

CONSTRUCCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO  
CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA USADA  
EN HORTICULTURA EN EL DEPARTAMENTO  
LIBERTADOR GENERAL SAN MARTÍN, CHACO

Tesista: M.V. Oscar Ricardo Arzú

Tesis de Maestría

Presentada a la Facultad de Humanidades de la  
Universidad Nacional del Nordeste  
para aspirar al título de  
MAGISTER EN METODOLOGÍA DE LA  
INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

**Directora:** Dra. Silvia Irene Boehringer

**Codirectora:** Dra. Ana María D'Andrea

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE

21 de diciembre, 2020

## **Agradecimientos**

A la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste, al Sr. Secretario Académico M.V. Manuel Estéban Trujillo, por haberme ofrecido y brindado la posibilidad de acceder a una beca para cursar la Maestría.

A la Universidad Nacional del Nordeste por otorgarme la beca.

A mi Directora y Co-Directora por depositar su confianza, paciencia y orientación.

A todos los productores hortícolas que facilitaron la tarea para el desarrollo de este trabajo.

## Resumen

**Palabras claves:** acuífero-horticultura-contaminación-indicadores microbiológicos

La contaminación de los cuerpos naturales de agua subterránea en los sistemas productivos agropecuarios es una problemática que se presenta en la actualidad, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que los desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o pobremente tratados y a la incorporación de microorganismos contaminantes.

Para determinar la calidad microbiológica de los ecosistemas acuáticos, se utilizan las bacterias denominadas indicadoras. Entre las más utilizadas se encuentran los *coliformes totales* y de origen fecal o termotolerantes. En las zonas rurales, los establecimientos familiares cuentan únicamente con perforaciones para el abastecimiento de agua subterránea, para fines agrícolas ganaderos y para consumo humano. El agua extraída no se somete a procesos de potabilización ni a monitoreos sistemáticos de su calidad sanitaria. Los objetivos de este estudio fueron establecer la presencia de tales indicadores, en una zona rural y evaluar la calidad microbiológica del agua utilizada para consumo humano y riego en establecimientos familiares de producción hortícola localizados en el Departamento Libertador General San Martín en la Provincia del Chaco. Se realizaron análisis bacteriológicos para detectar la presencia de bacterias indicadoras del grupo *coliformes* y *coliformes fecales* (*Escherichia coli*) como causal de contaminación en fuentes de aguas subterráneas a partir de perforaciones. En el 67 % de las muestras analizadas (n = 21) se detectó la presencia de *coliformes* en un Número Más Probable (NMP) mayor al límite exigible por la reglamentación nacional para el agua de consumo humano y una muy baja densidad de *coliformes* de origen fecal, solo el 14 % del total de muestras positivas a *coliformes*. El 33 % restante de las muestras resultaron aptas para el consumo humano. Además, los resultados indican que un 71 % de las siete perforaciones estudiadas proveen agua con por lo menos un indicador que supera los parámetros exigibles para el consumo humano y dos de ellas, un 29 % resultaron con agua apta. De acuerdo a lo normatizado en el Código Alimentario Argentino en función de las exigencias de admisibilidad para el agua potable, los resultados obtenidos en las chacras de los pequeños productores frutihortícolas, demuestran ineptitud del agua para el consumo humano en un porcentaje significativo. Se construyó el objeto de investigación que dió origen a los componentes constitutivos de la matriz de datos.

## Indice

Resumen.....	3
Introducción.....	5
Antecedentes o estado del arte.....	11
Norma Nacional relativa al agua potable .....	21
Objetivos.....	22
Justificación.....	22
Formulación del Problema.....	23
Diseño metodológico.....	25
Materiales y métodos.....	26
El sistema de matrices de datos.....	26
Campo de análisis.....	28
Metodología de Laboratorio.....	37
Matriz de datos.....	40
Resultados.....	41
Discusión.....	46
Conclusión.....	49
Reflexión metodológica.....	54
Bibliografía.....	59

### Lista de tablas

Tabla N°	Contenido	
1	Resultados de los análisis bacteriológicos de las siete perforaciones (Pf) analizadas.....	42
2	Ubicación geográfica y entorno demográfico de las perforaciones (Pf) .....	43
3	Régimen de lluvia en el entorno de las Pf estudiadas para cada muestreo .....	44
4	Recursos edáficos, caracteres organolépticos y uso del agua de las Pf estudiadas .....	45

### Lista de figuras

Figura N°	Contenido	
1	Mapa del Dpto. Libertador Gral. San Martín .....	30
2	Regiones de producción hortícola en la provincia del Chaco.....	30
3	Imagen satelital del área de estudio .....	30
4	Actividades productivas - régimen pluviométrico .....	31
5	Características físicas de los suelos de la provincia del Chaco.....	32
6	Tabla de probabilidades para el cálculo del Número Más Probable (NMP) de bacterias <i>coliformes</i> .....	39
7	Muestras No aptas y Aptas para el consumo.....	43

### Anexos

Anexo 1	Ficha N° 1: Instructivo para desinfección de pozos.....	57
Anexo 2	Ficha N° 2: Instructivo para la desinfección de tanques y cisternas.....	58

## Introducción

La región del Nordeste Argentino (NEA), formada por las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes y Misiones, es una productora frutihortícola que produce principalmente para el mercado interno, especialmente Buenos Aires y otros mercados regionales como Rosario, Santa Fe, Corrientes y Resistencia. Se destacan dos sistemas productivos: cultivos protegidos o también llamados bajo tendalero, con fuerte presencia en Corrientes, y cultivos al aire libre, predominantes en Chaco y Formosa.

Una de las principales zonas productoras de hortalizas en la provincia del Chaco es el Departamento Libertador General San Martín con un cinturón de producción de aproximadamente 2000 hectáreas, principalmente cultivan cucurbitáceas, choclo, melón, sandía, mandioca y verduras de hoja.

En la horticultura, uno de los factores o insumo primario de producción principal es el agua que se utiliza para riego. La mayoría de los productores tienen asegurado su abastecimiento mediante la utilización de perforaciones que les suministran agua de caudal adecuado y en aparentes condiciones de aptitud, concepto que les surge fundamentalmente de la apreciación sensorial de sus características organolépticas, esa circunstancia generalmente les hace suponer su buena calidad para el riego y otros usos como el consumo humano, siendo que no siempre las condiciones de potabilidad son las adecuadas.

Una de las preocupaciones principales vinculada al agua, no es en principio el riego, sino el problema de utilización de agua para consumo humano, proveniente de esas únicas fuentes de provisión.

El agua es un factor clave en todas las actividades realizadas por el hombre, entre ellas la agricultura. En la medida que la sociedad demande cada vez mayores cantidades de agua de buena calidad, la utilización del agua subterránea será de gran importancia para satisfacer esta demanda y para responder a las necesidades del desarrollo municipal, industrial y agrícola (Ortiz y Martínez, 2000).

El volumen total del agua en el mundo permanece constante. Lo que cambia es la calidad y la disponibilidad. El agua está permanentemente reciclándose, en un sistema conocido como el ciclo del agua o ciclo hidrobiológico. En términos de volumen total, el 97,5 % del agua del mundo es salina con un 99,99 % de ella encontrándose en los océanos, el resto forman los lagos salinos. Esto significa que solamente el 2,5 % del volumen de agua en el mundo es actualmente agua no salina. Sin embargo, no toda esa

agua dulce está disponible para el consumo humano. Alrededor del 75 % de esta agua dulce está inmovilizada en los casquetes polares y en los glaciares, además un 24 % está localizada en el subsuelo como aguas subterráneas, lo que significa que menos de un 1 % del total del agua dulce se encuentra en lagos, ríos y en el suelo. Por lo tanto, solamente se cuenta con el 0,01 % del agua del mundo en lagos y ríos, con otro 0,01 % presente como humedad en el suelo pero sin disponibilidad como abastecimiento para los humanos. Económicamente el agua subterránea es mucho más barata que el agua superficial ya que está disponible en el punto de demanda a un costo relativamente bajo y no requiere la construcción de embalses o largas conducciones (Gray, N.F., 1996).

Una medida para satisfacer su demanda para riego en la agricultura es la extracción de agua subterránea mediante pozos profundos. Éstas son percibidas como menos vulnerables a la contaminación que el agua superficial, debido a la capacidad de filtración natural del suelo desde la superficie y de la distancia que los microorganismos tendrían que recorrer para alcanzar la fuente subterránea. Sin embargo, los pozos en áreas rurales son susceptibles a la contaminación debido a su poca profundidad, escaso mantenimiento, ya que pueden estar cerca de áreas con cargas de heces humanas o de animales. El agua utilizada en las propiedades rurales es considerada un importante factor de riesgo para la salud de los seres humanos que la utilizan. La adopción de medidas preventivas, destinadas a la preservación de las fuentes de agua, y el tratamiento de las aguas ya comprometidas, son las herramientas necesarias para disminuir considerablemente el riesgo de ocurrencia de enfermedades de transmisión hídrica (Do Amaral, Nader Filho, Rossi Junior, Alves Ferreira y Soares Barros, 2003).

También cita Girón (2011) en su trabajo de Tesis realizando una evaluación y mapeo de la calidad del agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano que “la contaminación del agua subterránea puede considerarse más grave que la del agua superficial, debido a que el flujo lento y volúmenes grandes en los acuíferos, limitan la eliminación de la contaminación en éstos, pues se necesita mucho tiempo para que se renueve completamente el agua contenida en ellos, e incluso entonces el problema persiste por las sustancias que quedaron absorbidas en los mismos”.

El agua dulce además de ser un recurso natural, finito, considerado bien común, importante e indispensable, elemento clave del desarrollo sostenible; presenta los problemas derivados de una irregular distribución regional y del creciente deterioro en su calidad por acciones antrópicas en algunas zonas del planeta, aspectos que

constituyen límites al desarrollo socio-económico y productivo de los pueblos (Pérez Carrera, Moscuza y Fernández Cirelli, 2008).

Existen distintas exigencias para la calidad en función de los diversos usos del recurso. La calidad higiénica del agua queda definida por su composición microbiológica y el conocimiento de los efectos que puede causar, permitiendo de esta forma establecer posibilidades de utilización que se refleja en la aptitud requerida para cada uso: consumo humano, animal y riego, entre otros. El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la calidad de las fuentes naturales, de manera que se garantice su sostenibilidad y aprovechamiento para las futuras generaciones.

Las bacterias que se encuentran más frecuentemente en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por lo tanto su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas. Debido a que su detección y recuento a nivel de laboratorio son lentos y laboriosos, se ha usado el grupo de las bacterias *coliformes* como indicadores, ya que su detección es más rápida y sencilla (Arcos Pulido, Avila, Estupiñán Torres y Gómez Prieto, 2005). Un indicador podría definirse como un organismo que nos informa acerca de las condiciones y/o características al sistema al que pertenece (De La Lanza, Hernández, y Carbajal, 2000).

Las aguas y los alimentos contaminados con microorganismos constituyen un vehículo de transmisión de enfermedades infecciosas; por otra parte, el desarrollo microbiano destruye grandes cantidades de alimentos, causando problemas económicos y una considerable pérdida de importantes nutrientes. El control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente se lleva a cabo mediante el recuento de bacterias o grupos de ellas indicadoras de contaminación fecal. El recuento de estas bacterias es también utilizado para valorar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación. No existe un indicador universal, por lo que se debe seleccionar el más apropiado para la situación específica en estudio (Suárez, P.M., 2002).

También hacen referencia Arcos Pulido, Ávila, Estupiñán Torres y Gómez Prieto (2005a) que “la calidad sanitaria del agua está basada en la cantidad de organismos indicadores. Los microorganismos indicadores son aquellos que tienen un comportamiento similar a los patógenos, así como su concentración y reacción frente a factores ambientales, pero son más fáciles, rápidos y económicos de identificar”

Fariñas y Torres (2007) indican que “dentro del rango de los indicadores se encuentra el grupo de bacterias *coliformes*, *Escherichia coli*, *Bifidobacterium sp.*, *Clostridium perfringens*, el grupo *estreptococos fecales* y además virus bacterianos como los *colifagos*. Estos microorganismos se encuentran formando parte de la microbiota del tracto gastrointestinal del hombre y de los animales de sangre caliente; son excretados en sus heces, de ahí que su presencia en el ambiente indica contaminación de origen fecal y el riesgo de aparición de gérmenes patógenos”.

La contaminación de los cuerpos naturales de agua es una problemática que se presenta en la actualidad, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que los desechos domésticos e industriales se vierten a estos ecosistemas acuáticos sin tratamiento previo o pobremente tratados y por lo que constituyen una fuente constante de deterioro del medio ambiente. Para determinar la calidad microbiológica de los ecosistemas acuáticos, se utilizan las bacterias indicadoras de contaminación fecal. Entre las más utilizadas se hallan los *coliformes*. El empleo de estas bacterias para la evaluación de la calidad del agua ha sido aceptado ampliamente en países de clima templado. Los *coliformes fecales* son microorganismos con una estructura parecida a la de una bacteria común que se llama *Escherichia coli* y habitan, normalmente, en el intestino del hombre y en el de otros animales. Hay diversos tipos de *Escherichia coli*; algunos no causan daño en condiciones normales y otros pueden, incluso, ocasionar la muerte. Formas patógenas de *Escherichia coli* y de otras bacterias (que por tener forma similar se denominan genéricamente *coliformes fecales*) se transmiten, entre otras vías, a través de las excretas, y comúnmente, por la ingestión o el contacto con agua contaminada (Mora y Calvo, 2010).

No se conocen estudios efectuados en el cinturón de producción hortícola, concordante con la zona rural elegida para el estudio del Dpto. Libertador Gral. San Martín, en la provincia del Chaco, sobre contaminación del recurso hídrico, de ahí la novedad del presente estudio, en el cual proyecté conocer la situación actual y los riesgos de contaminación que puedan afectar a las fuentes de agua que utilizan los productores para riego y consumo, teniendo en cuenta el creciente desarrollo productivo

que se viene dando en la zona, como lo es el incremento en las actividades agropecuarias. El estudio se llevó a cabo evaluando la contaminación microbiológica, para lo que se recurrió a la metodología que pone en evidencia a indicadores como el grupo de las bacterias *coliformes* y *coliformes fecales*, considerados como uno de los problemas más conocidos como causantes del deterioro de las fuentes de provisión de agua y que a la vez son agentes contaminantes con la probabilidad de que sean la causa de presentar un efecto adverso para la salud, como consecuencia de uno o varios de estos peligros presentes en el agua.

Mi vinculación con este nudo problemático tiene base en mi actividad profesional y académica ya que me desempeño como Director del Servicio de Análisis de Alimentos y Aguas anexo a la cátedra de Bromatología e Higiene Alimentaria, de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste, lo que me involucra básicamente con las teorías, conceptos y experiencia personal relacionados a la microbiología del agua.

La calidad higiénica del agua es importante no sólo desde el punto de vista del consumo animal y riego en agricultura, sino también desde el punto de vista de la población, como agua destinada al consumo humano, tal es la que se utiliza en la región de nuestro estudio, se puede señalar que el agua tiene una ajustada relación con los sistemas de producción agropecuaria que se refleja en la aptitud o calidad microbiológica requerida para cada uso; por esta razón, se pueden encontrar diferentes criterios de calificación y clasificación, según se utilice para consumo humano, ganadería o riego. Dadas las distintas actividades agrícolas-ganadera que se desarrollan en las unidades productivas de la zona y que en ellas las mismas fuentes de agua se utilizan también para consumo humano se hace necesario tratar de preservar y proteger a las mismas mediante vigilancia y evaluaciones permanentes con el fin de conocer alertas tempranas que permitan evitar una alteración importante o irreversible de la calidad en las fuentes de agua, como asimismo se puedan facilitar procesos que permitan aplicar una eficaz acción correctiva para conseguir una exitosa forma de realizar ajustes cuando exista una tendencia de deterioro de la fuente, tomando una acción para prevenir su repetición.

