

## ACTUALIZACIÓN EN TÉCNICAS DIAGNÓSTICAS DE “SALMONELLA SPP”

### UPDATE ON DIAGNOSTIC TECHNIQUES OF “SALMONELLA SPP”

Rothman Josué López Garces<sup>1</sup>  
Mario Fernando Vilcacundo Córdova<sup>2</sup>

#### Resumen

La Salmonelosis, es una infección intestinal producida por bacterias Gram negativa del género *Salmonella*, que tiene una elevada prevalencia a nivel mundial. Se trata de una bacteria zoonótica que tiene la capacidad de propagarse entre animales y los seres humanos, coloniza el intestino y se excreta mediante las heces fecales, siendo este el principal vector de contaminación. Para poder identificar *Salmonella* spp en un laboratorio nivel 2, existen diferentes tipos de técnicas tradicionales y automatizadas, cada una con diferente sensibilidad y especificidad. Las técnicas tradicionales abarcan medios de cultivo que generan una sensibilidad y especificidad mayor al 90 %, entre estas se encuentran: BBL CHROMagar, CHROMagar plus y XLT4, siendo su principal ventaja su procesamiento sencillo y su bajo costo. En cambio, las técnicas automatizadas de Biología Molecular como la PCR, C-PCR, qPCR, rtPCR-IMS, PCR-múltiplex tienen un menor tiempo de respuesta, pero el costo para su implementación es elevado. Otros métodos como los colorimétricos (VITEK 2 compact) y el sistema numérico API 20E también son utilizados. Por lo tanto, el avance de la ciencia en el área del diagnóstico ha hecho que las técnicas de Biología Molecular se conviertan en las pruebas Gold Standard para la detección de diferentes analitos y agentes patógenos. En la presente revisión bibliográfica se resumen los diferentes medios de cultivo y métodos diagnósticos utilizados para la identificación de *Salmonella* spp, sus características y su grado de sensibilidad y especificidad.

**Palabras clave:** *Salmonella* spp; Tradicionales; Automatizadas; Sensibilidad; Especificidad.

#### Abstract

Salmonellosis is an intestinal infection caused by Gram-negative bacteria of the *Salmonella* genus, which has a high prevalence worldwide. It is a zoonotic bacterium that has the ability to spread between animals and humans, colonizes the intestine and is excreted through feces, this being the main vector of contamination. In order to identify *Salmonella* spp in a level 2 laboratory, there are different types of traditional and automated techniques, each with different sensitivity and specificity. Traditional techniques include culture media that generate sensitivity and specificity greater than 90%, among these are: BBL CHROMagar, CHROMagar plus and XLT4, their main advantage being their simple processing and low cost. On the other hand, automated Molecular Biology techniques such as PCR, C-PCR, qPCR, rtPCR-IMS, and multiplex PCR have a shorter response time, but the cost of their implementation is high. Other methods such as colorimetric (VITEK 2 compact) and the API 20E numerical system are also used. Therefore, the advancement of science in the area of diagnosis has made Molecular Biology techniques become the Gold Standard tests for the detection of different analytes and pathogens. This bibliographic review summarizes the

Recepción: 07 de Mayo de 2024 / Evaluación: 07 de Junio 2024/ Aprobado: 03 de Julio de 2024

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico. Ambato, Ecuador. Email: rlopez1215@uta.ecu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-7052-4977>.

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud, Carrera de Laboratorio Clínico. Ambato, Ecuador. Email: vilcacundo@uta.edu.ec. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8384-3825>.

different culture media and diagnostic methods used for the identification of *Salmonella* spp, their characteristics and their degree of sensitivity and specificity.

**Keywords:** *Salmonella* spp, Traditional, Automated, Sensitivity, Specificity.

### Introducción

*Salmonella* spp es una bacteria zoonótica, tiene la capacidad de propagarse entre animales y los seres humanos, pertenece al grupo de las Enterobacterias (Fernández, 2021). Son bacilos Gram negativos, no esporulados, ocupan como única fuente de carbono el citrato y disponen de un metabolismo de tipo fermentativo y oxidativo (Ramos, 2022). Son anaerobias facultativas, tiene la capacidad de reducir nitratos a nitritos y fermentan glucosa con producción de ácido y de gas (Ciguencia, 2021).

Esta bacteria perjudica al tracto intestinal, coloniza el intestino de animales y de los seres humanos y se excreta mediante las heces fecales (Pérez, et al., 2021). Está asociada con enfermedades diarreicas, en donde es una causa primordial de morbilidad y mortalidad, sobre todo en los recién nacidos, niños y ancianos (Ramos, 2022). Dentro del área de microbiología existen diferentes tipos de *Salmonella* como *S. Entérica* y *S. Bongori* que generan intoxicaciones alimentarias. *Salmonella typhi* y *Salmonella paratyphi* generan fiebre tifoidea y paratifoidea, con más de 2500 serovares (Pérez et al., 2021).

