo. Algunas bacterias producen esporas que, en condiciones adversas, pueden permanecer en estado latente durante largos periodos; sin embargo, cuando el ambiente vuelve a ser favorable en términos de nutrientes, humedad y temperatura, estas esporas germinan, reanudando la multiplicación bacteriana activa.

En otra parte, la detección de coliformes fecales en pollo fresco es un indicador microbiológico clave para evaluar la higiene en el procesamiento y manejo de estos productos. Estos microorganismos, que típicamente se encuentran presentes en los intestinos de animales de sangre caliente, son introducidos en los productos cárnicos como la carne de pollo a través de prácticas de manipulación y procesamiento inadecuadas. Las enfermedades pueden surgir a partir de alimentos o agua contaminados con patógenos o sustancias químicas. Dependiendo del contaminante, pueden aparecer síntomas variados, que incluyen diarrea, problemas meníngeos, cáncer y, en casos extremos, la muerte (Paredes, 2022).

Por lo tanto, es crucial identificar estos patógenos para garantizar la seguridad alimentaria y evitar la propagación de enfermedades gastrointestinales, ya que ciertos tipos de bacterias pueden reproducirse rápidamente, alcanzando niveles peligrosos en alimentos que se

mantienen a temperaturas tibias durante mucho tiempo. Esta capacidad de multiplicación es una de las principales razones por las que estos patógenos suelen estar involucrados en las enfermedades transmitidas por alimentos (Mazariegos, 2004).

## **2.5. Técnicas forenses en identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco**

### ***2.5.1. Inspección criminalística de establecimientos destinados al beneficio de aves para consumo humano***

La inspección criminalística de establecimientos destinados al beneficio de aves para consumo humano, es realizada por el personal del DEPBIFOR a mérito de la solicitud de los órganos y unidades orgánicas de la Institución Policial, Ministerio Público, Poder Judicial y/o autoridades competentes, por la presunta comisión de un ilícito penal. Por tanto, el fin de la diligencia es establecer si se cumplen los requisitos mínimos en la producción avícola para garantizar las buenas prácticas en cuanto a inocuidad alimentaria y sanidad, del beneficio de aves para consumo humano (PNP, 2013).

**2.5.1.1 Objetivo.** La inspección se realiza con el propósito de determinar las condiciones de aptitud de la carne de pollo para el consumo humano. Se sustenta en los acuerdos para la obtención de alimentos pecuarios de origen animal que garantizan la calidad y la inocuidad de los productos pecuarios como la carne de pollo.

**2.5.1.2 Aspectos generales.** La inocuidad de los productos pecuarios es responsabilidad del productor, no de las autoridades sanitarias que los controlan. El control de la inocuidad debe basarse en los riesgos posibles de los productos para la salud de los consumidores. La evaluación de la efectividad de los sistemas de gestión de la inocuidad se realiza por medio de estándares de desempeño. Por ello la carne de pollo debe ser inocua, es decir no debe de presentar riesgos al consumidor. Asimismo, debe cumplir con las

características de calidad nutricional y organoléptica. La inspección se complementa con la visualización de la existencia de una barrera sanitaria en la entrada a las áreas de proceso en donde los operarios puedan lavar y sanitizar sus botas, manos, guantes y otros utensilios de trabajo. De esta manera, toda persona que desee entrar al área de proceso tiene que efectuar los procedimientos de lavado y sanitizado.

Otro aspecto relevante durante la inspección forense es que el centro de faenamiento debe mantener toda la documentación relacionada con el registro de la información que sustenta la aplicación de las buenas prácticas de faenamiento, plan APPCC, así como los procedimientos operacionales. Asimismo, deben estar registrados en forma precisa y eficiente, los procedimientos de control y seguimiento de puntos críticos aplicados y omitidos, consignando los resultados obtenidos y las medidas correctivas adoptadas

**2.5.1.3 Herramientas de gestión de la calidad.** En la criminalística de establecimientos destinados al beneficio de aves para consumo humano, el personal del DEPBIFOR, supervisa la existencia de elementos que busquen asegurar la calidad de la misma en las diversas etapas de su proceso. Su propósito es establecer si se cumplen los requisitos mínimos en la producción avícola para garantizar las buenas prácticas en cuanto a inocuidad alimentaria y sanidad, del beneficio de aves para consumo humano. Abarca todo aquel establecimiento destinado al faenado de aves para comercialización y posterior consumo humano. En la tabla 5 se presentan las herramientas de la Gestión de la Calidad en una Planta de Sacrificio.

#### **Tabla 5**

*Herramientas de la Gestión de la Calidad en una Planta de Sacrificio*

Herramienta	Descripción	
SISTEMA HACCP	Análisis de los puntos críticos de control	Permite identificar, evaluar y controlar peligros físicos, químicos y biológicos en los procesos de producción. Se enfoca en la prevención y mitigación de riesgos en etapas clave, asegurando la inocuidad.
POES	Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento	Establecen protocolos específicos de saneamiento en la industria alimentaria. Incluyen procedimientos de limpieza y desinfección de instalaciones, equipos y utensilios antes, durante y después de cada operación, asegurando un ambiente higiénico.
EES	Estándares de Ejecución Sanitaria	Son lineamientos que aseguran que las instalaciones y el equipo cumplen con las normas de higiene y seguridad sanitaria. Abarcan aspectos de diseño y mantenimiento, incluyendo control de plagas y ventilación, para evitar condiciones que afecten la salud.
BPM	Procedimientos de Buenas Prácticas de Manufactura	Son directrices que controlan todos los aspectos del proceso productivo, desde el manejo de materias primas hasta la manipulación de productos finales. Su propósito es asegurar condiciones sanitarias óptimas y minimizar los riesgos de contaminación.
Control de patógenos	Muestreo y eliminación de productos contaminados.	Este control implica la recolección de muestras periódicas para la detección de patógenos como <i>Salmonella</i> o <i>E. coli</i> en productos y superficies. Cuando se detecta un contaminante, se aplican medidas de aislamiento o destrucción de lotes afectados, manteniendo la seguridad alimentaria.