Samaja (2002) manifiesta que la investigación científica constituiría el método que los integrantes de las comunidades científicas emplean para cerrar las brechas que se abren en sus sistemas de creencias, como resultado de la aplicación de ese mismo método. Sin embargo, a esta visión académica de lo que comporta la investigación

científica, se le agrega otra perspectiva, más ligada a la práctica profesional. Se sabe que las prácticas profesionales (del arquitecto, del médico, del trabajador social, del ingeniero, etc., etc. me permito agregar al veterinario), necesitan de la ciencia. Pero, ¿no es acaso el ejercicio mismo de esa práctica profesional parte integrante del proceso de investigación científica? Más aún: la Ciencia, ¿no es, acaso una sistematización conceptual de los logros tecnológicos?

En este sentido, la formación profesional derivada de mi actividad en el área de la microbiología de aguas, integrando grupos consolidados por autoridades competentes (SGCyT – UNNE) en microbiología de agua, donde hemos encarado y publicado trabajos que nos permitieron conocer las características de las aguas subterráneas que se emplean, tanto para consumo humano como para usos agropecuarios, nos permitió contribuir a caracterizar las aguas, a obtener un mejor conocimiento respecto de su calidad y a proponer estrategias de acción tendientes a mantener con la menor contaminación las fuentes de agua analizadas.

## **Antecedentes o estado del arte**

En este apartado consideraré el contexto del conocimiento previo que analicé antes de tomar el tema de estudio, que me permitió finalmente formular la idea sobre el problema de la investigación y fue el punto que en definitiva también disparó las preguntas que me realicé en el marco del problema a resolver.

Debo aseverar que coincidí con la afirmación de Molano Camargo, Pantoja Villarreal y Rincón Salazar (1999), cuando refieren que “dentro del proceso metodológico el Estado del Arte representa el primer insumo, y tal vez el más importante, para la iniciación de cualquier tipo de investigación, ya sea planteada dentro de una ciencia tradicional o de los nuevos tipos de metodología, interdisciplinaria y flexible, basada en la investigación acción, la etnometodología, entre otras. En tanto que su elaboración contribuye al desarrollo de destrezas, como la documentación, el análisis, la comparación de métodos y de resultados. En fin, la producción de estos dispositivos de saber configuran una formación crítica, en el orden del conocimiento disciplinar, temático y metodológico”

El agua subterránea constituye una fuente relevante de agua dulce necesaria para la vida, el medio ambiente y el desarrollo de los pueblos. Este recurso se caracteriza tanto por su finitud como por su vulnerabilidad, aspectos aparentemente ignorados por el hombre que continúa contaminándolo y alterando sus cualidades. La demanda mundial de agua dulce ha crecido en correlación con la población mundial, pero el sector agropecuario ha aumentado sensiblemente la explotación de los acuíferos, en particular para riego de cultivos, que insumen el 70 % del total (Vivot, E.P. *et al.*, 2010).

El aumento del uso del agua para diferentes fines y el crecimiento de la población a nivel mundial han contribuido al incremento de los niveles de contaminación de los sistemas acuáticos. La contaminación de estos ecosistemas es una problemática que se presenta en la actualidad, debido al constante vertimiento de desechos domésticos e industriales que constituyen una fuente de deterioro del medio ambiente. El control de la calidad microbiológica del agua de consumo y de vertido, requiere de análisis dirigidos a determinar la presencia de microorganismos patógenos. La alternativa para realizar un control fiable, económico y rápido de la calidad microbiológica del agua es el uso de indicadores de contaminación fecal. Entre los indicadores de contaminación fecal más utilizados se encuentran los coliformes totales y

termotolerantes, *Escherichia coli* (Larrea Murrell, Rojas Badía, Romeu Álvarez, Rojas Hernández y Heydrich Pérez, 2013).

La actividad agropecuaria anhela como cualquier empresa, obtener un ingreso estable y creciente, minimizando riesgos; lo que logrará incrementando la producción, bajando costos, conservando los recursos y cuidando la calidad del medio ambiente (Pomareda, C.,1995).

En el medio rural, las principales fuentes de abastecimiento de agua son los pozos rasos y manantiales, fuentes bastante susceptibles a la contaminación. En el Reino Unido, después de analizar muestras de agua de fuentes privadas, se verificó que el 100% de las muestras de los pozos y el 63% de los manantiales estaban fuera de los patrones de potabilidad, representando un riesgo considerable para la salud de los consumidores (Fewtrell, Kay, y Godfree, 1998).

El aumento sostenido de la actividad agrícola y ganadera, con aplicación de purines, puede influir de forma significativa tanto en la química de la atmósfera, suelo, como en el agua de escorrentía superficial y napas freáticas (Oyarzún, Godoy y Leiva, 2002)

El agua en sitios agropecuarios representa una gran parte del volumen total de los desechos generados por actividades lecheras y ganaderas, 46% del total de los residuos corresponden a agua de precipitación, 29% a agua utilizada en faenas de limpieza y sólo 25% corresponde a fecas y orina, aspectos que tienen especial relevancia para la salud en zonas de elevada precipitación (Salazar, F. *et al.*, 2003).

La calidad del agua puede variar con gran rapidez, por ejemplo, la lluvia puede hacer aumentar la contaminación microbiana en aguas de origen y son frecuentes los brotes de enfermedades después de periodos de precipitaciones, circunstancia que debe tenerse en consideración al interpretar los resultados de los análisis (OMS, 2006).

La contaminación del agua subterránea puede ocurrir en forma natural, pero la contaminación crítica, es usualmente el resultado de las actividades humanas (Ongley, E. 1997).

La salud de un ecosistema acuático es esencial y no depende solo de la cantidad de agua, sino de su calidad (Díaz, Esteller y López, 2005).

El agua usada en la producción proviene principalmente de tres fuentes con distintas probabilidades de contaminación con microorganismos asociados con heces: agua potable del suministro público/municipal/provincial, agua subterránea y agua superficial.

Los suministros de agua públicos como el agua potable municipal, hacen que el agua sea tratada y monitoreada por la empresa de servicios públicos. El agua que fue analizada para verificar que cumple con los criterios de agua potable tiene un menor riesgo.

El agua subterránea, por ejemplo el agua de pozo o perforación, es generalmente menos probable que se contamine con microorganismos asociados con heces que el agua superficial. A medida que el agua se filtra a través de capas de tierra, arcilla y roca, la carga microbiana es reducida antes de que alcance los mantos acuíferos subterráneos. Debido a que las fuentes de agua subterránea pueden variar ampliamente en términos de calidad del agua y construcción de pozos, el agua subterránea se coloca en el centro de este diagrama. Un pozo bien construido que es analizado de forma regular y muestra que cumple con los criterios microbiológicos, puede ser tan seguro como los suministros públicos de agua, pero el agua subterránea que está sujeta a contaminación por el entorno del medio en la superficie, puede tener riesgos similares a los del agua superficial. Si los pozos no están tapados y están expuestos al ambiente, el agua es más vulnerable a la contaminación. Los pozos poco profundos, agrietados o mal construidos, también son vulnerables a la contaminación. Incluso si un pozo está construido adecuadamente y tiene buen mantenimiento, aún es posible que el manto acuífero desde el que se alimenta se contamine. Por ejemplo, una fosa séptica y un campo lixiviado cerca del pozo podrían representar una seria amenaza a la calidad del agua subterránea. Una recomendación general de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) es ubicar los sistemas sépticos al menos a 30 metros de la cabeza del pozo y siempre al norte. Esta práctica ayuda a prevenir la contaminación de la fuente de agua. Si el pozo también es usado para obtener agua potable, ésta debe analizarse para demostrar su potabilidad (Produce Safety Alliance, 2018).

Se está tomando conciencia de que las frutas y verduras frescas o mínimamente procesadas pueden ser fuentes de bacterias, virus, protozoos y helmintos que causan enfermedades. El riego con agua de mala calidad es una de las formas en que las frutas y hortalizas pueden contaminarse con patógenos transmitidos por los alimentos. El agua subterránea, el agua superficial y las aguas residuales humanas se utilizan comúnmente para el riego. El riesgo de transmisión de enfermedades por microorganismos patógenos presentes en el agua de riego está influenciado por el nivel de contaminación; la persistencia de patógenos en el agua, en el suelo y en los cultivos; y la ruta de exposición. El agua subterránea es generalmente de buena calidad microbiana, a menos

que esté contaminada con escorrentía superficial; las aguas residuales humanas suelen ser de muy baja calidad microbiana y requieren un tratamiento extenso antes de que puedan usarse de manera segura para regar los cultivos; el agua superficial es de calidad microbiana variable (Steele y Odumeru, 2004).

Conboy y Goss (2000) citan que la deposición diaria de residuo orgánico animal en el suelo, práctica muy extendida en el medio rural, aumenta el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. El desecho bovino depositado en el suelo representa riesgo de contaminación de las fuentes de agua, ya que estos animales son reservorios de diversos microorganismos como *Cryptosporidium parvum* y *Giardia sp.*, causantes de enfermedades humanas. Esto muestra el papel de estos animales en la contaminación ambiental por estos importantes patógenos de transmisión hídrica (Fayer, Trout, Graczky y Lewis, 2000).

La seguridad alimentaria y del agua es una de las principales preocupaciones internacionales. Entre los grupos de alimentos implicados con mayor frecuencia en los últimos años como causantes o asociados con enfermedades entéricas en los seres humanos se encuentran las frutas y verduras crudas. Los brotes de enfermedades causadas por bacterias infecciosas y toxigénicas, así como parásitos y virus, se han documentado como resultado del consumo de productos contaminados. Las fuentes de contaminación de los productos antes de la cosecha incluyen el estiércol, los lodos de depuración, el agua de riego, el agua de escorrentía de las explotaciones ganaderas y los animales salvajes y domésticos (Beuchat, L.R., 2006).

En una publicación, expresan Rodríguez, Asmundis, Ayala y Arzú (2018) que los procedimientos para el monitoreo de la calidad del agua requieren de una evaluación microbiológica mediante el uso de organismos indicadores, como son las bacterias *coliformes totales* o *fecales*. El grupo de tales microorganismos se aplica como prueba general de monitoreo de calidad del agua. Esto provee información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente. En agua de pozo la cantidad del Número Más Probable (NMP) de *coliformes fecales* varió según los distintos puntos de muestreo y entre las diferentes fechas de toma de muestra. El mayor valor registrado fue en primavera, en todos los puntos de muestreo. En relación al agua de perforación, se observó que en algunos muestreos, no hubo registro de presencia de *coliformes fecales*. La experiencia ha demostrado que la densidad del grupo de los *coliformes* es un indicador del grado de contaminación y, por tanto, de la calidad sanitaria. Tanto el significado de las pruebas como su interpretación están bien precisados y se han

utilizado como patrones de comparación de la calidad bacteriológica de los suministros de agua.

El grupo de bacterias *coliformes*, es el principal indicador de la adecuación del agua para usos domésticos, industriales o de otro tipo. Las reacciones de cultivo y las características de este grupo de bacterias han sido profusamente estudiadas. Se presentan métodos para diferenciar el grupo *coliforme*, diferenciación que, en general, se considera de valor limitado en lo que se refiere a la evaluación del agua potable, ya que la existencia de cualquier bacteria coliforme la hace potencialmente peligrosa.

Las bacterias del grupo de los *coliformes* se encuentran en el intestino y en las heces de los animales de sangre caliente: entre ellas suele haber gérmenes capaces de producir gas a partir de la lactosa en un medio de cultivo adecuado a  $44,5 \pm 0,2$  °C. (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005).

Un parámetro empleado para evaluar la calidad del agua para consumo humano es el número de bacterias *coliformes*, las cuales son indicadoras de la posible contaminación con material fecal, ya que comúnmente habitan el tracto digestivo de animales y humanos, aunque también se encuentran en otros ambientes. La presencia de *coliformes* también constituye una alerta de la contaminación posible con microorganismos más patógenos como *Salmonella*, *Vibrio cholerae* y especies de *Shigella* que son transmitidos por el agua. Las fuentes de contaminación del agua con bacterias *coliformes* pueden ser varias, incluyendo el agua de escurrimiento desde los lotes de encierro de los animales, la aplicación de abonos y las filtraciones desde los tanques sépticos (Baccaro *et al.*, 2006).

El riesgo de ocurrencia de brotes de enfermedades de transmisión hídrica en el medio rural es alto, principalmente en función de la posibilidad de contaminación bacteriana de aguas que muchas veces son captadas en pozos viejos, inadecuadamente vedados y cercanos a fuentes de contaminación, como fosas y áreas de vegetación con pastos ocupados por animales (Stukel, Greenberg, Bradley, Reed y Jacobs, 1990).

El grupo de microorganismos *coliformes* es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que éstos son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección. Los microorganismos que conforman el

grupo de los *coliformes*; *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, y *Citrobacter*, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales; los *coliformes fecales* (*Escherichia coli*) son de origen intestinal (Canosa, A., 1995). Todos pertenecen a la familia *Enterobacteriaceae*, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulantes, fermentadores de lactosa con producción de gas; constituyen aproximadamente el 10% de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales. Los *coliformes fecales* se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Pues, sería una forma mas apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los *coliformes totales* por la característica de crecer a una temperatura superior. La capacidad de reproducción de los *coliformes fecales* fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. (Prescott, Harley y Klein, 1996).

En las zonas rurales, los establecimientos familiares suelen contar únicamente con pozos para el abastecimiento de agua subterránea, para fines agropecuarios y consumo humano. El agua extraída generalmente no se somete a procesos de potabilización ni a monitoreos sistemáticos de su calidad, el monitoreo y el trabajo conjunto con los productores son herramientas fundamentales para mitigar esta problemática (Ortiz, Ferrari, Giménez, y Raffellini, 2017).

Al determinar la presencia de bacterias *coliformes* estamos poniendo en evidencia “microorganismos indicadores” de contaminación fecal y la probable existencia de bacterias patógenas provenientes del tubo digestivo de enfermos y/o portadores. Por ello, en el control de aguas de suministros, dada la gran cantidad de muestras a procesar y la necesidad de obtener resultados rápidos, la determinación de bacterias *coliformes* constituye un método de suma utilidad. Es necesario precisar que en las materias fecales del hombre y de animales de sangre caliente pueden encontrarse todos los *coliformes*, pero que mientras algunos se pueden desarrollar normalmente en el agua y suelo, otros solamente pueden hacerlo en el tubo digestivo. Por ello, la presencia de estos últimos significa que existe obligadamente una contaminación de origen fecal, mientras que los primeros no necesariamente indican ese tipo de contaminación (Mayer, H.F., 1986).