El contagio de *Salmonella* spp se produce por una inadecuada alimentación. La ingesta de carne mal cocida o insalubre, el consumo de agua contaminada, la ingesta de verduras y frutas contaminadas, el huevo y sus derivados con escasa esterilización o en estado de descomposición, son los principales factores de riesgo para la propagación de esta bacteria (Ciguencia, 2021). Sin embargo, se puede originar el contagio de *Salmonella* spp y sus diferentes cepas por el contacto directo con animales o personas infectadas o falta de higiene personal como el lavado de manos antes de consumir alimentos (Pérez, et al., 2021).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), decreta que *Salmonella* y sus diferentes cepas son una problemática primordial en el ámbito de salud pública, mencionando que el número de contagios humanos por *Salmonella* spp es superior a los 93 800 000 de casos al año, con 155.000 fallecimientos anuales en todo el mundo (Ramos, 2022). En América Latina, se estima que este patógeno es responsable de aproximadamente del 30% de las muertes relacionadas por estas infecciones transmitidas por los alimentos. La comunidad asume que los reservorios más comunes son los pollos, cerdos y bovinos (Casteñeda et al., 2022).

El diagnóstico temprano es primordial y se realiza con el análisis de una serie de muestras fecales, muestras biológicas, muestras de animales y restos de alimentos por medio de métodos tradicionales y automatizados. Dentro de un laboratorio de Microbiología se realiza la identificación de esta bacteria mediante diferentes técnicas, que requieren la utilización de distintos materiales y equipos. Uno de los métodos más utilizados requiere del uso de medios de cultivo selectivos y diferenciales como: *Salmonella-Shigella* (S-S), Sangre, MacConkey, Eosina azul de metileno (EMB), Entérico Hektoen (HEA), XLD (Xilosa, Lisina, Desoxicolato) (Pérez, et al., 2021), BBL CHROMagar, CHROMagar plus, DCLS (Sacarosa, Dexocolato, Citrato, Lactosa), Bisbuto Sulfito (BS), Verde brillante (Ciguencia, 2021) y XLT4 (Xilosa, Tergitol, Lisina) (Ramos, 2022).

Para confirmar la presencia de *Salmonella* spp por medio de colonias sospechosas provenientes de los medios de cultivo, se puede utilizar pruebas bioquímicas como: Triple azúcar de hierro (TSI), Lisina de hierro (LIA), Urea, Indol, fermentación de dulcitol o malonato de sodio (Ciguencia, 2021). Catalasa, Oxidasa, Citrato de Simons Sulfuro-Indol (SIM) (Chacha, 2024). Existen métodos moleculares para la detección de esta bacteria como: PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa), C-PCR (Proteína C reactiva), qPCR (en tiempo real) (Pérez, et al., 2021), sseparación Inmunomagnética rtPCR-IMS, PCR multiplex (Burgos y

Albert, 2019). Además, existen métodos comerciales y automatizados como: Api 20E (Dávila, 2020) y VITEX 2 Compact, para la identificación de *Salmonella* spp (Villavicencio, 2021).

Los métodos inmunológicos son técnicas rápidas y precisas para identificar *Salmonella* spp, requieren suero fisiológico provenientes de distintas muestras biológicas, muestras de animales, muestras de alimentos y muestras de origen natural. Dentro de los métodos utilizados con mayor frecuencia se encuentran técnicas automatizadas y manuales como: ELISA, Inmunocromatografía, Método screening Inmunoensayo visual VIA TECRA *Salmonella* (Burgos y Albert, 2019), ensayos de inmunoprecipitación e innumoseparación magnética (ISM) y pruebas rápidas en casete (Muñoz, 2020). La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo actualizar y describir fundamentos de un conjunto de técnicas diagnósticas que garanticen la correcta identificación de *Salmonella* spp, principales ventajas y desventajas de los métodos tradicionales y moleculares empleados en el diagnóstico diferencial de salmonelosis, aportando un conjunto de técnicas aplicables en los Laboratorios Clínicos.

## **Metodología**

### **Objeto**

Describir las técnicas utilizadas para el reconocimiento de *Salmonella* spp a lo largo del tiempo hasta la actualidad. Se busca comparar las diferentes técnicas para la identificación de *Salmonella* spp, así como sus características, ventajas y desventajas, con la finalidad de conocer el Gold Standard para este tipo de técnicas.

### **Variables**

Las variables de interés son la sensibilidad, especificidad, el tiempo de procesamiento, tiempo de respuesta, costo, el tipo de procesamiento, tipo de muestras, los hábitos alimenticios y personales. La diferencia consiste en la manera en que se efectúan estas variables.

### **Sujeto de estudio**

El sujeto de estudio no son individuos o grupos de personas, sino la información contenida en fuentes escritas como artículos científicos, libros y otras publicaciones relevantes.

### **Metodología**

Un estudio bibliográfico puede servir como base para otros tipos de estudios, como investigaciones experimentales o de campo. Los hallazgos del estudio bibliográfico pueden orientar el diseño y la metodología de estos estudios posteriores, es importante destacar que, si bien un estudio bibliográfico no genera datos nuevos directamente, puede proporcionar una visión general valiosa del estado actual del conocimiento sobre este tema específico, razones por las cuales se eligió para realizar este estudio.