*Nota.* Adaptado del Manual de Procedimientos del Departamento de Biología Forense (2017).

**2.5.1.4 Requisitos generales.** En un primer tramo la inspección forense incluye la verificación higiénica sanitaria, a través de la cual se busca proteger la salud humana contra enfermedades transmitidas por alimentos (ETA), zoonosis, infecciones, toxico- infecciones e intoxicaciones. Y como segundo lugar proteger la salud animal contra enfermedades exóticas, enfermedades de reporte obligatorio y padecimientos epizoóticos de importancia económica. La inspección sanitaria se utiliza para la detección de enfermedades que pueden afectar la salud de los consumidores y de trastornos que afectan la calidad de la carne de ave.

### Figura 8

*Defectos en la calidad de camal y carne de pollo*



Ahora bien, según se resalta en la figura 8 las causas más comunes de decomiso en rastro se clasifican como septicemia/toxemia, aerosaculitis, leucosis, sinovitis, tumores y celulitis. Los defectos en la calidad de la canal y en la calidad de la carne por errores de procesado son causa de decomiso parcial o total, toda vez que es una práctica muy cotidiana, que los trabajos de faenamiento de pollo fresco se realicen en condiciones inadecuadas.

**2.5.1.5 Protocolo de inspección.** En primer lugar, el Perito inspector debe considerar aspectos personales relacionados a su seguridad, uno de los prioritarios es contar con un adecuado Equipo de Protección Personal (EPP), el cual incluye redcilla para el cabello, mascarilla, protector facial, mameluco descartable antilíquido, guantes de látex y botas de jebes (si el establecimiento inspeccionado provee la indumentaria adecuada, esta debe ser de primer uso). También debe contar con el instrumental básico necesario consistente en: linterna, cooler, termómetro, envases de primer uso para recolectar las muestras, entre otros, así como materiales para la extracción de muestras, útiles para tomar notas y formularios oficiales. Es necesario notificar al establecimiento con antelación de la inspección a fin de que la dirección pueda acompañar al inspector durante su visita y provea los registros que fueran necesarios.

El Perito inspector debe fijar una fecha para una reunión con el fin de conocer a los integrantes de la dirección del establecimiento, explicarles el objetivo y el alcance de la inspección, así como también el procedimiento, repasar las reglamentaciones pertinentes, revisar los registros que hubiere y formular las preguntas correspondientes. Luego se efectuará una visita al establecimiento con el fin de determinar los peligros y los controles que se utilizan, observar el desempeño y hablar con los empleados y el personal en general.

Luego de finalizar el recorrido por el establecimiento el perito inspector informará al Fiscal, a cargo de la diligencia, sobre los incumplimientos observados y explicará las disposiciones o reglamentación específica para cada caso específico, señalando sus consecuencias en la inocuidad del producto y la necesidad de tomar una muestra para ser

analizada en el Laboratorio de Microbiología Forense y Ecología de la Dirección de Criminalística. Asimismo, se tomará una contramuestra para ser entregada al representante del establecimiento para que también, si desea y lo ve por conveniente, pueda realizar los análisis microbiológicos en un Laboratorio particular, por lo que el perito inspector deberá solicitar al representante del establecimiento que firme el formulario original que irá adherida a la mencionada contramuestra, así también deberá firmar la respectiva acta de recojo y hallazgo de muestras para análisis microbiológico.

### ***2.5.2. Método de análisis en el DEPBIFO basada en la ICMSF***

**2.5.2.1 Enumeración de bacterias de coliformes y de Escherichia Coli.** Los coliformes comprenden un grupo de microorganismos seleccionados por incubación de los inóculos procedentes de un caldo de enriquecimiento de coliformes a temperaturas superiores a las normales (44 - 45.5°C).

Escherichia coli es un germen cuyo habita natural es el tracto entérico del hombre y animales. Por ello la presencia de este microorganismo en un alimento indica generalmente una contaminación directa o indirecta de origen fecal. Con todo, cifras sustanciales de Escherichia coli en un alimento sugieren una falta general de limpieza en el manejo del mismo y un almacenamiento inadecuado. Escherichia coli, coliformes totales o los coliformes fecales son los métodos de la enumeración que se basan en la fermentación de la lactosa.

#### ***A. Materiales:***

- Estufa de incubación 35 -37 °C.
- Pipetas bacteriológicas de 1 ml
- Asa de inoculación, con alambre de nicrom o de platino-iridio
- Tubos de (150 x 15) mm
- Tubos de fermentación de Durham (75 x 10 mm)

***B. Medios de cultivo:***

- Caldo lactosa bilis (2%) verde brillante
- Caldo lauril sulfato triptosa
- Agar eosina azul de metileno o agar endo

***C. NMP- Prueba presuntiva para coliformes, coliformes fecales y E. Coli:***

- Pipetear 1 ml de cada una de las diluciones del homogeneizado del alimento en tubos de caldo lauril sulfato triptosa, utilizando tres tubos por cada dilución.
- Incubar los tubos a 35 – 37 °C durante 24 y 48 horas.
- Pasadas las 24 primeras horas, anotar los tubos que muestren producción de gas.
- Volver a la estufa los tubos negativos para su incubación durante 24 horas más.
- Pasadas las 48 horas, anotar los tubos que muestren producción de gas.
- Elegir la dilución más alta en la que sean positivos de formación de gas los tres tubos y las dos diluciones superiores más próximas, por ejemplo, si la dilución más alta en la que aparecen los tres tubos positivos es la 1:100 y en la 1:1000 hay un tubo positivo y en la 1: 10 000 ninguno, el resultado se anotaría del siguiente modo: dilución 1: 100 = 3, dilución 1:1 000 = 1 y dilución 1: 10 000 = 0. Estos resultados corresponden en la tabla del NMP para series de tres tubos a un NMP de 400.
- Si no hubiera ninguna dilución que presentase los tres tubos positivos, seleccionar las tres diluciones más altas con algún tubo positivo. Por ejemplo; si las cuatro últimas diluciones con algún tubo positivo fueran 1: 10, 1: 100, 1:1000 y 1: 10 000 con 2, 2, 1 y 1 tubo positivo, respectivamente, los resultados se anotan como 1: 100 = 2, 1: 1 000 = 1 y 1: 10 000 = 1. Este resultado corresponde a la tabla de NMP a 200.