Debido a que un gran número de enfermedades son transmitidas por vía fecal-oral utilizando como vehículo los alimentos y el agua, es necesario contar con microorganismos que funcionen como indicadores de contaminación fecal. Éstos deben

de ser constantes, abundantes y exclusivos de la materia fecal, deben tener una sobrevivencia similar a la de los patógenos intestinales y deben ser capaces de desarrollarse extraintestinalmente. El grupo *coliforme* es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en aguas potables, por lo que el grupo *coliforme* se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua; conforme mayor sea el número de *coliformes* en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente. Cuando los *coliformes* llegan a los alimentos, no sólo sobreviven, sino que se multiplican, por lo que en los alimentos el grupo *coliforme* adquiere un significado distinto al que recibe en el agua. En productos alimenticios que han recibido un tratamiento térmico (pasteurización, horneado, cocción, etc.), se utilizan como indicadores de malas prácticas sanitarias. Los microorganismos *coliformes* constituyen un grupo heterogéneo con hábitat primordialmente intestinal para la mayoría de las especies que involucra (Camacho, A., 2009).

Los microorganismos patógenos pueden introducirse al agua y ser propagados fácilmente a través de ella; por ello, entender los riesgos asociados con el agua es importante para reducir los mismos. Sin agua no habría productos agrícolas frescos, así que saber cómo manejar la calidad del agua y su uso adecuado en la huerta es muy importante para reducir peligros que puedan poner en riesgo la inocuidad durante la producción de frutas y vegetales. Si el agua está contaminada, y, si es aplicada directamente a los productos agrícolas frescos puede transferir microorganismos, incluyendo patógenos potenciales (Produce Safety Alliance, 2018).

Valenzuela, Godoy, Almonacid y Barrientos (2012), revelan que en los pozos profundos durante gran parte del estudio no presentaron *coliformes* totales y *Escherichia coli*, exceptuando el mes de mayo. Esto se podría explicar por la lejanía de fuentes de contaminación, por presentar una mejor construcción y una mayor profundidad (70 m), lo que brinda una mayor protección ante la posibilidad de ser contaminado. Los valores positivos de contaminación microbiológica presentes en algunos meses, podrían estar dados por hechos puntuales, como son la fertilización con purines por aspersión y eventos de lluvia, en el período de siembra.

En la determinación del grupo *coliforme* se realiza una diferenciación entre los *coliformes* de origen fecal y no fecal. El grupo de bacterias *coliformes* es normalmente encontrado en las heces de animales homeotermos (mamíferos, aves). Cuando deseamos

conocer la calidad de agua contaminada por descargas domésticas se emplea el grupo *coliforme fecal* como indicador debido a que estas bacterias no se multiplican generalmente fuera del intestino (Environmental Protection Agency, 1978).

En un estudio microbiológico de trece pozos, realizado en el acuífero de Zacatepec, Morelos en México, Ramírez, Robles, Sainz, Ayala y Campoy (2009), encontraron que todos los pozos presentaron contaminación por *coliformes totales*, uno de ellos con una media geométrica de 107 UFC/100 ml. En cambio, los *coliformes fecales* estuvieron ausentes en cuatro de los pozos, pero en uno se presentó contaminación alta con una media geométrica de 107 UFC/100 ml.

Habiendo realizado una evaluación de la calidad de aguas subterráneas en 22 pozos de una explotación agrícola bananera de la parroquia La Peaña, provincia El Oro en Ecuador, los autores Castillo Herrera, Barrezuela Unda y Arbito Quituisaca (2019) obtuvieron resultados donde las bacterias *coliformes* estuvieron presentes en 6 pozos con niveles sobre las 30 UFC ml, por lo que recomendaron no utilizar el agua con niveles altos de *coliformes totales* en el proceso de poscosecha.

Anduro Jordan *et al.* (2017) refieren en un trabajo de diagnóstico de la calidad sanitaria del agua de pozo realizado en comunidades del sur de Sonora, México, que el total de muestras analizadas presentaron contaminación microbiana y ausencia de cloro residual. Asimismo, sostienen que el 21,7 % tuvieron  $\geq 200$  UFC ml<sup>-1</sup> para bacterias mesófilas aerobias y el 50,9% y 39,6% respectivamente contaminación por *coliformes totales* y *coliformes fecales*; el 8,5% de las muestras tuvieron presencia de *Escherichia coli*; el patógeno *Salmonella spp.*, estuvo ausente.

En la cuenca alta del arroyo pantanoso en la provincia de Buenos Aires, Picone *et al.* (2003), evaluaron la contaminación con nitratos y bacterias *coliformes* en muestras de agua subterránea en el área rural, de los 39 pozos examinados con respecto a la presencia de bacterias *coliformes*, 6 de las muestras analizadas presentaron igual o menos de 3 Número Más Probable (NMP) de bacterias *coliformes* por 100 ml de agua, que es uno de los criterios establecidos para aguas de consumo humano por el Código Alimentario Argentino. Este resultado fue obtenido en pozos bien construidos y ubicados lejos de los corrales de encierro de los animales. Las muestras restantes presentaron valores superiores a 3 Número Más Probable (NMP) de bacterias *coliformes* por 100 ml de agua, desde 4 hasta 1100 Número Más Probable (NMP) de *coliformes* 100 ml de agua, sugiriendo un alto riesgo sanitario.

Rodríguez, Ruiz de Galarreta y Tabera, (2008), refieren que durante los meses de octubre y noviembre de 2007 se tomaron 18 muestras de agua en la red de perforaciones en el Barrio Cerro Los Leones, ubicado al Oeste de la ciudad de Tandil en la provincia de Buenos Aires. Se analizaron bacteriológicamente según los parámetros establecidos en la legislación Argentina e indican con respecto a las bacterias *coliformes*, que la situación es alarmante, debido a que el 78% de las muestras presentan más de 3 bacterias coliformes cada 100 ml. Los casos más graves son aquellas perforaciones cuyas aguas poseen 1100 y 460 *coliformes* /100 ml. En el caso particular de *Escherichia coli*, coliforme de origen fecal, ésta se presenta en dos casos.

En un estudio realizado en 50 establecimientos lecheros de la zona de Villa María (Córdoba) Bettera *et al.* (2011) encontraron un recuento de *coliformes totales* que superó el valor límite para consumo humano según la normativa vigente ( $> 3$  Número Más Probable (NMP)/100ml) en el 70 % de las muestras de pozos a bomba y en el 80 % de las muestras de agua de lavado. La presencia de *Escherichia coli* permitió confirmar el origen fecal de la contaminación en el 20 % de las muestras de pozos a bomba.

Rodríguez, Gauna, Martínez, Acevedo y Romero (2012) analizaron en distintas fuentes de agua en chacras de pequeños productores de Itatí, localidad situada en el norte de la provincia de Corrientes, Argentina, seleccionaron doce puntos de muestreo, para determinar la capacidad indicativa del nitrato en la contaminación bacteriana, donde hallaron que las concentraciones de nitrato en el agua superficial no superaron los  $4 \text{ mg L}^{-1}$ , en todos los puntos de muestreo mientras que en las perforaciones los valores oscilaron entre  $0.05$  a  $36 \text{ mg L}^{-1}$  y en los pozos entre  $0.32$  y  $37 \text{ mg L}^{-1}$ . La mayor cantidad de *coliformes totales* detectadas, corresponden a las muestras de agua de pozo y laguna. Tanto en aguas superficiales como subterráneas se encontraron *coliformes fecales*, y en un porcentaje del 64 % para las fuentes de perforaciones.

En un trabajo realizado por Urseler *et al.* (2019) indican que la intensificación de los sistemas productivos (agrícolas o ganaderos) ha provocado una alteración en la calidad del agua subterránea debido, entre otras causas, a la introducción de microorganismos contaminantes. La calidad microbiológica del agua debe considerarse como un parámetro elemental para definir su aptitud para diferentes usos: consumo de la población rural, consumo del ganado bovino o limpieza de instalaciones de ordeño. Trabajaron en un estudio para conocer la calidad microbiológica del agua subterránea en establecimientos agropecuarios para definir aptitudes de uso donde realizaron análisis microbiológicos utilizando como indicadores: i) recuento de bacterias aerobias

mesófilas, ii) detección de *coliformes totales* y *fecales*, y iii) presencia de *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en muestras de agua obtenidas de perforaciones de 62 establecimientos agrícolas o ganaderos/lecheros ubicados en la región centro-sur de la provincia de Córdoba, Argentina. Encontraron que en el 58 % de las muestras analizadas había presencia de al menos un indicador de contaminación que supera los parámetros para consumo humano o higiene de instalaciones de ordeño. El 24 % de las muestras superaron el valor límite establecido para recuento de bacterias aerobias mesófilas (< 500 UFC/ml) y con respecto al indicador *coliformes totales*, el 31 % de las muestras analizadas superaron el valor límite (< 3 Número Más Probable (NMP)/100 ml), confirmándose el origen fecal de la contaminación sólo en el 8 % de las muestras *coliformes fecales* y presencia de *Escherichia coli*.

En uno de los escasos estudios realizados en la provincia del Chaco, Trinelli *et al.* (2018) estudiaron microbiológicamente muestras de agua subterránea de pozos, donde hallaron que el 74% de las muestras del Impenetrable chaqueño y el 60 % de las muestras de la zona de Sáenz Peña, no son aptas para consumo por haber superado los límites establecidos en los parámetros para *coliformes totales* en el Código Alimentario Argentino. En dos casos en agua de pozo encontraron *Escherichia coli*.

Lösch, GariboglioVázquez, Rivas y Merino (2015) indican que en la provincia del Chaco el agua subterránea representa una fuente alternativa muchas veces única, para el consumo humano; ésta es utilizada en el 14 % de los hogares y encontraron *Escherichia coli* en 36 (38,7%) de las 93 muestras estudiadas provenientes de fuentes de agua subterránea a las cuales se accedió a través de los pozos o perforaciones existentes en los hogares, donde el agua subterránea es la única fuente disponible para el consumo, por lo que su empleo representa un riesgo para la salud. Trabajaron en diferentes localidades donde se incluyó a la ciudad de Gral. José de San Martín, ubicada en la región geográfica estudiada en este trabajo.

Del análisis de los antecedentes, pude comprobar que son escasos los trabajos realizados sobre el conocimiento sanitario de las fuentes de agua subterránea que utilizan los productores hortícolas de la provincia del Chaco, sobre todo en la región elegida para el desarrollo del presente trabajo. Por consiguiente considero que este estudio viene a llenar un vacío de información sumamente importante al respecto, sobre todo si consideramos los aspectos vinculados a la salud pública y la posible transmisión de contaminantes biológicos que pueden afectar seriamente la salud de los consumidores, situación que afectaría, no solamente la cuestión médica, sino que puede

deteriorar la actividad laboral y por consiguiente socio-económica, que en muchos de los casos estudiados se indica como único sustento de vida.

### **Norma Nacional relativa al agua potable**

La reglamentación Argentina, en su Decreto N° 2126/1971 expresado como Código Alimentario Argentino, reglamentario de la Ley 18284 normatiza, en su Capítulo XII

Bebidas hídricas, agua y agua gasificada.

Agua potable. Art 982 - Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.

El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios.

Deberán cumplir con las características microbiológicas siguientes:

Bacterias *coliformes*: Número más Probable (NMP) a 37 °C - 48 h (Caldo McConkey o Lauril Sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3. *Escherichia coli*: ausencia en 100 ml.

## Objetivos

### General

- Analizar la calidad microbiológica del agua subterránea utilizada para diversos usos en explotaciones hortícolas del Departamento Libertador Gral. San Martín, provincia del Chaco.

### Particulares

- Detectar la presencia de bacterias del grupo *coliformes* y *coliformes fecales* en aguas subterráneas.

- Establecer si el agua subterránea que proviene de perforaciones cumple con los parámetros microbiológicos para el agua potable expresados en el Código Alimentario Argentino.

- Analizar cómo se construye el objeto de estudio.

## Justificación

En esta instancia del trabajo, coincidí con Samaja (2002) cuando refiere que “el proceso de investigación no es una entidad por sí misma, si no algo que aparece como siendo realizado por unos seres muy "concretos" y singulares: los científicos. En ese sentido se puede decir que la investigación científica es eso que hacen los científicos cuando investigan. Durante este proceso ocurre de manera actual lo que en las facultades individuales se encuentra de una manera potencial. Pero esta puesta en acción de las facultades del investigador persigue un fin: busca obtener un cierto producto. Es posible decir que ese producto tiene al menos dos grandes finalidades fácilmente reconocibles: producir conocimientos, por los conocimientos mismos (por el placer que proporciona la contemplación de lo desconocido o la resolución de los enigmas que se le plantean a nuestra conciencia), y producir conocimientos por las consecuencias técnicas y, por ende, prácticas que de ellos se pueden extraer”.

La elección de esta región geográfica se dio por generación de una demanda propia de los agricultores y la necesidad de contar con información veraz sobre la calidad higiénico sanitaria de las fuentes de agua que utilizan para el uso diario, ya que, por su propio relato en ocasiones de manera periódica y repetitiva se producían en ellos

alguna sintomatología gastrointestinal que malograban su salud y que podían percibir como una posible causa la utilización del agua de las perforaciones para su consumo. Debo también referir que hasta el momento de la propuesta del presente trabajo no existían referencias de haberse realizado exámenes de control de calidad que les proporcionaran esa información.

El tema genérico se fue convirtiendo en una pregunta o conjunto de preguntas articuladas, cuya resolución seguramente fue la que contribuyó a ampliar el conocimiento sobre un campo temático claro; esa fue la instancia que me llevó a plantarme que estaba frente a un problema de investigación real y concreto.

## **Formulación del problema**

En las zonas rurales, los establecimientos familiares dedicados a la producción hortícola, localizados en el Departamento Libertador General San Martín en la Provincia del Chaco, cuentan únicamente con perforaciones para el abastecimiento de agua, que utilizan, para riego y consumo humano al mismo tiempo, la misma puede ser no solamente una fuente de contaminación sino también puede ayudar a la diseminación de los microorganismos en el producto que está en proceso de cosecha o producción, por lo cual, cada vez que esta entra en contacto con el producto existe una gran posibilidad de transferencia de microorganismos a entrar en contacto con el mismo.

El problema se agrava cuando el agua se destina al consumo humano; como es extraída y no se somete a procesos de potabilización ni a exámenes bacteriológicos sistemáticos de su calidad sanitaria, desde el punto de vista microbiológico, la presencia de ciertos grupos de bacterias puede indicar una contaminación por materia fecal o materia orgánica y convertirse en un peligro real para la salud.

Por esta razón, consideré que es de vital importancia realizar análisis microbiológicos que permitan conocer el estado sanitario de la fuente de abastecimiento de agua del establecimiento. Si se determina que la fuente de agua tiene niveles inaceptables de organismos indicadores, o está contaminada, deben tomarse las medidas correctivas para garantizar que el agua resulte adecuada para el uso previsto.

## **Justificación del Estudio del problema planteado**

Una de las principales fuentes económicas del cinturón hortícola de los establecimientos radicados en el Dpto. Libertador Gral. San Martín es la agricultura, donde las fuentes hídricas para el abastecimiento de sistemas de riego son sin duda la explotación de pozos profundos, que de una u otra manera pueden estar contaminadas o llegar a contaminarse de forma directa o difusa por los vertimientos de aguas residuales domésticas, volcamientos químicos, pozos sépticos y fundamentalmente la explotación ganadera. Los sistemas de riego utilizados y la calidad del agua son un factor importante en la incidencia y prevalencia de muchas enfermedades, situación que merece la realización de estudios bacteriológicos.

Las aguas subterráneas son captadas mediante pozos semisurgentes que dan por lo general agua potable y son utilizadas en muchas zonas del país y en el Chaco rural fundamentalmente, en dónde en muchos casos son la única fuente disponible. Se debe tener en cuenta que existe la posibilidad, que en el proceso de captación, se incorporen contaminantes microbiológicos del grupo *coliformes* procedentes de fuentes fecales, éstos al transmitirse a través del agua constituyen un peligro para la salud del consumidor, sobre todo en zonas pobladas sin redes de desagües cloacales.