Los objetivos, son:

- Revisar y analizar la literatura científica existente sobre este tema.
- Identificar los diferentes estudios que han investigado esta relación.
- Comparar las metodologías, resultados y conclusiones de estos estudios.
- Sintetizar los hallazgos y elaborar conclusiones generales sobre la relación entre las variables.
- Identificar posibles brechas en la investigación y áreas para futuras investigaciones.

### **Método de selección de fuentes confiables**

Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en bases de datos como PubMed, Google académico, Scielo, Mendeley, Web of Science y páginas web relevantes de organizaciones de salud, utilizando las palabras clave "*Salmonella* spp", "sensibilidad", "especificidad", "técnicas", "tradicional" y "automatizados". El diseño de la investigación es documental, con un enfoque no exploratorio, descriptivo y transversal, debido a que no implica

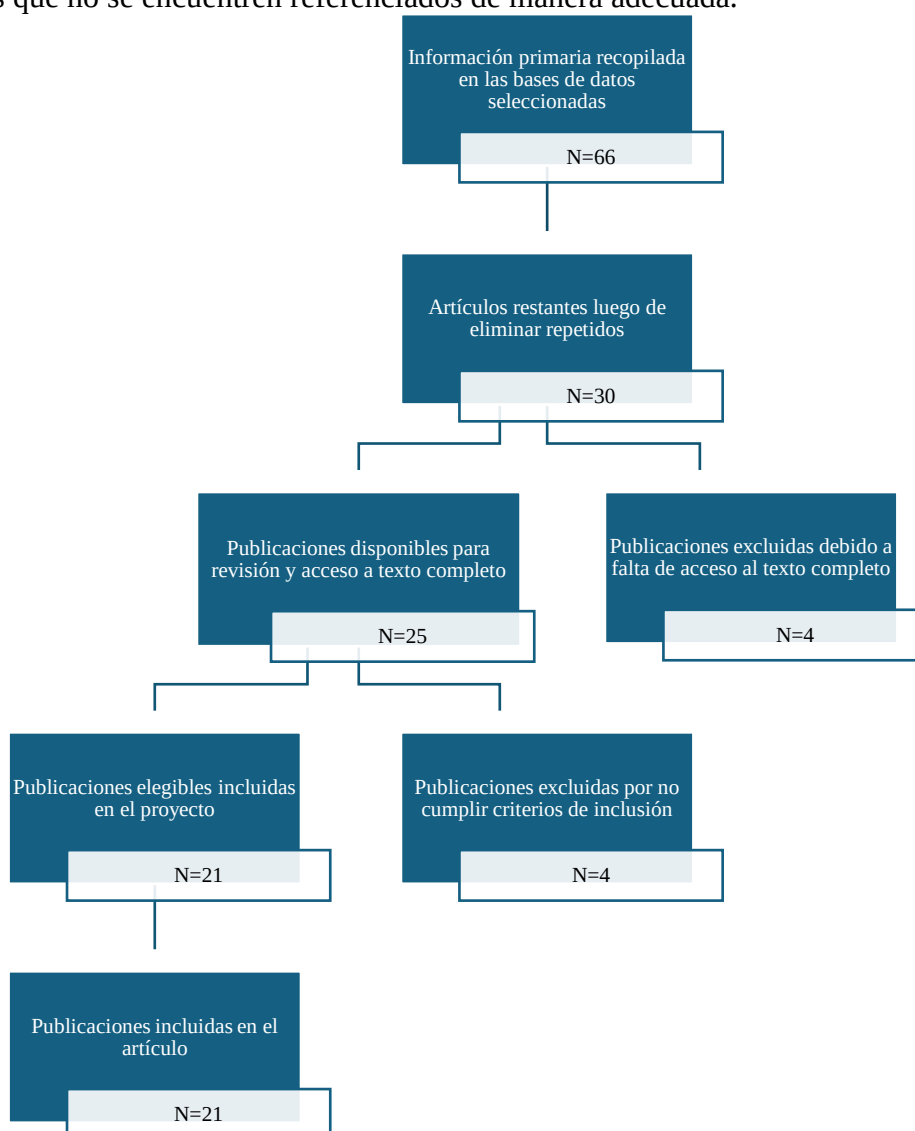
intervención directa del investigador. Se seleccionaron estudios que cumplieron con criterios de calidad metodológica y relevancia para el tema de investigación:

#### Criterios de inclusión

- Artículos publicados en los últimos 5 años
- Artículos relacionados con técnicas manuales y automatizadas para la identificación de *Salmonella spp* y sus diferentes cepas.
- Artículos en español e inglés
- Artículos de las bases de datos: Pubmed, Google Académico, Scielo, Mendeley, Web of Science y páginas web relevantes de organizaciones de salud.

#### Criterios de exclusión

- Estudios que no se relacionen al tema
- Artículos que no hayan sido publicados en los últimos 5 años
- Estudios que no pertenezcan a las bases de datos mencionadas
- Artículos duplicados
- Artículos que no se encuentren referenciados de manera adecuada.