- Cuando no se hayan hecho diluciones más altas, de forma que la última presente también los tres tubos positivos, seleccionar las tres diluciones realizadas. Por ejemplo; si las tres últimas diluciones realizadas fueran 1: 100, 1: 1000, 1: 10 000 y el número de tubos positivos fuera 3, 3 y 3, respectivamente, los resultados se anotarían como  $1:100 = 3$ ,  $1:1000 = 3$  y  $1: 10\ 000 = 3$ . En este caso el NMP es igual o mayor de 11 000.
- Confirmar que los tubos de caldo lauril sulfato triptosa seleccionados en el paso anterior, son positivos de organismos coliformes, transfiriendo un asa de cada tubo a otro tubo de caldo lactosa bilis (2%) verde brillante o sembrado por estría en placas de agar Eosina Azul de Metileno o de agar Endo. Incubar los tubos de confirmación durante 24-48 horas a 35- 37°C y observar la producción de gas. La formación de gas confirma la presencia de organismos coliformes. Observar los medios solidos de confirmación para ver si existen colonias típicas de coliformes después de 24 y 48 horas de incubación a 35- 37°C.
- La formación en el agar Eosina Azul de Metileno de colonias negras o con el centro negro, o bien de colonias mucoides de color rosa-naranja confirma la presencia de organismos coliformes. De modo semejante, en agar Endo las colonias de coliformes son rojas y están rodeadas también de halos rojos.
- Anotar el número de tubos confirmados como positivos de organismos
- coliformes en cada dilución.
- Para obtener el NMP, proceder de la forma siguiente. Ver en cada una de las tres diluciones seleccionadas el número de tubos en los que se confirmó la presencia de coliformes. Buscar en la tabla de NMP y anotar el NMP que corresponda al número de tubos positivos de cada dilución. Así, si en el primer ejemplo dado en el punto anterior todos los tubos positivos en las tres diluciones seleccionadas (1:100, 1:1 000 y 1: 10 000) resultasen confirmados de presencia de coliformes, los valores de cada dilución

serían 3, 1 y 0, respectivamente. Para calcular el NMP de organismo coliformes por gramo de alimento, se multiplica el valor que figura en la tabla por 10 (en este ejemplo  $40 \times 10 = 400$  por gramo).

**D. NMP- Prueba confirmativa para los coliformes fecales y *Escherichia coli*:** La técnica permite diferenciar los coliformes de origen fecal (procedentes del intestino de los animales de sangre caliente) de los coliformes de otros orígenes, se consideran los materiales siguientes:

- Asa de inoculación, con anillo de 3 mm de diámetro, preferible con alambre de nicrom o de platino –iridio.
- Baño de agua con agitación, equipado con un mecanismo de regulación térmica capaz de mantener una temperatura de  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ .
- Caldo E. C, volúmenes 10 ml en tubos de 150 x 15 ml, conteniendo tubos fermentación de Durham invertidos (75 x 10 mm).

Considerar la técnica siguiente:

- Tomar los tubos de caldo lauril sulfato triptosa gas positivos.
- Inocular un asa de caldo de cada uno de los cultivos seleccionados en tubos de caldo E.C.
- Inocular los tubos de caldo E.C. a  $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$  y ver si son positivos de formación de gas a las 24 y a las 48 horas.
- Se presume que los tubos de caldo E.C. que presenten gas son también positivos de organismos coliformes de origen fecal.

### ***E. Pruebas de identificación de organismos coliformes - IMVIC***

En el análisis diario de los alimentos no es posible, por lo general, debido al tiempo y trabajo necesarios, llevar a cabo la confirmación de la presencia de *Escherichia coli*, más allá de las pruebas descritas, sobre la determinación de coliformes de origen fecal. En casos especiales, sin embargo, cuando el esfuerzo es necesario está justificado, puede llevarse a cabo la diferenciación del grupo coliformes en especies y variedades sobre la base de resultados de cuatro pruebas (indol, rojo de metilo, voges- proskauer y citrato sódico), denominadas colectivamente como pruebas IMVIC. Los materiales son:

- Estufa de incubación, 35- 37°C.
- Baño de agua, para mantener el agar fundido, 44- 46°C.
- Pipetas bacteriológicas de 1 ml con subdivisiones de 0,1 ml o menores.
- Asa de inoculación, preferiblemente con asa de nicrom o de platino – iridio.
- Caldo triptona, volúmenes de 5ml en tubos.
- Agua peptona, volúmenes de 5 ml en tubos.
- Caldo glucosa tamponada, volúmenes de 10 ml (prueba de rojo de metilo) y de 5ml (prueba de voges- proskauer), en tubos.
- Caldo sal peptona glucosa, volúmenes de 5ml en tubos.
- Caldo citrato de koser, volúmenes de 5ml en tubos.
- Agar citrato de Simmons inclinado en tubos en los que la columna de agar sea de 2,5 cm.
- Agar Eosina Azul de Metileno, para placas.
- Agar Endo, para placas.
- Agar Nutritivo, inclinado en tubo y para placas
- Caldo Lactosado, volúmenes de 10 ml en tubos de 150 x 15 mm con tubos de fermentación de Durham invertidos (75 x 10 mm)

- Reactivo para el indol
- Solución de rojo de metilo
- Reactivos para la prueba de Voges – Proskauer
- Material para la tinción por el método de Gram.