Las perforaciones estudiadas y delimitadas previamente en la zona rural del Dpto. Libertador General San Martín, Chaco, constituyen la fuente de agua para siete familias, las cuales la utilizan para su consumo, actividades domésticas y riego de su producción. Su calidad bacteriológica constituye un factor esencial en la prevención de enfermedades y por ende tiene fuerte impacto sobre la calidad de vida de sus integrantes. Teniendo en cuenta que no se referenciaron trabajos similares en esta zona, consideré que se puede realizar un importante aporte al conocimiento de la calidad higiénica del recurso hídrico que se usa en la cuenca estudiada y puede constituirse en un dato de importancia sanitaria.

## **Diseño metodológico - construcción del objeto empírico**

La construcción del objeto de estudio fue el proceso sobre el cual desarrollé mi actividad cognitiva.

En ese sentido, la importante reflexión, con la cual coincidí, que efectúa Hidalgo Guzmán (1992) citado por Domínguez Gutiérrez (2007, p. 22) donde expresa claramente que “la construcción de un objeto de investigación exige una actitud crítica, fundamentándose en la historia. A partir de las preguntas iniciales, se deben desprender ciertas relaciones que organizadas bajo ciertos parámetros, permitan construir una primera estructura, que a su vez haga posible precisar el acontecimiento, sus relaciones, la tónica, los sujetos y su contexto. La estructura analítico-conceptual es una propuesta inicial para representar el campo problemático que incluye la ubicación temática del problema, recortes de la realidad, nivel de análisis y definición de líneas de trabajo”.

También consideré y de hecho acorde con lo realizado en el presente, cuando Samaja (2002) se expresa en cuanto a las fases del proceso de investigación, sobre Instancia de Validación Empírica. Diseño del objeto. Menciona que esta fase empieza a poner en juego la segunda instancia de validación. El objeto general de esta fase es decidir cuál será el objeto empírico de la investigación. Esto quiere decir: escoger los tipos de unidades de análisis, las variables y las fuentes que se emplearán en el estudio. Contiene dos pasos sucesivos: por un lado decidir una forma de recortar el objeto, de entre las muchas formas posibles; es decir, de escoger este universo y no este otro, estas variables y no otras, etc. Y por otro lado, se trata de trabajar en ese sistema de matrices de datos elegido, transformándolo de mero sistema conceptual en un sistema operacional. Diseñar el objeto de investigación quiere decir definir el "sistema de matrices de datos".

El diseño de la investigación se asentó en el método constructivista del sistema de “matrices de datos” que fueron establecidas por Galtung (1978) y posteriormente modificadas y desarrolladas por Samaja (2002).

## **Materiales y métodos**

### Tipo de estudio

Siguiendo a Murillo (2008) el tipo de estudio es cuantitativo de corte transversal, descriptivo, aplicado, conocido también con el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad.

### **El sistema de matrices de datos**

El proceso de investigación implica un conjunto de procedimientos metodológicos que posibilitan la confrontación entre un material teórico-conceptual y un material empírico. Para ello es preciso simplificar el universo de hechos y tomar en cuenta sólo lo relevante a los propósitos de la indagación que se quiere realizar.

Samaja (2002) coincide con Galtung (1978) en que un dato científico es la traducción de la experiencia espontánea a una descripción científica. Galtung (1978) sostiene que en las Ciencias Sociales los datos presentan una estructura común que se caracteriza por ser tripartita (unidad de análisis, variable y valor). Samaja (2002) propone avanzar esta teoría en la dirección de una metodología dialéctica e introduce tres postulados básicos:

- \* la estructura del dato científico debe ser completada con un cuarto elemento: los indicadores;
- \* toda investigación define un sistema de matrices de datos;
- \* todos los datos de todas las investigaciones científicas de todas las disciplinas poseen una estructura invariante que se puede denominar matriz de datos.

Se considera a la matriz de datos como un aspecto clarificador, porque es la forma ordenada y estructurada de manera entendible de interpelar a la realidad con la teoría. Funciona entonces el dato como un esquema transductor entre la teoría y la empiria, organizando los hechos de una manera aprehensible.

Según Samaja (2002), la matriz de datos es cuatripartita. Esto quiere decir que tiene cuatro componentes: unidad de análisis, variables, valores e indicadores.

La unidad de análisis es el elemento mínimo de estudio observable en relación con un conjunto de otros elementos que son de su mismo tipo (Vieytes, 2004). Es el elemento que se identifica y que se seleccionó para observar. Entiendo que en definitiva será el objeto de descripción. El conjunto de todas las unidades de análisis constituye la población o universo en estudio. En cuanto al número de integrantes de un universo, decimos que existen poblaciones finitas cuando el número de sus componentes es conocido. Poblaciones infinitas son aquellas que tienen un número muy elevado de integrantes que nos imposibilita contabilizarlos (Mayer, 1996).

Es indudable que cuando encaramos un trabajo, ya sea de relevamiento o para comparar diversos universos o poblaciones, no podemos tomar la totalidad de los individuos que los componen, entonces nos limitamos a tomar una parte de ella, en la que trataremos que sea representativa de esa población, es decir que tenga la mayor cantidad de atributos que le son propios, esta porción recibe el nombre de muestra, cuya elección debe ser hecha cuidadosamente, porque de lo contrario los resultados que se obtengan no serán fidedignos ni representativos del universo objeto de nuestro estudio (Mayer, 1996). En base a la información relevada en esa porción se hacen inferencias sobre toda la población (Di Rienzo *et al.*, 2008). Esto quiere decir que uno es una unidad de análisis, algunas unidades de análisis constituyen una muestra y todas las unidades de análisis son la población o universo.

Variables: constituyen los aspectos de las unidades de análisis que se han seleccionado para examinar o estudiar de ellas. Se llaman así porque refieren a variaciones entre distintos estados o valores. Toda variable contiene una complejidad susceptible de ser analizada en dimensiones. Una dimensión es un fragmento de significado de la variable. Se evidencia cuando uno se pregunta ¿en qué sentido se considera la variable? o ¿cuáles son los significados implícitos en el concepto? (Samaja, 2002).

Los valores son las distintas alternativas que puede asumir una variable. Una variable abarca toda una familia de conceptos. Común a toda esa familia de conceptos es que la variable pueda tomar al menos un valor determinado (Samaja, 2002).

“La palabra indicador viene del latín *indicare* y refiere a mostrar o significar algo, con indicios y señales” (Capace, 2016: 94). Metodológicamente, para Samaja (2002) un indicador surge como el resultado de un procedimiento que se aplica a una

dimensión de la variable. Básicamente tiene que satisfacer dos criterios: la validez y la confiabilidad. La validez implica que mida lo que tiene que medir y no otra cosa (apunta a la dimensión) y la confiabilidad implica que el instrumento no varíe en función del informante o el contexto (apunta al instrumento).

Estos componentes se estructuran de acuerdo a niveles de integración, dando lugar a los sistemas de matrices, en donde todo nivel descrito está constituido por un nivel inferior y regulado por un nivel superior. El nivel en donde se encuentra la unidad de análisis que representa la investigación es denominado Nivel de Anclaje o Focal (Na), el nivel superior es el Nivel de Contexto o Supraunitario (N+1), y el Nivel Inferior o Subunitario (N-1) es el que constituye al nivel focal. En los sistemas de matrices, se dice que los indicadores son parte constitutiva de las variables y las variables al mismo tiempo regulan los indicadores posibles.

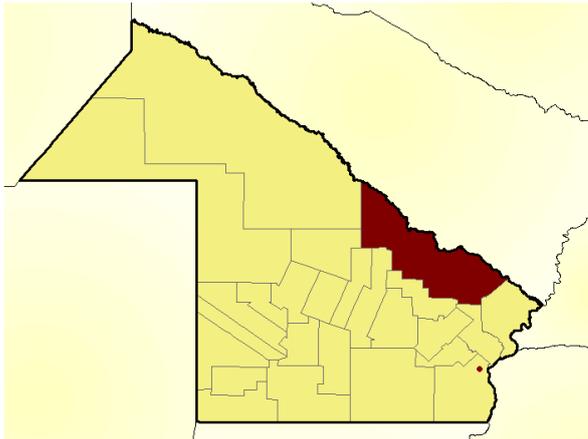
Las matrices se organizan alrededor de los datos que se quieren recoger. Según éstos, definiremos contextos pertinentes que den sentido y subtextos que constituyan indicadores para comprender las variables de la unidad de análisis de estudio. Las matrices, en teoría, podrían decirse que tienen “alcance ilimitado”, hacia arriba o hacia abajo. Pero en la práctica, saber dónde recortar la investigación (cuáles son los contextos y subtextos pertinentes) reduce considerablemente el trabajo de investigación. (Galán, 2010).

## **Campo de análisis**

El sitio experimental se ubicó en el noreste de la provincia del Chaco, en el Departamento Libertador Gral. San Martín, representado en el mapa de la (Figura 1), cuya cabecera departamental, la localidad de General José de San Martín, originalmente fundada como El Zapallar, se encuentra a 120 km de la ciudad de Resistencia, capital de la provincia del Chaco, y se accede por la ruta provincial N° 90. Desde el punto de vista agroecológico, está ubicado en una región geográfica de clima subtropical, sin estación seca, con isotermas medias anuales de 20°C, llamada Chaco oriental, privilegiada en cuanto a cantidad de recursos hídricos disponibles para el uso cotidiano de riego agrícola y consumo humano, donde el agua subterránea se convierte en el recurso más oportuno para cubrir las necesidades, debido a que puede suministrar grandes volúmenes a bajo costo y en muchos casos se constituye en la única fuente de agua

disponible para los usos citados. Este recurso en oportunidades se ve amenazado en su calidad higiénica debido a las actividades del hombre. El agua extraída generalmente no se somete a procesos de potabilización ni a monitoreos sistemáticos de su calidad microbiológica.

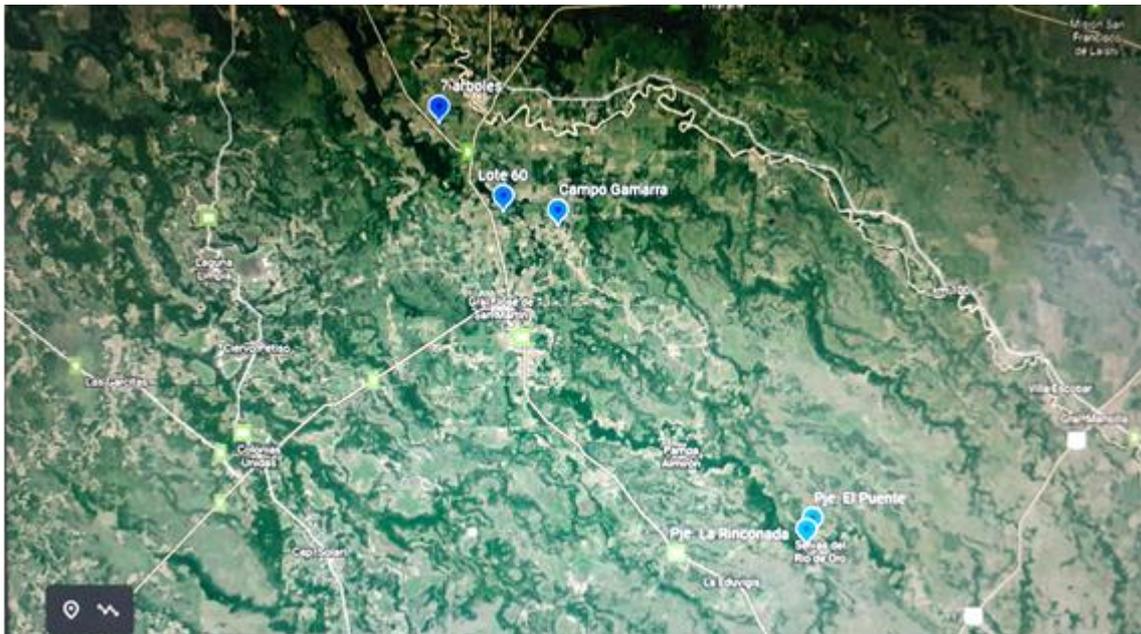
Específicamente se trabajó en los municipios de La Eduviges y de General José de San Martín. En el entorno frutihortícola del municipio de La Eduviges y en la zona rural correspondiente a la localidad de Selva del Río de Oro, donde hacia el oeste de la misma, se extrajeron muestras de dos perforaciones en el lugar denominado Pje. La Rinconada. Asimismo hacia el noroeste de la misma localidad en el Pje. El Puente, se obtuvieron muestras de otras dos perforaciones. La zona es bordeada por el Río de Oro, que tiene su desembocadura en el río Paraguay. En cuanto al muestreo realizado en el cinturón agrícola de la localidad de General José de San Martín, se extrajeron muestras de tres perforaciones ubicadas cada una de ellas en el Pje. Siete árboles, el Lote 60 y Pje. Campo Gamarra respectivamente, se representó el área de estudio en la imagen satelital de la (Figura 3). La zona de trabajo descripta se incluye en la región de producción hortícola referenciada en el mapa como “A” Zona de Bermejo (Figura 2), ubicada en el centro-este de la provincia, permitiendo la comunicación fluida con la provincia de Formosa, separada de ella por el límite natural del río Bermejo, donde se encuentran las ciudades de importancia como General José de San Martín, Presidencia Roca y Pampa del Indio, con un total de 1612 hectáreas aproximadamente en producción. Siendo que las estadísticas no reflejan tan claramente la superficie destinada a cultivos hortícolas cabe destacar su importancia en los sistemas asociados a la pequeña producción donde integran la estrategia de autoconsumo de las familias y comercialización local de los excedentes en el caso de las explotaciones ubicadas en áreas periurbanas.



**Figura 1.** Mapa del Dpto. Libertador Gral. San Martín  
(Fuente: <https://es.wikipedia.org/>)



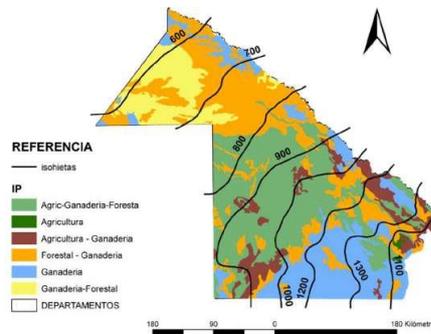
**Figura 2.** Regiones de producción hortícola en la provincia del Chaco.  
(Fuente: SAGPyA-Ministerio Agricultura y Ganadería )



**Figura 3:** Imagen satelital del área de estudio  
(Fuente: <https://earth.google.com/web/@-26.56122988,-59.0851656,99.69268032a,139560.44717599d,35y,-0h,0t,0r>)

Desde el punto de vista hidrometeorológico, el clima de la región es de tipo sub húmedo con estación seca, y hacia el este es cálido con estación seca. Dentro de la alta variabilidad pluviométrica que caracteriza la región, la distribución en el año también es irregular, existe un periodo de mayores precipitaciones en primavera: 26,3%, verano 33,3% y otoño 31,7% y un periodo de lluvias escasa en invierno con 8,7%. Las precipitaciones medias fluctúan en torno a los 800 mm anuales en la región occidental y alcanzan los 1.300 mm en la región oriental de la provincia. En la (Figura 4) se grafican

las precipitaciones donde se puede notar la media anual en el Departamento Libertador General San Martín, señalando la principal referencia productiva en agricultura y ganadería.