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la selección de información para la elaboración del artículo

### Alcance

En un estudio bibliográfico:

- No se recopilan datos directamente de individuos o grupos de personas.
- La información se obtiene a través del análisis y la síntesis de datos existentes en la literatura científica.
- Se utilizan métodos de análisis bibliométrico y cualitativo para extraer, organizar y evaluar la información de las fuentes seleccionadas.

El presente estudio bibliográfico sobre la relación entre las hormonas tiroideas y el peso corporal será una herramienta útil para:

- **Profesionales de la salud:** Actualizar sus conocimientos sobre la evidencia disponible y mejorar su práctica clínica.
- **Investigadores:** Identificar áreas de investigación prioritarias y diseñar nuevos estudios para profundizar en la comprensión del tema.
- **Público en general:** Obtener información confiable sobre las técnicas manuales y automatizadas para la identificación de *Salmonella spp* y sus diferentes cepas, para reconocer cual es el Gold Standard de las distintas técnicas.

### Análisis de los resultados.

Se seleccionó fuentes bibliográficas que cumplen los criterios de inclusión y que comparan las diferentes técnicas para la identificación de *Salmonella spp*, los estudios seleccionados deben proporcionar datos cuantitativos y cualitativos que contribuyan a analizar de manera precisa y objetiva la identificación de *Salmonella spp* y sus diferentes cepas con técnicas manuales y automatizadas. Además, es fundamental que estos estudios ofrezcan resultados que permitan establecer correlaciones claras entre los dos parámetros mencionados con la finalidad de comprender esta interacción y sus implicaciones en un laboratorio clínico de Microbiología.

## Marco referencial

### Salmonelosis

Salmonelosis, originada por la bacteria *Salmonella*, es una patología de propagación alimentaria habitual en los seres vivos, perjudica anualmente a decenas de millones de personas a nivel mundial y genera más de cien mil muertes, las enfermedades gastrointestinales tienen mayor frecuencia en la consulta médica y están dentro de las primeras causas de muertes a nivel mundial, son un problema global de salud pública, las agrupaciones más vulnerables son niños y personas de edad avanzada (Marcillo et al., 2019).

Las infecciones agudas generadas por *Salmonella Entérica* tienen la capacidad de manifestarse como fiebre tifoidea, bacteriemia y gastroenteritis, llamándose invasiva aquella que atraviesa la barrera intestinal, en donde se genera un aislamiento positivo de *Salmonella* en lugares estériles como líquido cefalorraquídeo o peritoneal y en la sangre. Esta bacteria es capaz de invadir los enterocitos al impedir los enlaces estrechos, así como por endocitosis y pinocitosis. Después, se traslada a la placa de Peyer subyacente, diseminándose por el sistema reticuloendotelial (Parra et al., 2019). *Salmonella entérica* es el causante del 99 % de salmonelosis en personas. A nivel mundial se ha calculado más de 90 millones de casos anuales de gastroenteritis originados por los serotipos no tifoideos. *Salmonella Typhi* y *Salmonella Paratyphi* son los responsables de provocar la fiebre tifoidea y paratifoidea en el ser humano (Carbajo et al., 2024). La sintomatología empieza con una diarrea intensa de 3 a 7 días de

duración, vómitos, fiebre, náuseas, dolor abdominal y cefaleas, la gran parte de las personas sin ninguna enfermedad grave en su organismo, al contraer *Salmonella* se recuperan dentro de unos pocos días sin disponer de algún tratamiento médico, sin embargo, existen personas con un bajo sistema inmunológico, esto provoca que la persona tenga una sintomatología más fuerte y requiera atención médica y tratamiento urgente (Pérez et al., 2021).

### **Formas de contagio de *Salmonella spp***

El contagio de *Salmonella spp* se produce por una inadecuada alimentación. La ingesta de carne mal cocida o insalubre, el consumo de agua contaminada, la ingesta de verduras y frutas contaminadas, el huevo y sus derivados con escasa esterilización o en estado de descomposición, son los principales factores de riesgo para la propagación de esta bacteria (Ciguencia, 2021). Sin embargo, se puede originar el contagio de *Salmonella spp* y sus diferentes cepas por el contacto directo con animales o personas infectadas o falta de higiene personal como el lavado de manos antes de consumir alimentos (Pérez, et al., 2021).

*Salmonella* provoca enterocolitis aguda, con sintomatología leve y autolimitada en la mayor parte de las personas, además, puede manifestarse como una patología invasiva febril, habitualmente sin diarrea, infecciones locales o meningitis con bacteriemia, si no es diagnosticado y tratado a tiempo, puede ser mortal para la persona infectada (González et al., 2023). Para evitar su transmisión y contagio se debe realizar un adecuado lavado de manos antes y después de ingerir alimentos, tras cambiar pañales, tocar animales de la calle o sucios, sacar la basura, ir al baño y después de realizar alguna limpieza de campo (Marcillo et al., 2019).