***F. Técnica para el aislamiento y purificación de cultivos:***

- Sembrar por estría un asa de cada tubo de caldo positivo de gas, bien del (Caldo E.C.), sobre la determinación de organismos coliformes de origen fecal, en placas de agar de Eosina Azul de Metileno o de agar Endo, utilizando una placa para cada tubo. Incubar las placas invertidas durante 24 horas a 35-37°C.
- Tomar una colonia representativa (nucleada, con o sin brillo metálico) de cada placa y resembrarla en estría en una placa de agar Nutritivo. Incubar la placa invertida durante 24 horas a 35-37°C.
- Seleccionar colonias individuales y sembrar cada una en agar Nutritivo inclinado y en caldo Lactosado. Incubar los cultivos durante 24 horas a 35-37°C.
- A partir de los cultivos gas positivos en caldo Lactosado, hacer una extensión y teñirla por el método de Gram para confirmar la presencia de bacilos Gram negativos esporulados.
- Para inocular los medios IMVIC que se mencionan a continuación, utilizar un asa de platino y hacer las siembras a partir de cultivos de 24 horas en agar nutritivo inclinado.

***G. Técnica para la prueba del indol (KOVACS, 1928)***

- Inocular tubos de caldo triptona o de agua de peptona a partir de cultivos puros e incubar los tubos sembrados a 35-37°C durante 24 horas.
- Añadir a cada tubo 0,2 - 0,3 ml del reactivo para el indol y agitar.

- Esperar 10 minutos y observar los resultados. Si aparece un color rojo oscuro en la superficie de la capa de alcohol amílico, la prueba es positiva. Un color naranja indica la presencia posible de escatol y puede ser anotado como reacción  $\pm$ .

#### ***H. Técnica para la prueba del rojo de metilo:***

- Inocular tubos de caldo glucosa tamponada a partir de cultivos puros e incubar los tubos sembrados a 35-37°C durante 5 días.
- Pipetear 5 ml de cada cultivo en tubos vacíos y añadir a cada tubo 5 gotas de la solución de rojo de metilo. Agitar.
- Anotar como positivo si aparece un color rojo bien definido y como negativo si el color es amarillo. Colores intermedios indican reacción dudosa.

#### ***I. Técnica para la prueba de Voges-Proskauer:***

- Inocular tubos de caldo glucosa tamponada o de caldo sal peptona glucosa a partir de cultivos puros e incubarlos a 35 – 37 °C durante 48 horas.
- Pipetear 1 ml de cada cultivo en tubos vacíos y añadir a cada uno de ellos 0,6 ml de la solución de naftol y 0,2 ml de la solución de hidróxido de potásico.
- Agitar los tubos y dejarlos en reposo durante 2- 4 horas. Observar los resultados. La aparición en la mezcla de un color rosa a carmesí se anota como prueba positiva.

#### ***J. Técnica para la prueba del citrato sódico:***

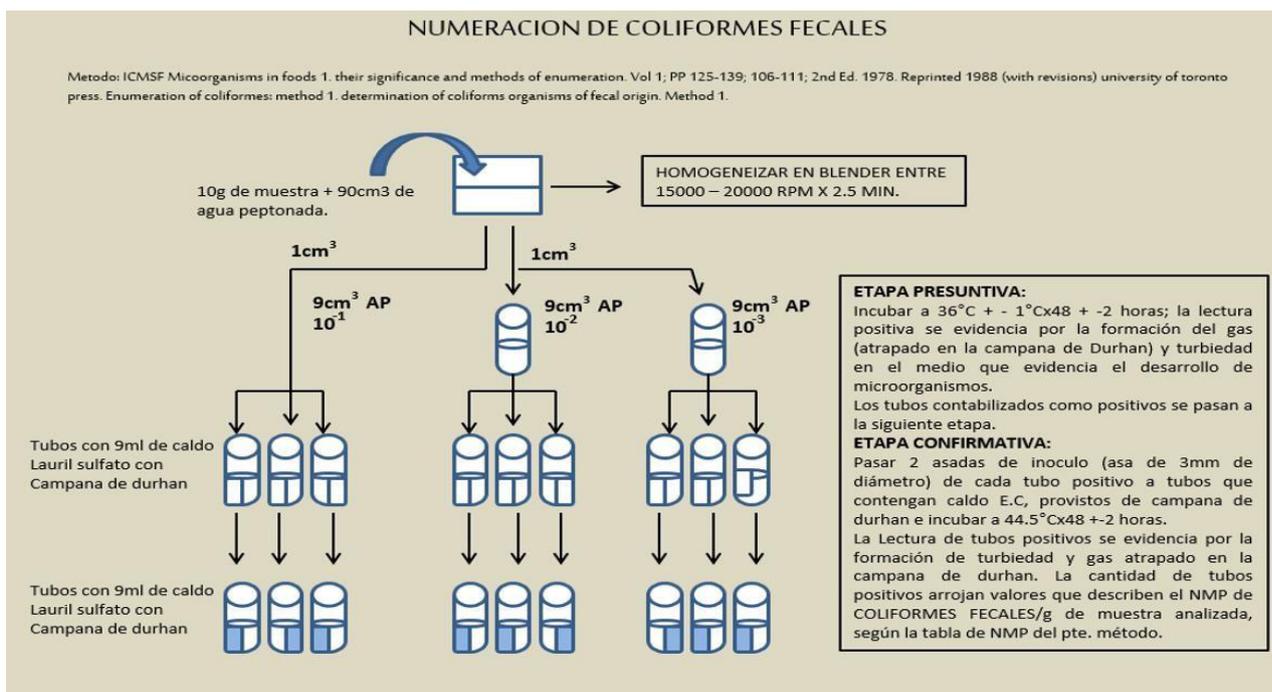
- Inocular tubos de caldo citrato de koser o de agar citrato de Simmons a partir de cultivos puros. Utilizar para ello un alambre recto, a fin de sembrar un inoculo podría invalidar la reacción. Si se utiliza agar citrato de Simmons inclinado, sembrar por picadura en la columna de agar y por estría en la superficie inclinada.
- Incubar el caldo citrato de koser a 35-37°C durante 72-96 horas y el agar citrato de Simmons a 35-37°C.