**Figura 4.** Actividades productivas - régimen pluviométrico  
(Fuente: Instituto de Tecnología Agropecuaria - INTA)

La temperatura media del mes más cálido es de 27,1° C y una máxima absoluta de 44,4° C. La temperatura media del mes más frío es de 16.1°C y la mínima absoluta de -5°C.

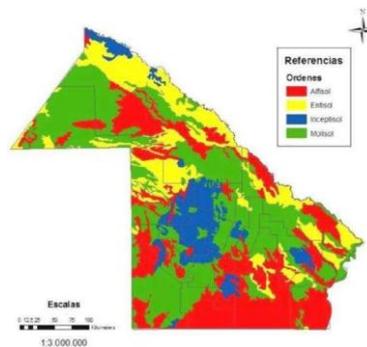
Los ríos de esta región constituyen desagües naturales de tierras de llanura. El Río Bermejo (uno de los más importantes de la zona), y los cursos menores, que son varios y atraviesan el departamento de noroeste a sudeste, se conforman con el aporte de aguas superficiales que escurren buscando bajos naturales. El Río Guaycurú presenta un curso no permanente, alimentado por las precipitaciones locales y las crecientes del Teuco Bermejito. El caudal de los ríos varía según las características climáticas de la zona donde desagua. Hacia el sudeste la problemática hídrica se vuelve relevante.

En cuanto a las características físicas de los suelos, son fundamentalmente del tipo molisoles, entisoles y alfisoles. Los destinos productivos de mayor importancia están dados por la explotación de la ganadería y agricultura, con potencial uso para actividades agrícolas silvo-pastoriles, pasturas implantadas y forestación. Las limitaciones de los mismos tienen que ver con la salinidad y un drenaje restringido.

Según el estudio de la clasificación elaborado por el Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), representado en la (Figura 5), los suelos de orden molisol, ocupan un valor mayor al 60% de la superficie de las parcelas de 12 departamentos de la provincia, y son considerados como los de mayor valor económico y fertilidad. Los alfisoles, generalmente acompañan a este tipo de suelos, pero su baja permeabilidad y presencia de nutrientes afecta el desarrollo de las actividades agrícolas. Los molisoles y alfisoles, por su textura fina-forestal poseen capacidad para la retención de agua, pero

una limitación es el drenaje de los mismos. Por otro lado, los entisoles al tener una textura con mayor cantidad de arena, el agua se infiltra con mayor rapidez y favorece el drenaje.

Una característica particular de los Alfisoles, es su textura arcillosa que ante las precipitaciones, se convierte en un suelo duro y compacto y en la mayoría de los casos se producen anegamientos. Situación distinta se da durante las sequías ya que la retención de agua favorece a la alimentación de las plantas.



**Figura 5.** Características físicas de los suelos de la provincia del Chaco.  
(Fuente: Instituto de suelos INTA Castelar. EEA INTA Sáenz Peña Chaco- Manual de uso Indisuelos-Chaco)

Del análisis del documento del Instituto de Suelos, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Castelar, en un trabajo conjunto con la estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Sáenz Peña del Chaco, incorporado al “Plan de Gestión Integrada de Riesgos Agropecuarios de la Provincia del Chaco”, obtuve la información que me permitió deducir que los suelos en el Departamento Libertador General San Martín son fundamentalmente del tipo alfisol, entisol y molisol.

Las personas que habitan las chacras productoras de hortalizas, que consumen o usan el agua de los pozos para bebida, sin lugar a dudas, tienen altas probabilidades de contraer enfermedades causadas por el agua contaminada con *Coliformes*. Desde esta concepción donde suele infravalorarse las consecuencias de la ingesta de agua contaminada microbiológicamente, se generó una demanda porque suele asociarse a diarreas, enfermedad ampliamente aceptada por su elevado nivel de incidencia.

### **La unidad de análisis de Nivel supraunitario (N+1)**

En el contexto descripto se realizó la toma de muestras de siete (7) perforaciones de entre 12 y 14 m de profundidad, que han estado por más de 10 (diez) años bajo producción en forma continua.

El tipo de muestreo empleado para la selección de perforaciones fue el muestreo aleatorio simple (MAS) sin reposición, el mismo se lleva a cabo de manera tal que todas las unidades que componen la población tengan igual probabilidad de ser elegidas para conformar una muestra y donde una unidad seleccionada no es devuelta a la población hasta que no se hayan elegido todos los elementos que conformarán la muestra. Por lo tanto no puede ser nuevamente elegida para formar la muestra (Balzarini *et al.*, 2011).

El universo de las unidades de análisis supraunitarias estuvo representado por la totalidad de las fuentes de provisión de agua subterránea. Se trató de un número finito del cual se seleccionaron siete fuentes de provisión de agua subterránea (perforaciones) de las chacras de los productores hortícolas instalados en el Dpto. Libertador General San Martín de la Provincia del Chaco, durante el año 2017, a las cuales se le asignó un código de identificación representado por la sigla Pf, más el agregado del número correlativo al orden de muestreo correspondiente.

### **La unidad de análisis de Nivel de anclaje (Na)**

Definiremos con este nombre a las entidades en las que se focaliza la investigación: Cada muestra de 250 ml de agua provista por las perforaciones instaladas en el Dpto. Libertador Gral. San Martín, en la provincia del Chaco.

### **Criterios de inclusión**

Las muestras fueron tomadas de salidas de perforaciones, encamisadas o entubadas en el 100 % de la profundidad de la perforación, en funcionamiento, con terminación de sellado cementado en superficie y que el agua sea usada para consumo humano, instaladas en establecimientos de producción frutihortícola en el área referenciada en el mapa como “A” Zona de Bermejo (Figura 2) en el Dpto. Libertador Gral. San Martín de la provincia del Chaco.

## **Criterios de exclusión**

Pozos a balde, perforaciones no entubadas, no selladas en superficie, que no se usen para consumo humano y que no estén instaladas en el área referenciada en el mapa como “A” Zona de Bermejo (Figura 2) en el Dpto. Libertador Gral. San Martín de la provincia del Chaco.

La muestra estuvo conformada por el agua suministrada por las perforaciones, siendo el muestreo cuatrimestral con un  $n = 21$  muestras de 250 ml obtenidas de cada perforación que fueron analizadas.

En la extracción de las muestras se utilizaron frascos de vidrio color caramelo de boca ancha y tapa esmerilada, estériles, de 250 ml de capacidad.

Se colectaron dejando un espacio aéreo en el recipiente de aproximadamente 2,5 cm para facilitar la mezcla por agitación antes de proceder al estudio. Se extrajeron tres (3) muestras de cada una de las perforaciones, el primer muestreo fue realizado en el mes de abril, el segundo muestreo se realizó durante el mes de agosto y el tercero durante el mes de noviembre, por lo tanto se procesaron un total de veintiuna (21) muestras en todo el período de examen. Cada perforación fue convenientemente identificada con la letra Pf y el número correspondiente al orden de muestreo, así se identificaron como Pf1, Pf2, Pf3, Pf4, Pf5, Pf6 y Pf7.

Desde un grifo perfectamente individualizado, que conecta directamente con la fuente de provisión, se retiraron todos los dispositivos que pudieran producir salpicaduras y se limpió la boca para eliminar cualquier suciedad presente. Se puso la bomba en funcionamiento y se abrió el grifo, se dejó correr agua durante unos 5 minutos, procediendo al cerrado del grifo, se desinfectó la salida de agua mediante calentamiento del pico con llama o flameado con un hisopo embebido en alcohol para esterilizarla. Se abrió nuevamente el grifo y se dejó salir agua en forma moderada durante 2 a 3 minutos, colectando la muestra de agua en el envase referido.

Se trasladaron al laboratorio, resguardando las muestras refrigeradas en un recipiente conservador del frío a una temperatura inferior a los 10°C hasta la llegada. Respecto al procedimiento de conservación, es importante destacar que cuando se conserva una muestra para análisis bacteriológico, se espera que el método que utilizamos respete el número de unidades microbianas sin dañar su metabolismo. Por ello se mantiene una temperatura en la cual se retrasan sus funciones metabólicas o incluso se detienen, sin causarles la muerte.

## **Variable**

La variable principal es la calidad del agua.

## **Definición Conceptual**

Desde el punto de vista etimológico, calidad viene del latín *qualitas*, que es una derivación del latín *qualis*, palabra que indica la cualidad, o el modo de ser. También podríamos definir a la calidad sanitaria como la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a un objeto o cosa, que permite apreciarlo como igual, mejor o peor que los restantes de su especie.

Según la Norma ISO 9000/2000 (International Standard Organisation) es el grado en el que un conjunto de características (rasgo diferenciador) inherentes al producto o servicio cumple con los requisitos, para nuestro caso en particular tiene que ver con la cuantificación microbiológica.

## **Definición operacional**

Desde el punto de vista del trabajo realizado, entendemos que un agua de calidad sanitaria es aquella que es físico-química y bacteriológicamente pura, que a su vez permite que se pueda consumir y no causar ningún daño a la salud del consumidor, a lo que podríamos llamar agua inocua. Este conjunto de características y propiedades físicas, químicas y microbiológicas son también las que la definen normativamente en nuestro país.

En una concepción más moderna podríamos decir que la calidad sanitaria es un conjunto de características y propiedades que le confieren la capacidad de satisfacer exigencias expresas o implícitas de los consumidores, en los alimentos, estos valores pueden resumirse en atributos organolépticos, nutricionales, funcionales, comerciales y de inocuidad fundamentalmente, ya que si se pierde este atributo, se pierde la condición de calidad.

El procedimiento se refiere a la actividad o proceso de aprovisionamiento a que es sometida el agua para su extracción, depósito y distribución con el objetivo de optimizar sus resultados en el uso para el riego de la producción, pero fundamentalmente se deben maximizar los esfuerzos para poder asegurar la potabilidad para consumo humano.

La potabilidad es un variable multidimensional donde intervienen características microbiológicas, físicas y químicas. En el trabajo desarrollado se recorta a la característica microbiológica, que es el examen bacteriológico en busca o detección de *coliformes totales y fecales*.

### **Valores o Categorías**

Constituyen los estados particulares que pueden asumir las variables. En la variable mencionada los valores son:

- No apta
- Apta

### **La unidad de análisis del Nivel subunitario (N-1)**

Las variables se transforman en unidades de análisis en el nivel inferior. Así las unidades de análisis del nivel subunitario son los *coliformes totales y coliformes fecales*, teniendo como variable el Número Más Probable (NMP) de microorganismos y los valores posibles aplicando el procedimiento de observación es  $\leq 3$  para *coliformes totales* y Ausencia para *Escherichia coli*.

### **Indicadores**

Constituyen las maneras de medir o evaluar las variables: qué se medirá (lo vamos a denominar dimensión del indicador) y cómo se medirá (lo que vamos a denominar procedimiento del indicador). En el presente trabajo, se refieren a todos aquellos aspectos que seleccionamos y procedimientos que implementamos para evaluar la calidad higiénica del agua provista por las perforaciones instaladas en el Dpto. Libertador Gral. San Martín de la provincia del Chaco, por medio de técnicas de medición y monitoreo.

En la construcción de los instrumentos o técnicas en el proceso de investigación, debe ponerse especial atención a que provean la información necesaria.

Una adecuada construcción de los instrumentos de recolección, permite que la investigación alcance entonces la necesaria correspondencia entre teoría y hechos, más aún, se pueda afirmar que, gracias a ellos, ambos términos efectivamente se vinculan.

## Metodología de laboratorio

El trabajo analítico que se llevó a cabo para realizar las determinaciones microbiológicas estuvo a cargo del tesista, en el espacio del laboratorio del Servicio de Análisis de Alimentos y Aguas, anexo a la cátedra Bromatología e Higiene Alimentaria y la colaboración prestada de parte de los técnicos del Servicio de Diagnóstico Bacteriológico y Micológico, anexo a la cátedra de Microbiología, que realizaron el aislamiento y tipificación de *Escherichia coli*, ambos laboratorios pertenecen a la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional del Nordeste, establecida en la ciudad de Corrientes, República Argentina.

### **Técnica de siembra y cultivo:** Técnica de Fermentación en Tubo Múltiple

La Técnica de fermentación en tubo múltiple para miembros del grupo de los *coliformes* es usada para evaluar la calidad de aguas sin tratamiento, empleadas con fines recreacionales, aguas de abastecimiento doméstico, para consumo humano, en acuicultura y aguas utilizadas en irrigación. Los resultados del estudio de los tubos y diluciones replicados se comunican en términos de Número Más Probable (NMP) de microorganismos existentes. Este número basado en determinadas fórmulas de probabilidad, es un cálculo de la densidad media de *coliformes* en la muestra. La densidad bacteriana puede calcularse mediante la tabla que utiliza el número de tubos positivos en las diluciones múltiples. A modo demostrativo en la (figura 6) se incorpora un ejemplo de tabla de probabilidades para el cálculo utilizada en este trabajo.

El grupo *coliforme* está formado por todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gramnegativas, no formadoras de esporas y con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 h a 37° C.

Los exámenes microbiológicos se realizaron de acuerdo a la metodología descrita en American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Microbiological Examination of Water, Standard method for the examination of water and wastewater (2005) y adoptada por el Código Alimentario Argentino para microbiología del agua.

La prueba para la determinación de bacterias *coliformes* se utilizó la técnica estandarizada de fermentación en tubo múltiple, a través de las fases supuestas y confirmatorias, en base a porciones de agua sembradas en caldo Mac Conkey que producen ácido y gas dentro de las 48 h de incubación en estufa a 37°C.

Se utilizó para la siembra la serie de tres (3) tubos, con caldo Mac Conkey doble concentración, descargando 10 ml de muestra y en simple concentración, descargando 1 ml y 0,1 ml respectivamente. Los tubos inoculados se incubaron a  $37^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Tras  $24 \pm 2$  h, se agitó cada tubo suavemente y se observó la producción de gas dentro de la campana de Durham invertida, o un crecimiento ácido (color amarillo) y, en caso contrario, se reincubaron.

Luego se desarrolló el procedimiento para determinar la presencia de *coliformes fecales*. A todos los tubos de fermentación que mostraron producción de gas, considerados positivos a *coliformes*, se los agitó suavemente y se volvieron a examinar al final de  $48 \pm 3$  h registrándose la presencia de gas. Este límite de 48 h para la observación excluye a los miembros ocasionales del grupo *coliforme* que crecen de manera muy lenta. Posteriormente se realizó un repique con ansa de platino estéril, pasando una porción del caldo que dio positivo, de cada tubo de fermentación, a tubos con 5 ml de medio EC y campana de Durham invertida, los que se incubaron en baño María a  $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , durante  $24 \pm 2$  h, antes de los 30 minutos de la inoculación y mantenidos a una profundidad suficiente para que el agua del baño esté a un nivel superior al que tiene el medio de cultivo en los tubos.

Las ventajas de determinar *coliformes fecales* por temperatura elevada son: a) La mayoría de las bacterias (cerca del 95 %) del intestino de animales homeotermos crecen a temperatura elevada. b) La supervivencia de las bacterias del grupo *coliforme fecal* es menor en ambientes acuáticos que las del grupo *coliforme*. c) Los *coliformes fecales* no se multiplican generalmente fuera del intestino de los animales homeotermos.

Interpretación: Consideré como reacción positiva a *coliformes fecales* la aparición de gas en la campana de Durham invertida. La falta de gas constituyó un resultado negativo, que nos indicó que el origen de los microorganismos no es el aparato digestivo de los animales de sangre caliente o del hombre.

A partir de la reacción positiva a *coliformes fecales*, se confirmó la presencia de *Escherichia coli*.