### **El laboratorio y el diagnostico de *Salmonella spp* por métodos tradicionales y automatizados**

La identificación diagnóstica de las distintas cepas de *Salmonella spp* aportan una elevada utilidad para los estudios epidemiológicos, especialmente en los países en vías de desarrollo, en donde son más vulnerables a contraer infecciones de este agente bacteriano por su alta incidencia y prevalencia, debido a la inadecuada higiene personal y alimentaria, así como el pobre desarrollo socioeconómico. Desde la perspectiva clínica, esta enterobacteria tiene la capacidad de generar gastroenteritis autolimitada o infección sistémica que pueden poner en riesgo la vida del paciente (Cruz et al., 2022).

El coprocultivo es una técnica de elección para la identificación de infecciones bacterianas intestinales, debe ejecutarse por medio de heces fecales recién tomadas, en el caso de disponer de heces fecales frescas de realizar el cultivo de heces refrigeradas en la nevera y recolectadas en un medio de transporte de tipo Cary-Blair (Pérez et al., 2021). Los medios de cultivo son una técnica de diagnóstico en Microbiología que permiten el crecimiento de virus, microorganismos, tejidos vegetales, bacterias y células. Tienen propiedades selectivas y diferenciales para un adecuado crecimiento de *Salmonella spp* y sus diferentes cepas (Arévalo, 2021). Para una adecuada siembra en los medios de cultivo, se requiere de cuatro fases importantes; Pre-enriquecimiento no selectivo, enriquecimiento selectivo, asilamiento en medio sólido selectivo, finalmente por la confirmación con test bioquímicos (Pérez et al., 2021).

Las pruebas rápidas de cassette son técnicas manuales que utilizan suero fisiológico o plasma provenientes de muestras biológicas, es una prueba cualitativa que identifica anticuerpos de la bacteria de interés, posee una membrana de nitrocelulosa sensibilizada con antígenos recombinantes (Muñoz, 2020). El avance de la ciencia en el área del diagnóstico ha hecho que las técnicas de Biología Molecular, inmunológicas y colorimétricas se conviertan en las pruebas Gold Standard para la detección de diferentes analitos y agentes patógenos, debido a que son técnicas rápidas y precisas, generando resultados que van desde las 2 horas, con una alta sensibilidad y especificidad mayor al 90 %.

### Resultados

**Tabla 1.** Medios de cultivo utilizados para la identificación de *Salmonella spp* después del pre-enriquecimiento, estudios en los últimos 5 años.

| Autor/Referencia  | Tipo de muestra     | Medio de cultivo         | Características                                                                  | Resultado Positivo                                                                                     | Sensibilidad | Especificidad |
|-------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|
| (Arévalo, 2021)   | Muestras biológicas | Salmonella-Shigella (SS) | Medio selectivo y de diferenciación                                              | Colonias transparentes, de manera ocasional opacas, en algunos casos con una mancha negra en el centro | 100 %        | 36.6 %        |
| (Hernández, 2023) | Heces fecales       | Sangre                   | Medio enriquecido, no selectivo y diferencial                                    | Colonias grandes, grisáceas y lisas                                                                    | 69%          | 83%           |
| (Hernández, 2023) | Heces fecales       | MacConkey                | Medio de diferenciación, selectivo para el aislamiento de bacilos Gram negativos | Colonias grandes e incoloras                                                                           | 31.3 %       | 91.5 %        |
| (Ramos, 2022)     | Heces fecales       | HEA                      | Medio moderadamente selectivo y de diferenciación para bacilos Gram negativos    | Colonias verdes claro con precipitado negro                                                            | 73.9 %       | 96.6 %        |
| (Ramos, 2022)     | Heces fecales       | XLD                      | Medio selectivo y de diferenciación                                              | Colonias negras con centros rojos                                                                      | 67.4 %       | 97.1 %        |
| (Ramos, 2022)     | Heces fecales       | BBL CHROMagar            | Medio selectivo y de diferenciación                                              | Colonias color malva, convexas y con bordes regulares (rosado o morado)                                | 76.7 %       | 98.8 %        |
| (Ramos, 2022)     | Heces fecales       | CHROMagar plus           | Medio selectivo y de diferenciación                                              | Colonias color malva, convexas y                                                                       | 95.6 %       | 98.8 %        |

|                  |               |                 |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                 |        |         |
|------------------|---------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|
|                  |               |                 |                                                                                                                                          | con bordes regulares                                                                                                                                                                            |        |         |
| (Ramos, 2022)    | Heces fecales | DCLS            | Medio moderadamente selectivo                                                                                                            | Colonias coliformes incoloras, rosado pálido                                                                                                                                                    | 81.8 % | 72.8 %  |
| (Yaguapaz, 2023) | Heces fecales | BS              | Medio diferencial y selectivo para el aislamiento de <i>Salmonella enterica</i> serovar <i>thypi</i> y otras bacterias entéricas         | Colonias marrones, grises o negras, a veces con brillo metálico                                                                                                                                 | 78 %   | 43.5 %  |
| (Pérez, 2020)    | Heces fecales | Verde brillante | Medio altamente selectivo, sirve para el aislamiento de microorganismo de <i>Salmonella</i> excepto para <i>Salmonella serovar thypi</i> | Colonias pequeñas, incoloras, rosadas o fucsias, transparentes u opacas.                                                                                                                        | 90 %   | 80 %    |
| (Dávila, 2020)   | Heces fecales | XLT4            | Medio de cultivo selectivo y diferencial para <i>Salmonella</i> , con excepción de <i>Salmonella thypi</i> y <i>parathypi</i>            | Colonias negras o centradas en negro con una periferia amarilla después de 18 a 24 horas de incubación. Al seguir con la incubación las colonias son negras, rosadas o rojas con centro negros. | 100 %  | 98.59 % |