- Anotar en ambos medios de cultivos como reacción positiva si el crecimiento es visible y como negativa cuando no lo es. El crecimiento se manifiesta, generalmente, por el cambio del color verde claro del medio azul.

En suma, en las figuras 9 y 10 se presentan las numeraciones coliformes fecales y en la tabla 6, se plasman detalles de las técnicas de análisis para bacterias de coliformes fecales y *Escherichia Coli* en el DEPBIFOR, según se describe Manual de Procedimientos (2017).

## Figura 9

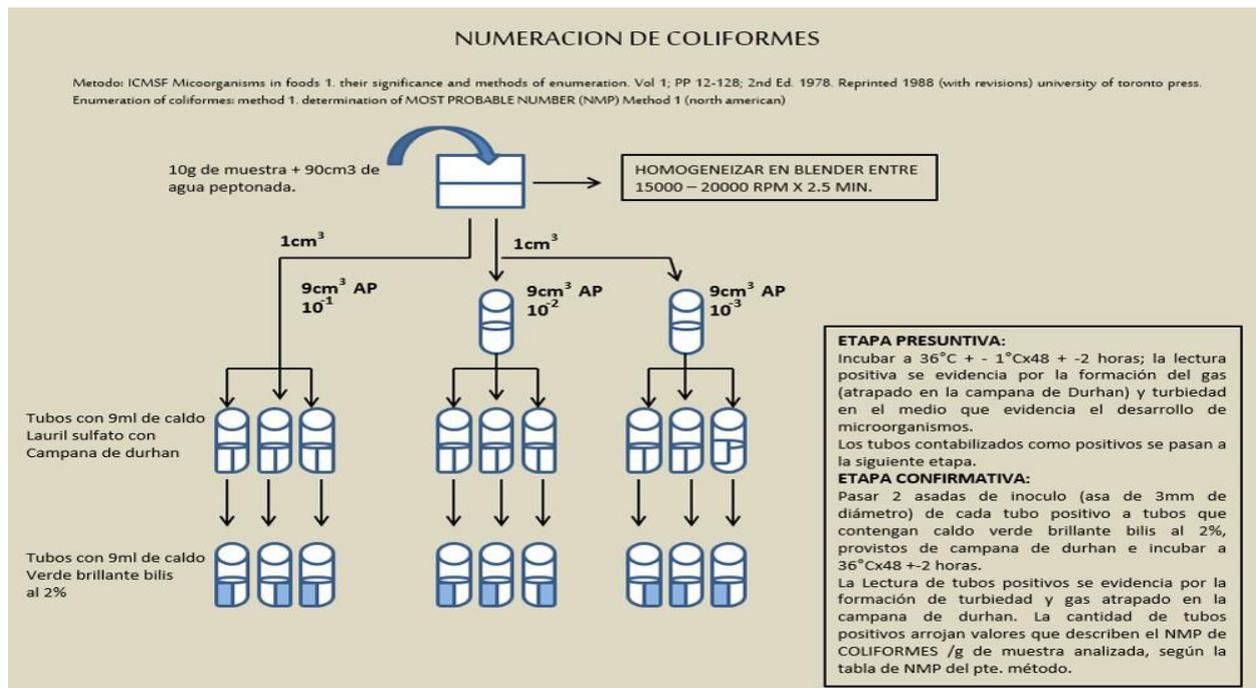
### Numeración de coliformes fecales



*Nota.* Tomado del Manual de Procedimientos del Departamento de Biología Forense (2017).

## Figura 10

### Numeración de coliformes fecales



*Nota.* Tomado del Manual de Procedimientos del Departamento de Biología Forense (2017).

**Tabla 6**

*Técnicas de análisis para bacterias de coliformes fecales y Escherichia Coli*

<b>Técnica</b>	<b>Descripción</b>
Método del Número Más Probable (NMP)	El NMP es una técnica estadística que estima la cantidad de bacterias coliformes fecales presentes en una muestra a partir de múltiples diluciones seriadas. Se basa en la observación del crecimiento bacteriano en medios líquidos selectivos.
Siembra en Agar Eosina Azul de Metileno (EMB)	El agar EMB es un medio selectivo y diferencial que permite identificar coliformes fecales, como <i>Escherichia coli</i> , que producen colonias con brillo metálico verde, mientras que otros coliformes no fecales presentan colonias rosadas o moradas.
Prueba IMVIC	La prueba IMVIC (Indol, Rojo de Metilo, Voges-Proskauer, Citrato) es una serie de pruebas bioquímicas utilizadas para diferenciar coliformes fecales ( <i>E. coli</i> ) de otros coliformes no fecales como <i>Enterobacter</i> o <i>Klebsiella</i> .
Incubación en Caldo E.C. ( <i>Escherichia coli</i> )	El caldo E.C. es un medio de cultivo selectivo que favorece el crecimiento de <i>E. coli</i> a temperaturas elevadas (44.5 °C). Esta técnica confirma la presencia de coliformes fecales en las muestras analizadas.
Siembra en Agar MacConkey	El agar MacConkey es un medio diferencial que inhibe el crecimiento de bacterias grampositivas y permite la identificación de coliformes mediante la fermentación de lactosa, donde las colonias positivas para lactosa se tornan rosadas.
Pruebas de Fermentación de Lactosa	Estas pruebas permiten determinar si una bacteria es capaz de fermentar lactosa, lo cual es característico de coliformes. La fermentación produce ácido y gas, lo que indica la presencia de bacterias como <i>E. coli</i>
Técnica de Filtración por Membrana	Se filtra una muestra de agua o extracto de carne a través de un filtro de membrana que retiene las bacterias. Luego, el filtro se coloca en medios selectivos como el agar EMB para permitir el crecimiento de coliformes fecales.
Técnica de Bioluminiscencia (ATP)	La bioluminiscencia mide los niveles de trifosfato de adenosina (ATP), un indicador de actividad biológica. evaluar la contaminación microbiana en alimentos como la carne de pollo, aunque es menos específico para coliformes.
Prueba de Tolerancia a la Temperatura	La prueba de tolerancia térmica se realiza incubando muestras a temperaturas elevadas (44.5 °C) para identificar coliformes fecales que crecen en estas condiciones, en especial <i>E. coli</i> , lo que confirma la contaminación fecal.
Identificación Molecular (PCR)	La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se utiliza para detectar material genético específico de <i>E. coli</i> u otros coliformes fecales, proporcionando una identificación rápida y precisa en casos de contaminación bacteriana.