Número de cultivos positivos	Combinación utilizada para la siembra			Número de cultivos positivos	Combinación utilizada para la siembra			Número de cultivos positivos	Combinación utilizada para la siembra		
	10 l 0.1 ml	3-10 3-1 3-0.1	4-10 4-1 4-0.1		5-10 5-1 5-0.1	10 l 0.1 ml	3-10 3-1 3-0.1		4-10 4-1 4-0.1	5-10 5-1 5-0.1	10 l 0.1 ml
0 0 0				1 0 0	3.6	2.6	2.0	2 0 0	9.1	6.0	4.5
0 0 1	3.0	2.3	1.8	1 0 1	7.2	5.1	4.0	2 0 1	14	9.1	6.8
0 0 2	6.0	4.5	3.6	1 0 2	11	7.8	6.0	2 0 2	20	12	9.1
0 0 3	9.0	6.8	5.4	1 0 3	15	10	8.0	2 0 3	26	16	12
0 0 4		9.0	7.2	1 0 4		13	10	2 0 4		19	14
0 0 5			9.0	1 0 5			12	2 0 5			16
0 1 0	3.0	2.3	1.8	1 1 0	7.3	5.2	4.0	2 1 0	15	9.3	6.8
0 1 1	6.1	4.6	3.6	1 1 1	11	7.9	6.1	2 1 1	20	13	9.2
0 1 2	9.2	6.8	5.5	1 1 2	15	11	8.1	2 1 2	27	16	12
0 1 3	12	9.1	7.3	1 1 3	19	13	10	2 1 3	34	20	14
0 1 4		11	9.1	1 1 4		16	12	2 1 4		23	17
0 1 5			11	1 1 5			14	2 1 5			19
0 2 0	6.2	4.6	3.7	1 2 0	11	8.0	6.1	2 2 0	21	13	9.3
0 2 1	9.3	6.9	5.5	1 2 1	15	11	8.2	2 2 1	28	16	12
0 2 2	12	9.2	7.4	1 2 2	20	13	10	2 2 2	35	20	14
0 2 3	16	12	9.2	1 2 3	24	16	12	2 2 3	42	24	17
0 2 4		14	11	1 2 4		19	15	2 2 4		28	19
0 2 5			13	1 2 5			17	2 2 5			22
0 3 0	9.4	7.0	5.6	1 3 0	16	11	8.3	2 3 0	29	17	12
0 3 1	13	9.3	7.4	1 3 1	20	14	10	2 3 1	36	20	14
0 3 2	16	12	9.3	1 3 2	24	16	13	2 3 2	44	24	17
0 3 3	19	14	11	1 3 3	29	19	15	2 3 3	53	28	20
0 3 4		16	13	1 3 4		22	17	2 3 4		32	22
0 3 5			15	1 3 5			19	2 3 5			25
0 4 0		9.4	7.5	1 4 0		14	11	2 4 0		21	15
0 4 1		12	9.4	1 4 1		17	13	2 4 1		25	17
0 4 2		14	11	1 4 2		20	15	2 4 2		29	20
0 4 3		17	13	1 4 3		23	17	2 4 3		33	23
0 4 4		19	15	1 4 4		26	19	2 4 4		37	25
0 4 5			17	1 4 5			22	2 4 5			28
0 5 0			9.4	1 5 0			13	2 5 0			17
0 5 1			11	1 5 1			15	2 5 1			20
0 5 2			13	1 5 2			17	2 5 2			23
0 5 3			15	1 5 3			19	2 5 3			26
0 5 4			17	1 5 4			22	2 5 4			29
0 5 5			19	1 5 5			24	2 5 5			32

Figura 6: Tabla de probabilidades para el cálculo del Número Más Probable (NMP) de bacterias *coliformes*

El sistema de matriz de datos del trabajo quedo definido en la siguiente representación:

<b>Unidad de Análisis</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Valor</b>
Perforación (UA <sub>+1</sub> )				
Muestra de agua de 250ml. (UA <sub>a</sub> )	Calidad sanitaria	Presencia de <i>Coliformes totales</i> Presencia de <i>Coliformes fecales</i> ( <i>Escherichia coli</i> )	- Técnica de fermentación en tubos múltiples - Método del NMP (Número más Probable)	Apta No apta
<i>Coliformes totales</i> <i>Coliformes fecales</i> ( <i>Escherichia coli</i> ) (UA <sub>i</sub> )	Número más probable (NMP) de microorganismos  Presencia - Ausencia		- Técnica fermentación en tubos múltiples. - Método del NMP (Número más Probable)	≤ 3  Ausencia

## Resultados

Los resultados consignados se refieren exclusivamente a las muestras analizadas y el tesista declina toda responsabilidad por el uso indebido o incorrecto que se hiciera de ellos.

La información obtenida de la investigación comprende los datos generales de las muestras, los resultados de los análisis microbiológicos están orientados específicamente a cuantificar bacterias *coliformes* y poner en evidencia la presencia de *coliformes* de origen fecal (*Escherichia coli*), por el Método del Número más Probable (NMP) y luego confirmación.

En la (Tabla 1), se expresan los resultados analíticos de laboratorio de los tres muestreos realizados durante el año 2017, con una diferencia de cuatro meses uno del otro, el primero, ejecutado en el mes de abril, el segundo en el mes de agosto y el tercero en el mes de diciembre, donde se observa una gran variabilidad en los *coliformes* totales y la presencia de *coliformes fecales* o termotolerantes, donde se puso en evidencia la presencia de *Escherichia coli*, en dos muestras de agua pertenecientes a la misma perforación, identificada como Pf 6.

Se demostraron muy pocos registros de la presencia de *coliformes fecales* o termotolerantes y una importante presencia de *coliformes* totales, no ajustándose con la normativa sanitaria que indica los parámetros microbiológicos para el agua potable, según lo establece el Código Alimentario Argentino, que expresa, Bacterias coliformes: Número más Probable (NMP) a 37 °C - 48 hs. (Caldo Mc Conkey o Lauril Sulfato), en 100 ml: igual o menor de 3. *Escherichia coli*: ausencia en 100 ml.

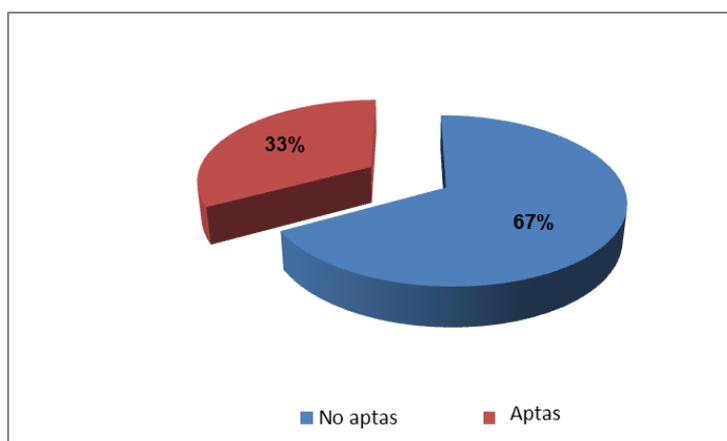
**Tabla 1:** Resultados de los análisis bacteriológicos de las siete perforaciones (Pf) analizadas

Identificación de la muestra	Muestreo 1 abril		Muestreo 2 agosto		Muestreo 3 diciembre		Aptitud del agua p/consumo
	Coliformes en 100 ml	<i>Escherichia coli</i> en 100 ml	Coliformes en 100 ml	<i>Escherichia coli</i> en 100 ml	Coliformes en 100 ml	<i>Escherichia coli</i> en 100 ml	
Pf 1 La Rinconada	< 3	Ausencia	< 3	Ausencia	< 3	Ausencia	<b>Apta</b>
Pf 2 La Rinconada	6,1	Ausencia	6	Ausencia	9,4	Ausencia	No apta
Pf 3 El Puente	9,4	Ausencia	13	Ausencia	20	Ausencia	No apta
Pf 4 El Puente	3,6	Ausencia	9	Ausencia	15	Ausencia	No apta
Pf 5 7 árboles	< 3	Ausencia	3,0	Ausencia	7,2	Ausencia	No apta
Pf 6 Campo Gamarra	19	Ausencia	23	Presencia	39	Presencia	No apta
Pf 7 Lote 60	< 3	Ausencia	< 3	Ausencia	< 3	Ausencia	<b>Apta</b>

Los resultados de los análisis bacteriológicos indican que del total de las muestras analizadas (n=21), el 67 % presentaron un número más probable (NMP) superior a < 3 bacterias *coliformes* en 100 ml de agua.

Se detectó presencia de *coliformes* de origen fecal, *Escherichia coli*, en dos muestras, de la misma perforación (Pf 6), alcanzando el 14 % del total de muestras que arrojaron presencia de *coliformes*.

Analizando los resultados, representados en la (Figura 7) y a modo de conclusión de este apartado, se observó que solamente siete de las muestras analizadas, lo que equivale al 33%, ha resultado ser apta para el consumo humano en función de los límites permisibles establecidos en el Código Alimentario Argentino. El 67 % restante ha superado uno o más de dichos valores, determinando que la población que consume esta agua subterránea se encuentra en riesgo elevado respecto a las enfermedades hídricas relacionadas con estos agentes microbiológicos.



**Figura 7.** Muestras No aptas y Aptas para el consumo

Del mismo modo, los resultados arrojaron que del total de las fuentes de agua analizadas (n=7), un 71 % (5) resultaron no aptas para el consumo y un 29 % (2) de las fuentes resultaron aptas para el consumo.

La ubicación geográfica de los distintos lugares de localización de las perforaciones analizadas está representada en la imagen satelital respectiva en la (Figura 3) y asimismo la ubicación geográfica y las características demográficas del entorno de las mismas se compilaron en la (Tabla 2). La cantidad de habitantes surgió de la consulta verbal a los productores ya que no existe un censo actualizado del entorno poblacional hacia el asiento de las fuentes de agua en estudio. En cuanto a la cantidad de habitantes de la ciudad de General José de San Martín y la localidad de Selvas del Rio de Oro se obtuvieron del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010-realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (indec).

**Tabla 2.** Ubicación geográfica y entorno demográfico de las perforaciones (Pf)

Identificación de las perforaciones (Pf)	Ubicación geográfica	Características demográficas
Pf 1	<b>Pje. La Rinconada</b> Zona rural de Selvas del Rio de Oro Municipio La Eduviges	3 familias con aproximadamente 16 habitantes en forma permanente Selvas del Rio de Oro, 606 habitantes (*)
Pf 2		
Pf 3	<b>Pje. El Puente</b> Zona rural de Selvas del Rio de Oro Municipio La Eduviges	4 familias con aproximadamente 20 habitantes en forma permanente
Pf 4		
Pf 5	<b>Pje. 7 árboles</b> Municipiode General José de San Martín	8 familias con aproximadamente 35 habitantes en forma permanente. Escuela N° 205: población de 46 alumnos y 3 familias con aproximadamente 9 habitantes en forma permanente Localidad de general José de San Martín, 28124 habitantes (*)
Pf 6	<b>Pje. Campo Gamarra</b> Municipio de General José de San Martín	8 familias con aproximadamente 35 habitantes en forma permanente.
Pf 7	<b>Lote 60</b> Municipio de José de San Martín	30 familias con aproximadamente 120 habitantes en forma permanente

(\*) Fuente: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010-indec

La fuente que generó los resultados obtenidos en relación al régimen de lluvias y al balance hídrico efectuado, surgieron de la consulta realizada a los informes hidrológicos brindados por la Administración Provincial del Agua (APA), organismo autárquico de la provincia del Chaco. Estos abarcaron el año hidrológico desde el mes de marzo a diciembre del año 2017, la precipitación anual para el área de estudio de las perforaciones Pf 1, Pf 2, Pf 3 y Pf 4 alcanzó los 650 mm y para las Pf 5, Pf 6 y Pf 7 fue de 403 mm, en los dos casos, por debajo de la media histórica de 1000 a 1200 mm (Tabla 3).

**Tabla 3:** Régimen de lluvia en el entorno de las Pf estudiadas para cada muestreo

Identificación de las perforaciones (Pf)	Régimen de lluvias		
	1° muestreo/abril	2° muestreo/agosto	3° muestreo/diciembre
Pf 1	68 mm	466 mm	26 mm
Pf 2			
Pf 3			
Pf 4			
Pf 5	42 mm	277 mm	84 mm
Pf 6			
Pf 7			

Fuente: Administración Provincial del Agua (APA) de la Provincia del Chaco

Del estudio de las características físicas de los suelos realizado por el Instituto de Suelos INTA Castelar, de la provincia de Buenos Aires y la Estación Experimental Agropecuaria (INTA) Sáenz Peña en la provincia del Chaco, que fueron incorporados documentalmente al “Plan de Gestión Integrada de Riesgos Agropecuarios de la Provincia del Chaco”, me permitió inferir sobre las características hidrogeológicas, representadas en la (Tabla 4), que demuestra que los suelos dan cuenta de relieves llanos, con una pendiente que se extiende desde el noroeste al sudeste, tal característica la pude comprobar oportunamente observando la dirección de la corriente de los cursos fluviales. La principal característica de los suelos de la zona de estudio tiene que ver con los del tipo molisol y entisol. Para las Pf 1, Pf 2, Pf 3 y Pf 4 el recurso edáfico es del tipo entisol, que al tener una textura con mayor cantidad de arena, el agua se infiltra con mayor rapidez y favorece el drenaje. Los suelos del tipo molisol y entisol que ocupan la zona de estudio coincidente con las Pf 5, Pf 6 y Pf 7, son considerados como de mayor valor económico y de fertilidad, pero su baja permeabilidad y presencia de nutrientes afecta el desarrollo de las actividades agrícolas. Por su textura fina-forestal poseen capacidad para la retención de agua, pero una limitación es el drenaje de los mismos.

En cuanto a los caracteres organolépticos del agua, la mayoría de ellas mostraba color amarillento y sabor salino, en algunas leve y en otras más intenso, el color más o menos amarillento, de acuerdo a otras experiencias analíticas personales, podría haberse dado por una mayor presencia de hierro. Solo la Pf 1 mostro características organolépticas de color y sabor normales.

El agua era usada para regadío y consumo humano y animal en todos los casos, a excepción de la Pf 6 que debido a características organolépticas desagradables de olor y sabor al momento del muestreo no era empleada para consumo humano.

Todos los productores hortícolas eran del tipo complementario al momento del estudio, eso significa que dependiendo de la zona de producción, alternan la horticultura con otras actividades productivas agrícolas como por ejemplo tabaco, algodón, maíz, soja o girasol, como así también algunos de ellos como el caso del productor de la Pf 6 desarrollaba actividad pecuaria (avícola), de modo que puedan tener otros ingresos en diferentes épocas del año. En general, aumentan la superficie de hortalizas cuando en campañas anteriores otros productores tuvieron buenos resultados. Esta modalidad de producción caracteriza al sector hortícola como muy estacional, variable, generalmente informal y con productores que tienen escaso manejo de información. La mayoría de ellos manifestó que se dedicaban a la horticultura porque el gobierno les entregaba semillas, como apoyo a la producción.