\* HEA- Agar Entérico Hektoen; \* XLD-Agar xilosa, lisina, desoxicolato; \* BBL CHROMagar- Agar de alcohol feniletílico en cultivo cromogénico no selectivo; CHROMagar



Plus- Agar en cultivo cromo génico no selectivo avanzado; \* DCLS-Agar desoxicolato, citrato, lactosa, sacarosa; \* BS-Agar bismuto sulfito; \* XLT4- Agar xilosa, lisina, Tergitol 4.

**Tabla 1.** Resultados de la investigación

**Tabla 2.** Identificación de *Salmonella spp* mediante diferentes técnicas moleculares, colorimétricas e inmunológicas en los últimos 5 años.

| <b>Autor/Referencia</b>  | <b>Nombre de la prueba</b>       | <b>Tipo de muestra</b>                                                   | <b>Método</b>              | <b>Sensibilidad</b> | <b>Especificidad</b> |
|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| (Sáez et al., 2022)      | C-PCR                            | Heces fecales                                                            | Molecular                  | 95 %                | 93 %                 |
| (Guerra, 2022)           | qPCR                             | Muestras de hisopados de superficie de contacto directo con alimentos    | Molecular                  | 100 %               | 98.59 %              |
| (González et al., 2022)  | PCR                              | Muestras de cultivo bacteriano y de tejidos biológicas de aves de corral | Molecular                  | 100 %               | 100 %                |
| (Casteñeda et al., 2022) | PCRTR-IMS                        | Muestras de carne de res presuntivas y contaminadas artificialmente      | Molecular                  | 98.2 %              | 100 %                |
| (Hernández et al., 2020) | PCR-múltiplex                    | Heces fecales                                                            | Molecular                  | 100 %               | 99.6 %               |
| (Batista et al., 2019)   | ELISA                            | Aguas superficiales procedentes de ríos                                  | Inmunológico               | 100 %               | 56 %                 |
| (Mejía, 2019)            | Rapid S. Typhi Antigen Test Card | Heces fecales                                                            | Inmunológico               | 99 %                | 97 %                 |
| (Burgos y Albert, 2019)  | VIA TECRA                        | Carne de pollo                                                           | Inmunológico               | 88 %                | 86 %                 |
| (Dávila, 2020)           | API 20E                          | Huevos de gallina de corral                                              | Bioquímico - colorimétrico | 98.6 %              | 100 %                |
| (Sandoval, 2021)         | VITEX 2 compact                  | Huevos de gallina de corral                                              | Colorimétrico              | 91.7 %              | 100 %                |

|               |                           |                     |                     |      |      |
|---------------|---------------------------|---------------------|---------------------|------|------|
| (Muñoz, 2020) | Prueba rápida en cassette | Muestras biológicas | Inmunocromatografía | 77 % | 89 % |
|---------------|---------------------------|---------------------|---------------------|------|------|

\* PCR-Reacción en cadena de la polimerasa; C-PCR-Prueba de proteína C reactiva; \* qPCR-Cuantitativa en tiempo real; \* PCRTR-IMS- Reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real acoplado a separación Inmunomagnética; \* PCR-múltiplex-Amplifica varias secuencias de ADN; \* VIA TECRA-Método screening inmunoensayo visual; \* API 20E-Sistema automatizado que permite identificar Enterobacterias y bacilos Gram negativos; \* VITEX 2 compact-Sistema automatizado de identificación y estudio para sensibilidad bacteriana.

### Discusión

Indiscutiblemente, el avance de la ciencia en el área del diagnóstico ha hecho que las técnicas de Biología Molecular se conviertan en las pruebas Gold Standard para la detección de diferentes analitos y agentes patógenos. Sin embargo, no todos los laboratorios están en la posibilidad de implementarlas, debido a los requerimientos en cuanto a infraestructura, equipamiento y alto costo de sus insumos y reactivos.

Como se puede observar en la tabla 1, el diseño de medios de cultivo también ha venido evolucionando, y se han desarrollado medios cromogénicos como el Chromagar plus, con una elevada sensibilidad (95.6%) y especificidad (98.8%), constituyéndose en un medio de cultivo de elección. De igual manera el medio XLT4 para *Salmonella*, tiene una muy buena sensibilidad (100%) y especificidad (98.59%), permitiendo el aislamiento de la bacteria no solo de muestras biológicas humanas, sino también de aves de corral.