*Nota.* Adaptado del Manual de Procedimientos del Departamento de Biología Forense (2017).

### III) APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA

3.1. Mi labor como analista microbiológico en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística ha representado una contribución en el análisis de coliformes fecales en muestras de alimentos, particularmente en carne de pollo fresco. Esta labor es crucial, ya que permite identificar posibles focos de contaminación bacteriana que podrían poner en riesgo la salud pública. Durante mi trabajo, la aplicación de técnicas microbiológicas ha sido fundamental para garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos y que fueron plasmado en los respectivos Informes Periciales. En este contexto, el análisis de *Escherichia coli* y coliformes fecales en alimentos ha sido una de las áreas más relevantes, dado que estos microorganismos son indicadores de contaminación fecal y pueden ser precursores de enfermedades graves.

3.2. Uno de los métodos empleados con mayor frecuencia ha sido la enumeración de coliformes y *Escherichia coli* mediante la prueba del número más probable (NMP). Esta técnica se basa en la capacidad de los coliformes para fermentar la lactosa con producción de gas a temperaturas elevadas, lo que es característico de organismos que habitan en el intestino de animales de sangre caliente. Para llevar a cabo este análisis, fue necesario utilizar una serie de equipos y medios de cultivo especializados, tales como estufas de incubación, pipetas bacteriológicas y agar eosina azul de metileno. Estos materiales permitieron incubar las muestras a temperaturas precisas y observar el crecimiento de colonias características que confirman la presencia de coliformes.

3.3. La técnica del NMP es altamente eficaz para estimar la densidad bacteriana en las muestras analizadas. Durante mi trabajo en el análisis de carne de pollo fresco, se realizó la inoculación en una serie de diluciones de caldo lauril sulfato triptosa. La incubación posterior permitió identificar aquellos tubos que presentaban formación de gas, lo que indicaba la presencia de coliformes. Este procedimiento se repitió en varias diluciones para asegurar la

precisión de los resultados. Además, las colonias obtenidas se confirmaron en medios específicos como el agar Eosina Azul de Metileno, donde se observan colonias negras o mucoides, características de los coliformes fecales.

3.4. La importancia de esta técnica radica en su capacidad para proporcionar información rápida y precisa sobre el nivel de contaminación en los alimentos. En el caso de la carne de pollo, los altos niveles de *Escherichia coli* sugirieron en cada uno de los casos una manipulación inadecuada o condiciones de almacenamiento deficientes, lo que podía poner en riesgo la salud de los consumidores. Por lo tanto, el análisis microbiológico en el Laboratorio de Criminalística, bajo esa óptica, no solo es una herramienta forense, sino también una medida preventiva que contribuye a la seguridad alimentaria y la salud pública.

3.5. Otro aspecto destacado de mi labor fue la implementación de pruebas confirmativas para coliformes fecales y *Escherichia coli*. Este proceso implica la inoculación de cultivos en caldo E.C., seguido de incubación a temperaturas controladas de 44.5°C. La formación de gas en estos tubos es un claro indicativo de la presencia de organismos de origen fecal, lo que valida los resultados obtenidos en la prueba presuntiva. Esta metodología es especialmente útil para diferenciar los coliformes fecales de otros tipos de coliformes no patógenos.

3.6. La aplicación de las pruebas IMVIC para la identificación de coliformes fue otro de los aportes relevantes en mi trabajo realizado en criminalística. Estas pruebas (indol, rojo de metilo, Voges-Proskauer y citrato) permitieron diferenciar *Escherichia coli* de otros miembros del grupo de coliformes. En los casos especiales que se presentaron, la realización de estas pruebas fue fundamental para confirmar la presencia de patógenos específicos y para generar informes periciales precisos y confiables. Este nivel de diferenciación es decisivo en la investigación forense, ya que proporciona evidencia concluyente sobre el origen y la naturaleza de la contaminación.

3.7. En cuanto al uso de técnicas de aislamiento y purificación de cultivos, estas jugaron un papel esencial en la confirmación de resultados durante mi labor. La siembra por estría en medios selectivos como el agar Eosina Azul de Metileno permitió obtener colonias representativas de organismos coliformes, que luego fueron resembradas en agar nutritivo para su posterior identificación. Este proceso es clave para obtener cultivos puros, lo que a su vez facilita la realización de pruebas adicionales, como la tinción de Gram y las pruebas bioquímicas específicas.

3.8. La tinción de Gram fue una técnica indispensable para confirmar la presencia de bacilos Gram negativos no esporulados, que es una característica típica de *Escherichia coli*. Esta prueba es un paso importante en la identificación microbiológica, ya que permite diferenciar entre diferentes tipos de bacterias y confirmar que los organismos presentes en las muestras corresponden efectivamente a los que se busca identificar. El uso de estas técnicas avanzadas de análisis microbiológico asegura que los resultados obtenidos sean precisos y reproducibles.

Finalmente, es importante destacar que la labor de un analista microbiológico en un entorno forense no solo se limita a la identificación de patógenos, sino que también implica una comprensión profunda de los procesos de contaminación y su impacto en la salud pública. En este sentido, los aportes realizados en el análisis de coliformes fecales en carne de pollo fresco han contribuido a la mejora de los procedimientos de control de calidad en alimentos, así como a la formulación de recomendaciones en los Informes Periciales emitidos para evitar futuros brotes de enfermedades transmitidas por alimentos contaminados. Estos resultados son un testimonio del valor del análisis microbiológico en el campo de la criminalística y la biología forense.