**Tabla 4:** Recursos edáficos, caracteres organolépticos y uso del agua de las Pf estudiadas

Identificación de las perforaciones (Pf)	Características hidrogeológicas y productivas		
	Tipo de suelo	Características organolépticas	Uso del agua y tipo de producción
Pf 1	Entisol	Color y sabor normal	Productor complementario Regadío - consumo humano Hortícola
Pf 2		Color normal	
Pf 3		Sabor levemente salino	
Pf 4		Color amarillenta Sabor levemente salino	
Pf 5	Molisol  Entisol	Color normal Sabor salino	Productor complementario Regadío - consumo humano Hortícola - Avícola
Pf 6		Turbia - Color amarillenta Sabor y olor desagradable (materia orgánica en descomposición)	
Pf 7		Color amarillenta Sabor levemente salino	

En cuanto a la ubicación de los sistemas sépticos, pude observar que en todos los casos estaban ubicados a más de 30 m de la cabeza del pozo y al norte del mismo, coincidente con las recomendaciones generales de la Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), esta práctica ayuda a prevenir la contaminación de la fuente.

## Discusión

En general los datos obtenidos en el estudio realizado, son coincidentes con los resultados obtenidos por trabajos similares de diversos autores que he revisado, en el país y en el extranjero.

Los valores de *coliformes* demostraron una presencia importante en el primer muestreo y luego se presentaron con un significativo aumento hacia el segundo y tercer muestreo; en relación a *coliformes fecales* la presencia de *Escherichia coli* fue muy baja, solamente estuvo presente en dos muestras, de una misma perforación, coincido, como expresan Rodríguez, Asmundis, Ayala, y Arzú (2018), que el agua subterránea, por ejemplo el agua de pozo o perforación, generalmente es menos probable que se contamine con microorganismos asociados con heces que el agua superficial y que la abundancia de *coliformes* fue notoria, en todos los casos, en coincidencia con periodos de lluvia abundante como lo fueron los meses de noviembre/diciembre, con valores para las muestras de agua de perforación que superaron el NMP de  $\leq 3$ .

Ortiz, Ferrari, Giménez y Raffellini (2017) analizaron 50 muestras de aguas provistas por 24 productores hortícolas, previo registro de las perforaciones, donde solo 20% fueron aptas para consumo. De las 40 muestras no aptas, el 80% presentó un nivel superior al aceptable (NSA) de *coliformes totales*. Determinaron presencia de *Escherichia coli* en 32,5% de las muestras no aptas. En el 92 % de los establecimientos se detectaron muestras de agua que no cumplían con los criterios de potabilidad. Concluyeron que la calidad microbiológica del agua constituye una problemática a atender en las producciones hortícolas analizadas, por el potencial peligro que puede significar para la salud por su utilización en operaciones que implican el contacto directo con las hortalizas y el consumo del agua por los productores y su grupo familiar.

Refiere Hernández, Espinoza, Malpica y De Jesús (2011) que las concentraciones de *coliformes totales*, *coliformes fecales* y parásitos en agua y suelo sobrepasaron los valores límites de la norma oficial para la calidad de agua y suelo para

uso agrícola en Venezuela (Gaceta Oficial, 1995) y por la Organización Mundial de Salud (1989). Por lo tanto, las aguas de pozo de la zona de Barbacoas pueden ser clasificadas como no aptas para ser usadas como aguas de riego y mucho menos como uso recreacional o de consumo humano, debido al riesgo de adquirir una infección gastrointestinal, por la presencia de diversos agentes patógenos. Debido quizás a la alta carga microbiana patogénica, el paso del agua por el medio filtrante (suelo) no asegura la calidad del agua subterránea, por lo que las aguas provenientes de pozos profundos parecen no ser aptas para su uso en agricultura.

Por su parte, Valenzuela, Godoy, Almonacid y Barrientos (2012) en cuanto a la calidad microbiológica del agua de Pozo, en la mayoría de los meses del estudio refieren que los *coliformes totales*, superaron ampliamente los valores máximos establecidos por la norma chilena de calidad del agua e indican que las posibles causas, pueden ser, la cercanía a lugares destinados a patios de alimentación y bebida del ganado, sitios de pasturas con una intensiva carga animal, pozos purineros o fosas sépticas, observándose un incremento y una fuerte relación entre estas fuentes potenciales de contaminación y el número de *coliformes* en el agua, el mayor NMP de *coliformes totales* /100 ml de agua, se determinó en el agua del pozo de lechería (PL), (4839 NMP *coliformes totales* =  $\log_{10} 3,7$ ) en junio de 2009, y los menores valores se determinaron en el agua del pozo profundo (PP) (0 NMP *coliformes totales*) entre julio-agosto del 2008 y febrero-abril del 2009. Por su parte, el mayor NMP de *Escherichia coli* /100 ml de agua, se determinó en el agua de pozo de bebida (1041 NMP *Escherichia coli* =  $\log_{10} 3,0$ ) en mayo del 2009 y los menores en el agua del pozo profundo (0 NMP *Escherichia coli*) durante todo el periodo de muestreo, excepto mayo de 2009.

Coincidió con los resultados que obtuvieron Ramirez, Robles, Sainz, Ayala y Campoy (2009) trabajando en agua de mantos subterráneos en México, donde todos los pozos que estudiaron presentaron contaminación por *coliformes totales*, uno de ellos con una media geométrica de 107 UFC/100 ml. En cambio, los *coliformes fecales* estuvieron ausentes en cuatro de los pozos, pero en uno se presentó contaminación alta con una media geométrica de 107 UFC/100 ml. El pozo más contaminado con bacterias fue el número 3 y la contaminación de *coliformes totales* y *fecales* más alta se presentó en los meses de abril y julio.

Concuerdo en gran medida con los resultados obtenidos, en uno de los escasos trabajos producidos en la provincia del Chaco por Trinelli *et al.* (2018) donde

estudiaron microbiológicamente muestras de agua subterránea de pozos y hallaron que el 74% de las muestras del Impenetrable chaqueño y el 60 % de las muestras de la zona de Sáenz Peña, no son aptas para consumo por haber superado los límites establecidos en los parámetros para *coliformes totales* en el Código Alimentario Argentino y en dos casos en agua de pozo encontraron *Escherichia coli*.

Coincidente en parte con la región geográfica estudiada en este trabajo, en la provincia del Chaco, Lösch, GariboglioVázquez, Rivas y Merino (2015) indican que el agua subterránea representa una fuente alternativa y muchas veces única, para el consumo humano, donde encontraron *Escherichia coli* en un porcentaje del 38,7% de las 93 muestras estudiadas provenientes de fuentes de agua subterránea a partir de perforaciones existentes en los hogares, donde el agua subterránea era la única fuente disponible para el consumo, por lo que su empleo representaba un riesgo para la salud. Trabajaron en diferentes localidades donde se incluyó a la ciudad de Gral. José de San Martín.

Con el propósito de poder dilucidar las posibles fuentes de contaminación microbiana de la capa freática, revisé una publicación de mí autoría, Arzú (1991), coincidiendo con lo que pude apreciar de la situación operativa y del estado de las huertas en este trabajo, con ese momento experimental, había dado cuenta de una importante contaminación de tipo parasitológica en hortalizas de consumo crudo en la ciudad de Resistencia, Chaco, provenientes de distintos cinturones hortícolas, detectando la presencia de elementos como trofozoitos y huevos de parásitos, respectivamente de *Balantidium coli*, *Ancylostoma canis*, *Taenia saginata* y *Toxocara canis*, demostrando que las huertas no poseen alambres tejidos perimetrales y se ven frecuentadas por cerdos, perros y hombres que defecan en los almácigos o en las proximidades, creando condiciones para que esas deposiciones puedan filtrarse hacia el acuífero contaminándolo.

## Conclusión

El agua subterránea forma una parte muy importante del uso para fines de riego y consumo humano. Son fáciles de extraer y en general su costo es sensiblemente barato. Ellas proporcionan actualmente una parte muy importante de los recursos utilizados en el Chaco para riego en las explotaciones hortícolas y son la única fuente de acceso para el consumo humano, asimismo, su explotación intensiva ha permitido en ocasiones particulares un incremento importante de la superficie regada. Una perforación bien construida como las estudiadas, puede ser tan segura como los suministros públicos de agua, pero la subterránea está sujeta a contaminación por el ambiente de su entorno y puede llegar a tener los mismos riesgos que el agua superficial.

Una alta proporción de chacras hortícolas disponen de agua no apta microbiológicamente para los diferentes usos a la que se la destina, las deficiencias de calidad sanitaria se deben principalmente a recuentos que superan los límites admitidos para bacterias indicadoras de contaminación como los *coliformes*.

El agua que es aplicada a los productos hortícolas frescos antes de la cosecha, puede transferir estos microorganismos, incluyendo patógenos potenciales.

Si bien los objetivos del estudio no contemplaron la realización de un relevamiento específico sobre la existencia y ubicación de posibles focos de contaminación que podrían favorecer la llegada de contaminantes al acuífero, asimismo, consideré que los problemas de contaminación del agua subterránea detectados en este trabajo podrían estar dados en principio por la poca profundidad de las perforaciones, todas en un rango de 12 a 14 m, estos pozos poco profundos presentan una notable vulnerabilidad a la contaminación, este contexto puede estar dado por el percolado de líquidos a través del suelo, sobre todo en aquellos del tipo entisol, que al tener una textura con mayor cantidad de arena, el agua se filtra con mayor rapidez y favorece el drenaje.

Otra realidad que consideré importante en el complejo de contaminación del manto acuífero es la causada por la complementariedad de la producción, que podría estar relacionada directamente al tipo de actividad que estos productores desarrollan, fundamentalmente debido a la cercanía de la perforación a lotes con disposición de una alta carga animal, muy cercana a la perforación.

Las posibles filtraciones de agua superficial provenientes del Río de Oro que circunda en cercanía las perforaciones de los Pjes. La Rinconada y El Puente, pueden ser causales de contaminación. Por otra parte, determinadas malas prácticas desarrolladas por los productores que pueden incidir en la contaminación de los acuíferos especialmente cuando se utiliza abono de estiércol como fertilizantes orgánicos.

También podría atribuirse al incremento de las precipitaciones ocurridas en la región durante el período de muestreo y la poca profundidad del acuífero freático, juegan un rol determinante. El anegamiento de los suelos y posible ascenso del nivel de agua del acuífero freático, conjuntamente con los procesos de infiltración podrían constituirse en factores importantes que favorecieron la llegada de estos microorganismos al acuífero, provocando su contaminación.

Asimismo considero que si bien el estudio realizado me indicó que en la mayoría de las perforaciones el agua que proveen y en acuerdo con las referencia reglamentarias de potabilidad no son recomendables para el consumo humano; bajo esta premisa, también se debe tener en cuenta que poner en evidencia solo un grupo de indicadores es poco prudente, para poder considerar un agua segura, sabiendo de la gran variedad de patógenos que conocemos y que potencialmente pueden estar presentes en las fuentes de abastecimiento, como virus, otras bacterias y parásitos. El examen destinado a poner en evidencia uno o un grupo de indicadores pueden dar una aparente impresión de calidad sanitaria segura, si es que otros patógenos no identificados están presentes.

Durante muchísimo tiempo y hasta nuestros días el tratamiento que se le viene dando a este problema ha sido estudiar indicadores de calidad del agua que se seleccionan debido a su importante presencia en aguas y en materia fecal y a la relación que estos tienen con la presencia de organismos patógenos. Como lo he descripto precedentemente, los principales indicadores establecidos en todo el mundo incluyen *coliformes totales* y *fecales*, como *Escherichia coli*, sin embargo con las nuevas tecnologías y diferentes estudios en el mundo, han logrado evidenciar que otros microorganismos tales como *Enterococos*, *Cryptosporidium spp* y *Norovirus* que tienen un buen comportamiento como indicadores, podrían optimizar los exámenes y por consiguiente el diagnóstico de aptitud de agua para consumo humano.

En todos los casos estudiados los habitantes de las distintas chacras consumían el agua en forma directa desde la salida de la perforación, ya que todas las viviendas

carecen de procedimiento de desinfección y/o potabilización del agua, por lo que sugiero como un plan de acción, se implemente un procedimiento de desinfección de los pozos y la limpieza y desinfección de los depósitos y red de distribución del agua, cuyo protocolo instructivo de acción, que adjunto en Anexos como Anexo 1: Ficha N° 1 y Anexo 2: Ficha N° 2 y se entrega a cada uno de los propietarios de la explotación. Asimismo, en forma inmediata se sugiere también implementar algún método sencillo y de bajo costo, que ayude a disminuir a niveles aceptables la contaminación bacteriana, como por ejemplo: hervir el agua hasta que comience a evaporarse, desinfectar el agua colocando dos gotas de cloro (hipoclorito de sodio o agua lavandina comercial de 25 mg/litro de concentración de cloro) por litro de agua, durante media hora, antes de su consumo. Del mismo modo se puede recurrir a potabilizadores de agua químicos como por ejemplo el compuesto Dicloro-S-triazinatriona sódica, de distribución gratuita, entregados por el Ministerio de Salud Pública de la Nación a través de los organismos sanitarios provinciales, de muy fácil manejo y utilización, ya que se dosifica en comprimidos por litro de agua.

Ante estas apreciaciones, la posibilidad de definir nuevos indicadores de calidad del agua para consumo humano se constituye en un desafío más que interesante para la Salud Pública; por lo que estimo conveniente y apropiado poder diseñar y avanzar en nuevas líneas de investigación basadas en el estudio de estas aguas subterráneas y sus áreas de influencia, que nos permitan conocer mejor la ecología microbiana, su persistencia y la correlación que mantienen con los organismos patógenos, en función de poder maximizar los esfuerzos para poder conseguir una valoración eficiente de la calidad de agua para consumo humano.

Los resultados microbiológicos permitieron comprobar claramente la degradación de la calidad del agua. Los conocimientos generados son importantes en términos de salud pública, principalmente si se considera que cada fuente subterránea abastece a una familia y que los casos de infecciones por patógenos presentes en el agua raramente son comunicados.

Si bien, en la provincia del Chaco, existe una reglamentación que data del año 1992, el Decreto provincial N° 847/92 que expresa en un capítulo destinado a “Agua para riego de cultivos” que, no se admitirá en las aguas de riego líquidos que contengan: *Escherchia coli* en cualquier muestra de 100 ml; **j) Coliformes** en dos muestras de 100 ml. Sucesivas; **k) Un porcentaje de muestras de 100 ml. Con presencia de coliformes mayor al 5% en el año.** La experiencia a campo

demonstró que no se llevan prácticas de contralor en pos de verificar el cumplimiento de la misma, de hecho en la zona de experimentación, nunca se había llevado a cabo un trabajo con las características del presente.

En general los resultados de los estudios que se realizan, siempre son asimilados a los parámetros para consumo humano, creo concretamente que un importante desafío debería profundizar este trabajo mediante estudios de variables que permitan identificar probables causas involucradas en los cambios de calidad de la fuente de agua. Se hace necesario generar mayores prácticas o trabajos destinados a conocer en profundidad la problemática de provisión de agua con esos fines y se generen acciones que propendan al interés por la salud de las personas que tienen contacto con ella y disponer de herramientas para realizar vigilancia y control al cumplimiento de las mismas.

Considero también que nuevos estudios se deben efectuar en la región, no realizados hasta el momento del presente trabajo, a efectos de analizar parámetros hidroquímicos que puedan estar íntimamente asociados a cambios en la calidad del acuífero y de esa manera poder contar con un insumo muy importante y estrechamente relacionado a la calidad de la producción hortícola, como sería el abordaje de análisis físicos-químicos del agua, que podrían definir concretamente las causantes del cambio en las características organolépticas.