Sin embargo, los medios de cultivo tradicionalmente utilizados mantienen niveles aceptables de sensibilidad y especificidad, por ejemplo, el *Salmonella-Shigella* Agar (S.S) presenta una sensibilidad del 100% y una especificidad del 36%, el medio Hecktoen Enteric Agar (HEA) tiene una sensibilidad del 73.9% y una especificidad del 96.6%. y el medio Xilosa.Lisina\_Desoxicolato (XLD) tiene una sensibilidad del 67.4% y una especificidad del 97.1%. Esta variación en cuanto a la sensibilidad y especificidad en estos medios de cultivo tradicionales ha requerido que se utilicen caldos de cultivo para la realización de pre-enriquecimientos selectivos, inhibiendo el crecimiento de bacterias distintas a la *Salmonella* o la *Shigella*, con muy buenos resultados. La ventaja de este método de diagnóstico es su bajo costo y fácil implementación en un laboratorio de análisis, pero su desventaja radica en el tiempo de respuesta, que puede variar entre las 24 y 48 horas.

En la tabla 2, se puede ver que indudablemente los métodos de Biología Molecular son los que tienen un mejor desempeño, por encima de los métodos inmunológicos y bioquímicos-colorimétricos. La técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) es la que tiene la mejor sensibilidad (100%) y especificidad (100%). Todas sus variantes como la Real time PCR (qPCR), la Multiplex PCR, la PCRTR-IMS que acopla una separación Inmunomagnética a la PCR, presentan sensibilidad y especificidad cercana al 100%. Si bien es cierto, el tiempo de respuesta de estos métodos sumamente rápido, su principal desventaja es el alto costo que implica su implementación en un laboratorio de diagnóstico.

En cuanto a los métodos indirectos como los inmunológicos, que rastrean anticuerpos específicos, el método Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), presenta una sensibilidad del 100% y una especificidad del 56%, el método Pathogen and Toxin Visual Immunoassay (VIA) mejora el desempeño de ELISA en cuanto a la especificidad (86%). También se observa el uso de métodos de Inmunocromatografía rápida como el Rapid *S. Typhi* Antigen Test Card, que tiene una sensibilidad del 99% y una especificidad del 97%. El apareamiento de los métodos indirectos, solucionaron el problema de identificar patógenos que no podían ser aislados en medios de cultivo o en modelos animales, bajo la premisa de que

la cantidad de anticuerpos producidos es directamente proporcional a la cantidad de antígenos. Sin embargo, se requiere que el individuo desarrolle la patología y el patógeno se multiplique para que los anticuerpos puedan ser detectados, siendo esta su principal desventaja.

Los métodos bioquímicos-colorimétricos, como el Analytical Profile Index (API), presenta una sensibilidad del 98.6% y una especificidad del 100%; y la utilización de métodos automatizados como el VITEK 2 compact presenta una sensibilidad del 91.7% y una especificidad del 100%. Para estos casos, la implementación de equipos automatizados de Microbiología también resulta costoso, pero reduce los tiempos de respuesta respecto a la bioquímica realizada con el sistema API.

### Conclusiones

Existen actualmente diferentes métodos para la identificación de *Salmonella* spp en el laboratorio de diagnóstico, desde los utilizados de manera tradicional como el uso de medios de cultivo, hasta los métodos de Biología Molecular, cada uno con sus ventajas y desventajas. No podemos dejar de ver los avances tecnológicos actuales, que han hecho que el diagnóstico clínico sea cada vez más preciso, sin embargo, esta tecnología no está al alcance de todos debido a los elevados costos que implica su implementación. El uso de medios de cultivo aún se mantiene como el método más utilizado, por su fácil implementación y su bajo costo, potenciado con el apareamiento de nuevos medios de cultivo como los cromogénicos, que facilitan el diagnóstico. La decisión sobre cuál método debe utilizarse, depende de las necesidades de cada laboratorio y de los recursos con los que se cuente, recalcando que, cualquiera que sea el método seleccionado, es sumamente importante contar con personal altamente capacitado que realice los análisis bajo las normas de calidad y control adecuadas.

### Referencias bibliográficas

- Arévalo, J. (2021). *PURIFICACIÓN DE LA PROTEÍNA PILA RECOMBINANTE DE UNA CEPA DE Salmonella AISLADA DE Cavia porcellus "CUY" CON SIGNOS DE SALMONELOSIS*. Tesis de Licenciatura, Universidad Ricardo Palma. Repositorio Digital. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/4469>
- Batista, L., Rosado, M., Gonzáles, I., & Villar, A. (2019). Implementación de una técnica de tamizaje para la identificación de *Salmonella* spp. en aguas superficiales. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 19(2), 1749-1754. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/344637878>
- Burgos, J. T., & Albert, C. L. (2019). Comparación de dos métodos rápidos para la detección de *Salmonella* spp. con un método convencional. *Revista Científica del Instituto Nacional de Salud*, 2(1), 9. <https://doi.org/https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7524>
- Carbajo, A., León, I., Pereboom, M., & Varela, M. d. (2024). Salmonelosis en España en el periodo prepandémico. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 28(2). <https://doi.org/https://www.renhyd.org/renhyd/article/view/2154/1241>
- Casteñeda, M., Guzmán, R., Valdez, B., & Josefina, L. (2022). Evaluación de la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real acoplado a separación inmunomagnética (PCRTR-IMS) como método alternativo para la detección rutinaria de *Salmonella* spp. en carne de res en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(3), 2-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i3.5997>
- Chacha, D. (2024). *"IDENTIFICACIÓN DE AGENTES BACTERIANOS EN CUYES (Cavia porcellus) CON SIGNOS RESPIRATORIOS EN EL SECTOR SANTAN DEL CANTÓN LATACUNGA"*. Tesis de Título Médico, Universidad Técnica de Cotopaxi. Repositorio Digital. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/12139>
- Cruz, Y., Águila, A., & Bravo, L. (2022). *Salmonella* sp., un patógeno importante en Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 74. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602022000200015](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602022000200015)