#### IV) CONCLUSIONES

4.1. La identificación de coliformes fecales y *Escherichia coli* en muestras de alimentos, particularmente en carne de pollo, es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria. Las técnicas empleadas en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP, como el número más probable (NMP) y el uso de medios selectivos, permitieron obtener resultados confiables en muestras de carne de pollo provenientes de inspecciones criminalísticas realizadas por el personal especializado. Asimismo, este análisis en el campo forense no solo aporta a la calidad de los alimentos, sino que es decisivo para la prevención de enfermedades transmitidas por este alimento, a través de la emisión de Informes Periciales que son el soporte de los administradores de justicia en el país.

4.2. El uso de técnicas confirmatorias, como la prueba IMVIC y la incubación en caldo E.C., permitió la identificación diferencial de coliformes fecales. Durante mi experiencia profesional estas técnicas fueron cruciales para obtener evidencia concluyente y fundamentar los Informes Periciales en casos de posible contaminación fecal. Asimismo, la aplicación correcta de estos métodos asegura la validez científica de los resultados obtenidos.

4.3. La contaminación fecal en alimentos como la carne de pollo, detectada mediante análisis microbiológico, sugiere condiciones inadecuadas de manipulación o almacenamiento. Esta situación evidencia la necesidad de mejorar los procesos de higiene en toda la cadena de suministro alimentario para minimizar riesgos, a través de prácticas preventivas que debe realizar el estado a través sus instituciones correspondientes. Asimismo, los resultados obtenidos en el laboratorio de la Dirección de Criminalística permitieron identificar áreas críticas que requieren atención en las empresas alimentarias.

4.4. Durante mi experiencia profesional en la Dirección de Criminalística se aportes bajo la técnica de aislamiento y purificación de cultivos mediante siembra en medios selectivos como el agar Eosina Azul de Metileno permitiendo obtener colonias puras, lo que facilitó la identificación precisa de patógenos en las muestras. Este enfoque es esencial para generar resultados reproducibles y confiables, los cuales fueron de gran aporte en la labor forense y la posterior emisión de Informes Periciales.

4.5. En la labor como analista microbiológico forense se ha podido contribuir a la aplicación de los procedimientos de control de calidad en alimentos, especialmente en la identificación de fuentes de contaminación bacteriana. Siendo dicho trabajo es un componente esencial para garantizar la seguridad alimentaria y proteger la salud pública, mostrando la importancia de la microbiología en el ámbito forense en el país.

## V) RECOMENDACIONES

5.1. Se recomienda fortalecer los procedimientos de control microbiológico en la industria alimentaria, especialmente en productos de alto riesgo como la carne de pollo. Implementar análisis rutinarios de coliformes fecales y *Escherichia coli* en todas las fases de la cadena de producción y distribución de alimentos para garantizar la seguridad del consumidor y evitar brotes de enfermedades alimentarias.

5.2. Se recomienda capacitar de manera continua a los peritos y personal técnico en la correcta aplicación de las pruebas microbiológicas confirmativas. Asegurar que todos los procedimientos se realicen conforme a las normas internacionales de microbiología, garantizando que los resultados obtenidos en el Laboratorio Criminalística sean confiables y que se mantengan actualizados en cuanto a los últimos avances tecnológicos en identificación bacteriana.

5.3. Se recomienda implementar programas de monitoreo y capacitación para los manipuladores de alimentos de pollo en todos los puntos de la cadena de suministro, desde la producción hasta la venta al consumidor final. Estos programas deben enfocarse en buenas prácticas de higiene, conservación y transporte, asegurando condiciones óptimas para reducir la probabilidad de contaminación bacteriana y proteger la salud pública.

5.4. Se recomienda seguir implementando técnicas de aislamiento y purificación de cultivos en análisis microbiológicos forenses, asegurando que el Laboratorio de Criminalística cuente con los medios de cultivo y equipos necesarios para realizar estos procedimientos. Además, garantizar la renovación periódica de los insumos y equipos, así como la formación continua del personal para mantener los estándares de calidad en el análisis microbiológico.

5.5. Se recomienda que las autoridades sanitarias y reguladoras fortalezcan los mecanismos de control de calidad en la industria alimentaria de la carne de pollo, incluyendo auditorías periódicas y la exigencia de certificados de análisis microbiológicos antes de la distribución de productos. Esto garantizaría que los productos de este alimento esencial en circulación cumplan con los estándares microbiológicos y que se minimice el riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos.

## VI) REFERENCIAS

- Acevedo, D., Montero, M. y Jaimes, J. (2015). *Determinación de Antibióticos y Calidad Microbiológica de la Carne de Pollo Comercializada en Cartagena*. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642015000100008>
- Alvarado, H. (2021). *Coliformes totales y fecales en Lactuca sativa var. iceberg (lechuga carola) que se expende en los mercados del distrito de Parcona–Ica, Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica]. Repositorio institucional UNSLG. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3583>
- Artículo N.º 166. *Artículo de la finalidad de la Policía Nacional del Perú*. (29 de diciembre de 1993). Constitución Política del Perú.
- Brejijeh, Z., Jubeh, B., y Karaman, R. (2020). *Resistance of Gram-Negative Bacteria to Current Antibacterial Agents and Approaches to Resolve It*. *Molecules* (Basel, Switzerland), 25(6), 1340. <https://doi.org/10.3390/molecules25061340>
- Chavarría, E., Huamaní, L., Bazurto, C., Gutierrez, J., y Cusiche, M. (2023). *Determinación clásica de coliformes fecales en agua entubada en el distrito de Ahuaycha, Perú*. *Revista Alfa*, 7(21), 560-566. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.236>
- Coral, M., y Montenegro, V. (2023). *Evaluación microbiológica de Escherichia coli O157: H7 y Salmonella spp en carne de pollo expandida en los mercados de la ciudad de Tulcán*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Repositorio institucional UPEC. <https://repositorio.upec.edu.ec/items/7b86ef75-b041-4cc3-bcef-be0905c6137c>
- Decreto Legislativo N° 1267. *Ley de la Policía Nacional del Perú*. (16 de diciembre de 2016). <https://www.policia.gob.pe/dirseciu/documentos/DL.%20N%C2%BA%201267%20-%20Ley%20de%20la%20PNP.pdf>

Decreto Supremo N° 001-2021-IN. *Decreto Supremo que aprueba el reglamento del Decreto Supremo N° 1219. Decreto Legislativo de Fortalecimiento de la función criminalística policial.* (5 de febrero de 2021).

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1688973/DS%20001-2021-IN..pdf?v=1614107007>

Decreto Supremo N° 026- 2017-IN. *Reglamento del Decreto Legislativo N° 1267. Ley de la Policía Nacional del Perú.* (15 de octubre de 2017).

<https://www.gacetajuridica.com.pe/boletinnvnet/ar-web/DS0262017IN.pdf>

González, L., Agudo, M., Vélez, L., Baculima, J., y Flores, M. (2023). *Escherichia coli y coliformes totales en superficies inertes del patio de comidas del terminal terrestre Cuenca, Ecuador.* *FACSALUD-UNEMI*, 7(13), 127-133.

<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol7iss13.2023pp127-133p>

López, A., Burgos, T., Díaz, M., Mejía, R., y Quinteros, E. (2018). *Contaminación microbiológica de la carne de pollo en 43 supermercados de El Salvador.* *Alerta, Revista científica Del Instituto Nacional De Salud*, 1(2), 45–53.

<https://camjol.info/index.php/alerta/article/view/7134>

Mazariegos, A. (2004). *Determinación de la carga bacteriana más frecuente en pollo fresco, distribuido en el mercado “Ciudad Real”, situado en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala.* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio institucional USCG.

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/7369/1/Tesis%20Med%20Vet%20Ana%20Lucia%20Mazariegos%20Giron.pdf>

Medina, J., & Torres, E. (2024). *Determinación de coliformes totales y fecales en fresas expandidas en supermercados y mercados de la ciudad de Cuenca.* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Cuenca]. Repositorio institucional UCC.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstreams/c5c397aa-976c-4218-9244-26c33285eab9/download>

- Mesa, J. (2024). *Resistencia bacteriana en enterobacterias*. <https://www.la-red.net/singlepost/resistencia-bacteriana-en-enterobacterias>
- Paredes, B. (2022). *Análisis de coliformes fecales en alimentos comercializados en mercados del Perú: Una revisión narrativa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio institucional UNMSM <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/afdc17e9-13d24dd9-998c-7abb8b6cbe18/content>.
- Pari, D., Torres, E., Mamani, M., Ortiz, W., & Orna, E. (2023). *Presencia de coliformes totales y fecales en Prochilodus nigricans "Boquichico"*. Investigación Universitaria UNU, 13(2), 1025. <http://revistas.unu.edu.pe/index.php/iu/article/view/114>
- Pérez, I. (2016). *Calidad y seguridad microbiológica de la carne de pollo: con especial referencia a la incidencia de Salmonella, Campylobacter y Listeria Monocytogenes en las distintas etapas de la producción y procesado*. [Tesis Doctoral, Universidad de la Rioja]. Repositorio institucional ULR. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=46794>
- Pérez, J., y Serrano, F. (2013). *Calidad microbiológica de la carne de pollo (Gallus gallus) comercializada en la ciudad de Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio institucional UNH. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/743>
- Policía Nacional del Perú (2013). *Manual de Procedimientos Periciales de Criminalística*. <https://img.lpderecho.pe/wp-content/uploads/2022/02/Manual-Procedimientos-Periciales-Criminalistica-2012-LPDerecho.pdf>

Santamaría, M. (2019). *Calidad microbiológica de la carne de pollo expendida en el Mercado Mayorista Miguel Grau del distrito de Tacna*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman]. Repositorio institucional UNJBG. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3872>

Yousefinaghani, S. (2021). *A framework for the risk prediction of avian influenza events*. National Institutes of Health. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7810353/>

## VII) ANEXOS

### Anexo A: Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Categoría	Subcategorías	Metodología
<p><b>Problema general</b> ¿Cuáles son las técnicas forenses empleadas para la identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué técnicas microbiológicas aplican los peritos forenses para el aislamiento y purificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP?</li> <li>• ¿Cómo contribuyen las técnicas confirmatorias aplicadas en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP a la identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco?</li> <li>• ¿Qué importancia tienen los resultados obtenidos mediante las técnicas forenses de identificación de coliformes fecales para la emisión de informes periciales en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP?</li> <li>• ¿Qué evidencias se identifican sobre las condiciones de manipulación y almacenamiento de la carne de pollo fresco, a partir del análisis microbiológico?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b> Describir las técnicas forenses para la identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir las técnicas microbiológicas aplicadas por los peritos forenses para el aislamiento y purificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP.</li> <li>• Describir la contribución de las técnicas confirmatorias aplicadas en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP en la identificación de coliformes fecales en carne de pollo fresco.</li> <li>• Analizar la importancia de los resultados obtenidos mediante las técnicas forenses de identificación de coliformes fecales en la emisión de informes periciales en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP.</li> <li>• Identificar las evidencias relacionadas con las condiciones de manipulación y almacenamiento de la carne de pollo fresco, a partir del análisis microbiológico realizado en el Departamento de Biología Forense de la Dirección de Criminalística de la PNP.</li> </ul>	<p>Técnicas forenses para la identificación de coliformes fecales</p>	<p><b>Subcategoría 1:</b> Técnicas de aislamiento y purificación.</p> <p><b>Subcategoría 2:</b> Técnicas confirmatorias para la identificación</p> <p><b>Subcategoría 3:</b> Relevancia de los resultados periciales</p> <p><b>Subcategoría 4:</b> Evidencias sobre condiciones de manipulación y almacenamiento de la carne de pollo</p>	<p><b>Enfoque:</b> Cualitativo</p> <p><b>Tipo:</b> Básico</p> <p><b>Diseño:</b> Fenomenológico</p> <p><b>Método:</b> Inductivo</p> <p><b>Instrumento:</b> Análisis documental Ficha de observación</p>