- Dávila, G. (2020). *“RENDIMIENTO DIAGNÓSTICO DEL MÉTODO DE CULTIVO HORIZONTAL ISO 6579:2002 FRENTE AL MÉTODO FDA-BAM PARA EL AISLAMIENTO DE Salmonella spp. EN OVOPRODUCTOS”*. Tesis de Licenciatura, Universidad Privada Norbet Wiener. Repositorio Digital. [https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/3768/T061\\_43022519\\_T.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13053/3768/T061_43022519_T.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Fernández, A. C. (2021). *“Revisión y análisis bibliográfico sobre Salmonella spp.”*. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/54356/TFG-M-N2556.pdf?sequence=1>
- González, C., Saez, V., & López, M. (2022). *Comparación entre las técnicas Coprocultivo y Reacción en Cadena de la Polimerasa en la detección de Salmonella typhi*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Chimborazo. Repositorio Digital. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10094>
- González, R., Vidal del Río, M., & Monsalve, A. (2023). Diagnóstico y transmisión de la infección alimentaria salmonelosis. *1Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 91(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.46377/dilemas.v2i10.3564>
- Hernández. (2023). *PREVALENCIA CASOS DE FIEBRE TIFOIDEA EN EL SALVADOR EN EL PERIODO DE ENERO A DICIEMBRE DE 2021*. Tesis de Licenciatura, Universidad de el Salvador. Repositorio Digital. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/32220>
- Hernández, J., Morales, C., & Núñez, M. (2020). Impacto de una PCR múltiple en el diagnóstico y tratamiento en pacientes con gastroenteritis infecciosa. *Revista Mexicana de Patología Clínica y Medicina de Laboratorio*, 3(67), 129-141. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.35366/96676>
- Marcillo, P., Murillo, M., Peñaherrera, I., & Parrales, G. (2019). Síndrome diarreico infeccioso causado por Salmonella spp. *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 3(3). [https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(3\).septiembre.2019.493-508](https://doi.org/https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(3).septiembre.2019.493-508)
- Mejía, N. (2019). *“DETERMINACIÓN DE Salmonella Typhi Y SU RELACIÓN A ENFERMEDADES DIARREICAS EN LOS COMERCIANTES DEL MERCADO MAYORISTA DE LA CIUDAD DE AMBATO”*. Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato. Repositorio Digital. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29703/2/Xavier%20Coba%2c%20Final.pdf>
- Muñoz, M. (2020). *Detección de Patógenos Entéricos con PCR múltiple en niños menores de cinco años que acudan por diarrea aguda al servicio de urgencias. Experiencia del hospital Miguel Hidalgo*. Tesis de especialidad, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Repositorio Digital. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/1822/441128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Parra, V., Rondón, C., & García, C. (2019). SALMONELOSIS INVASIVA EN UN HOSPITAL DE LIMA, PERÚ. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 36(3). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2019.363.4330>
- Pérez, E. (2020). *IDENTIFICACIÓN BACTERIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS GRAM NEGATIVAS PRESENTES EN CONEJOS CON PROBLEMAS GASTROINTESTINALES*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México. Repositorio Digital. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/138262/Tesis%20Bacterias%20KEPV.pdf?sequence=1>
- Sandoval, C. (2021). *Frecuencia de genes blaKPC, blaIMP, blaVIM y blaNDM en aislados clínicos de bacterias Gram negativas productoras de carbapenemasas provenientes de hospitales de la Red Nacional de Bacteriología durante los años 2014-2019*. Tesis de

- Maestría.* Repositorio Digital.  
<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9392/1/250156.pdf>
- Villavicencio, J. (2021). *GENOTIPIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE DETERMINANTES GENÉTICOS DE RESISTENCIA ANTIMICROBIANA EN SALMONELLA INFANTIS blaKPC AISLADAS EN ECUADOR. Tesis de Maestría, Universidad Internacional SEK.* Repositorio Digital.  
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4472/1/Tesis%20definitiva-Fernando%20Villavicencio.pdf>
- Yaguapaz, A. (2023). *“AISLAMIENTO Y EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS ANTIMICROBIANOS EN Salmonella spp. A PARTIR DE HISOPADOS RECTALES Y TEJIDOS DE CUYES (Cavia porcellus) EN CRIADEROS DE LOS CANTONES PUJILÍ Y LATACUNGA DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”.* Tesis de Licenciatura.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/10612/1/PC-002684.pdf>