Se concluye que la calidad microbiológica del agua de acuerdo a lo normatizado en el Código Alimentario Argentino en función de las exigencias de admisibilidad para el agua potable, constituye una problemática a atender en las producciones hortícolas analizadas, por el potencial peligro que puede significar para la salud por su utilización en operaciones que implican el contacto directo con las hortalizas y el consumo del agua por los productores y su grupo familiar. El monitoreo y el trabajo conjunto con los productores son herramientas fundamentales para atenuar esta problemática.

Esto me permitió inferir que la capa freática realmente tiene importantes problemas de contaminación.

Es un desafío profundizar este trabajo mediante el estudio de nuevas variables que permitan identificar probables causas involucradas en los cambios de calidad de la fuente de agua.

Tengo el convencimiento de que la realización de este trabajo puede significar un aporte innovador al proponer pensar y en un futuro demostrar la presencia de otro indicador de contaminación fecal en el agua de consumo humano que no está

contemplado en los parámetros de potabilidad en la reglamentación Argentina (Código Alimentario Argentino).

## Reflexión metodológica

En el análisis y la formalización de los aspectos metodológicos, se construyó un Sistema de Matrices de Datos.

En el aspecto metodológico, se plasmó una investigación cuantitativa que consistió en contrastar una teoría existente, donde fue necesario obtener una muestra, representativa de una población o fenómeno objeto de estudio. Por lo tanto, para realizar estudios cuantitativos es indispensable contar con una teoría ya construida, dado que el método científico utilizado en la misma es el método deductivo.

Trabajé en un proceso de investigación práctica o empírica, siguiendo a Murillo (2008); de cara al estudio de casos, donde surgieron datos observables específicos, y hallazgos que fueron cumplimentando con los objetivos propuestos de identificar y formalizar modos válidos y eficaces de investigar un conjunto específico de inquietudes en el campo de la microbiología del agua subterránea para uso de riego y consumo humano, en el cual se trabajaron metodologías adecuadas para integrar los valores del problema formulado.

Básicamente el interés más destacado que originó la elección del tema de estudio, radica en la experiencia previa obtenida en proyectos de trabajo afines y la especial consideración respecto que en la zona elegida no existen referencias de trabajos similares, pero fundamentalmente la situación en que los moradores de las chacras estudiadas, no solo utilizan el agua para riego en horticultura, sino que también la usan para consumo.

Este tipo investigación científica nos ayuda a mejorar el estudio porque nos permitio conocer los hechos y fenómenos, lo que nos llevó a encontrar respuestas a determinados interrogantes sobre el tema, hace establecer contacto con el entorno, además constituye un estímulo para la actividad intelectual, ayudando a desarrollar una curiosidad creciente acerca de la solución de problemas y contribuyendo al progreso de la lectura crítica.

La elección del recorte concierne al campo disciplinar vinculado a la microbiología, en el cual se desarrolla el trabajo de investigación es decir que tiene que ver con la especificación del área de interés en el cual se desea a investigar. Siempre se tiene alguna certeza sobre algo, lo que en este caso se traduce en definir las propias inquietudes sobre el campo de estudio.

En general, podemos suponer que los problemas de investigación tienen, por lo menos, dos grandes fuentes: la reflexión crítica sobre su realidad y la formación disciplinar o profesional sobre un campo de conocimiento específico.

Cuando nos referimos a un estudio de caso, estamos hablando de un método que incluye una multiplicidad de fuentes y técnicas de recolección de información.

Para poder desarrollar el objetivo metodológico se realizó un estudio intrínseco de caso de la investigación disciplinar vinculada a la microbiología del agua, cuyo propósito fue alcanzar la mayor comprensión del caso en sí mismo, nos interesa intrínsecamente y queremos aprender sobre él en particular. Este tipo de estudio, cuyas características y finalidad que se persigue contiene especificidades propias que tienen un valor en sí mismo, donde no elegí el caso porque sea representativo de otros casos o porque ilustre un determinado problema, sino porque el caso en sí reviste un importante interés, que se tradujo a partir de la propia demanda. Tampoco se persigue el interés de generar ninguna teoría.

En cuanto a la dimensión del estudio de caso, fue mas bien reducido involucrando al área del Departamento Libertador General San Martín en la provincia del Chaco.

Donde el producto final es un documento básicamente descriptivo, para el que presenté un rico informe detallado del fenómeno objeto de estudio y aportar información básica sobre áreas no investigadas, considerando que sería un aporte importante dado la falta de antecedentes sobre el tema en la región estudiada.

En cuanto a las ventajas que ofrece el estudio de caso debo expresar que los datos del estudio se obtienen y proceden de las prácticas y experiencias del investigador y están fuertemente basados en la realidad. Asimismo otras de las fortalezas que consigue es la posibilidad que brinda de mostrar la complejidad del contexto estudiado como son los aspectos hídrológicos, los recursos edáficos, demográficos y fundamentalmente la articulación de estos aspectos a la vida social en el entorno de las perforaciones estudiadas.

Los insumos producto de las fuentes de datos ofrecen a partir de ellos que se tomen para hacer análisis posteriores, pudiendose conservar para futuros trabajos de investigación.

Como los datos contenidos en lo estudios de casos están próximos a las costumbres o hábitos de las personas, pueden ser más convincentes y accesibles, tal lo demuestra el presente trabajo.

Otra fortaleza que puedo indicar, es que es adecuado para investigaciones a pequeña escala, en un marco limitado de tiempo, espacio y recursos.

En cuanto a las limitaciones, a veces la sola complejidad de un caso puede llegar a problematizar el estudio. Esto es particularmente cierto debido a que la naturaleza holística de un estudio de casos, es decir, que se utiliza una visión integral y completa en el análisis de una realidad, significa que el investigador a menudo es consciente de las conexiones entre los diversos eventos, variables y resultados. En consecuencia, todo parece ser relevante. Pero no lo es y escribir como si lo fuera no constituye buena investigación. Es necesario mostrar las conexiones pero sin perder la perspectiva de conjunto.

También quiero expresar que he comprendido claramente que diseñar el objeto de investigación quiere decir definir el "sistema de matrices de datos".

Lo importante de todas estas reflexiones es que al final del trabajo, arduo por cierto y de mucho tiempo de dedicación me he dado cuenta que el proceso de investigación es un firme proceso de construcción, reflexión y, en muchos casos, con seguridad de improvisación ante lo imprevisto.

Como conclusión final podemos inferir que construir un objeto implica una complejidad creciente de relaciones en las que se develan una serie de indicadores, variables, datos, hechos, que en un inicio no son contemplados o considerados.

## Anexos

### Anexo 1.

#### Ficha N° 1: Instructivo de desinfección de pozos

- 1.- Llenar el tanque de reserva, si lo hay, para utilizarlo mientras dure el proceso de desinfección y desconectarlo de la bomba de alimentación.-
- 2.- Retirar el cabezal de la bomba y echar entre el caño camisa y de succión unos 5 – litros de hipoclorito de sodio al 10 % o 10 Lts. de agua lavandina concentrada (comercial) al 5-6 %.-
- 3.- Armar nuevamente la bomba y hacerla funcionar hasta que el agua salga con fuerte olor o gusto a cloro, para asegurarse que el desinfectante está en contacto con la cañería. Dejar en reposo por lo menos 10 horas (si es posible 24 horas) y luego bombear hasta que el agua salga sin olor ni gusto a cloro.
- 4.- Sacar una muestra de agua de la bomba, siguiendo las instrucciones correspondientes al instructivo que será provisto por este laboratorio.-
- 5.- Si el resultado del mismo es “**Deficiente**”, repetir la desinfección y efectuar nuevo análisis microbiológico.

Si después, de dos desinfecciones el pozo sigue siendo “Deficiente”, las causas frecuentes pueden ser:

- a) Que la primera napa (generalmente contaminada) no esté debidamente aislada y contamine las napas inferiores.
- b) Que el caño de succión de la bomba presente alguna grieta o fisura.
- c) Que la napa esté contaminada.

Debe establecerse correctamente la causa de la deficiencia.

## **Anexo 2.**

### **Ficha N° 2: Instructivo para la desinfección de tanques y cisternas**

- 1.- Vaciar parcialmente el tanque o cisterna dejando una cantidad de agua que permita, lavar la tapa, paredes y fondo, utilizando para ello raqueta o cepillo. Luego de vaciarlo completamente y enjuagar una o más veces según los residuos acumulados, de ser posible eliminarlos por el desagüe del fondo del tanque de manera que no pasen por la red o cañería de distribución.
- 2.- Lavar el tanque o cisterna con agua e hipoclorito de sodio utilizando para ello un balde y rasqueta o cepillo; por ejemplo: para 5 litros de agua agregar 250 cc de hipoclorito de sodio (una taza grande), o su equivalente en agua lavandina concentrada, el doble de la cantidad antes mencionada. La limpieza debe realizarse con cepillado suave de la tapa, paredes y fondo. Enjuagar y llenar el tanque con agua agregando por cada 1.000 litros de agua, 1 litro de hipoclorito de sodio el que se puede sustituir por doble cantidad de agua lavandina concentrada, luego se deja actuar por no menos de tres (3) horas y hasta un máximo de ocho (8) horas.
- 3.- El agua clorada se la deja salir por todos los grifos y depósitos de agua (inodoros, mingitorios, etc.) que están en la red interna de distribución de manera que se efectúe el lavado y desinfección, finalmente, llenar el tanque para ponerlo en servicio.
- 4.- El tanque elevado de distribución debe tener o estar provisto de tapa o cierre hermético, de manera que no lleguen a él pájaros, polvo ambiente, etc., que contaminan el agua.
- 5.- Es conveniente tomar nota de la fecha en que se realizó el trabajo de limpieza y desinfección a los efectos de controlar e informar del mismo cuando sea requerido.

## Bibliografía

1. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (2005). Microbiological examination of water. En: Greenberg AE, ed. Standard method for the examination of water and wastewater. 21 ed. Washington D.C.: APHA, AWWA, WEF (B - 9-71).
2. Anduro Jordan, J.A.; Cantú Soto, E.U.; Campas Baypoli, O.N.; López Cervantes, J.; Sánchez Machado, D.I.; Félix Fuentes, A. (2017) Diagnóstico de la calidad sanitaria del agua de pozo en comunidades del sur de Sonora, México. *Revista de Salud Pública y Nutrición*, 16 (1).
3. Arcos Pulido, M.P.; Avila, S.L.; Estupiñán Torres, S.M.; Gómez Prieto, A.C. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova - Publicación Científica*. 3 (4), 69 – 79.
4. Arzú, O.R. (1991) Control parasitológico de la producción hortícola de consumo crudo. *Rev. vet.* 3: 1, 29-32.
5. Baccaro, k.; Degorgue, M.; Lucca, M.; Picone, L.L; Zamuner, E.; Andreoli, Y. (2006). Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata. *RIA*, 35 (3): 95-110. INTA, Argentina.
6. Balzarini, M.; Di Rienzo, J.; Tablada, M.; González, L.; Bruno C.; Córdoba M.; Robledo, W.; Casanoves, F. (2011). *Estadística y Biometría*. Córdoba: Brujas.
7. Bettera, S.G.; Dieser, S.A.; Vissio, C.; Geuna, G.; Díaz, C.; Larriestra, A.J.; Odierno, L.M.; Frigerio, C. (2011). Calidad microbiológica del agua utilizada en establecimientos lecheros de la zona de Villa María (Córdoba). *Revista argentina de microbiología*, 43: 111-114
8. Beuchat, L.R. (2006). Vectors and conditions for preharvest contamination of fruits and vegetables with pathogens capable of causing enteric diseases", *British Food Journal*, 108 (1), 38-53

9. Camacho, A., Giles, M., Ortigón, A., Palao, M., Serrano, B., Velázquez, O. (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. 2ª ed. Facultad de Química, UNAM. México.
10. Canosa, A. (1995). *Indicadores bacteriológicos de eutrofización en los embalses de Chuza, Neusa y Tominé y en la laguna de Chingaza*. Bogotá, Colombia: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Centro de Investigaciones Científicas.
11. Castillo Herrera, S.; Barrezueta Unda, S.; Arbito Quituisaca, J. (2019) Evaluación de la calidad de aguas subterránea de la parroquia La Peaña, provincia El Oro, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 12 (31), 64-73
12. Conboy, M.J., Goss, M.J. (2000). Natural protection of groundwater against bacteria of fecal origin. *J Contam Hydrol*; 43:1-24.
13. De La Lanza, E.G.; Hernandez, P.S.; Carbajal, P.J.L. (2000). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. México: Plaza y Valdés.
14. Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Gonzalez, L.; Tablada, E.; Díaz, M.; Robledo, C.; Balzarini, M. (2008). *Estadística para las Ciencias Agropecuarias*. 7º ed. Córdoba: Brujas.
15. Díaz, D.C., Esteller, A.M., López, V.M. (2005). *Recursos hídricos: conceptos básicos y estudios de casos en Ibero américa. Ilustraciones, figuras, cuadros y gráficos*. Toluca, México: Cirauaem.
16. Do Amaral, L.A.; Nader Filho, A.; Rossi Junior, O.D.; Alves Ferreira, F.L.; Soares Barros, L.S. (2003). Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Rev Saúde Pública*; 37(4):510-4

17. Domínguez Gutiérrez, M.S. (2007). El objeto de estudio en la investigación. Diversas aproximaciones. *Revista de Educación y Desarrollo*, 7. México.
18. Fariñas, M.C., Torres, C. (2007). Enterococo un patógeno emergente en nuestros hospitales. *Enferm. Infecc. Microbiol. Clin.*; 25: 500-2.
19. Fayer, R., Trout, J.M., Graczyk, T.K., Lewis, E.J. (2000). Prevalence of *Cryptosporidium parvum*, *Giardia* sp and *Eimeria* sp infection in post-weaned and adult cattle in three Maryland farms. *Vet Parasitol*; (93):103-12.
20. Fewtrell, L., Kay, D., Godfree, A. (1998). The microbiological quality of private water supplies. *Water and Environment Journal*, 12 (2), 98-100. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1998.tb00156.x>
21. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela (1995) El control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos y Efluentes Líquidos (Decreto 883). Edición Extraordinaria, (5245).
22. Galán, B. (2010). Universidad de Buenos Aires (UBA). Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. *Metodología Aplicada al Diseño. Teoría y Práctica del Diseño*. Recuperado de: <http://pdfhumanidades.com/sites/default/files/apuntes/0620-20GALAN20Matriz20de20Datos.doc>
23. Galtung, J. (1978). *Teoría y técnicas de la investigación social*. 3a. Ed. EUDEBA. Buenos Aires.
24. Girón, D. (2011). *Evaluación y mapeo de la calidad del agua y nivel freático en pozos artesanales para abastecimiento humano y su posible relación con la red hidrológica en el casco urbano de la ciudad de Chiquimula 2009* (Tesis de graduación). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
25. Gray, N.F. (1996). *Calidad del agua potable. Problemas y soluciones*. Zaragoza. Acribia.

26. Hernández, J., Espinoza, Y., Malpica, L., de Jesus, M. (2011). Calidad del agua de riego y parámetros microbiológicos y químicos del suelo de la zona agrícola de Barbacoas, estado Aragua. *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 37(1): 1-10.
27. Hidalgo Guzmán., J. L. (1992). “Construcción del objeto de investigación”. Una estrategia constructivista. *Revista de Investigación Educativa*. 16. México.
28. Larrea Murrell, J.A., Rojas Badía, M.M., Romeu Álvarez, B., Rojas Hernández, N.M., Heydrich Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44, (3), 24-34.
29. Lösch, L.S.; Gariboglio Vázquez, M.L.; Rivas, M.; Merino, L.A. (2015) Detección de genes de virulencia del patotipo enteroagregativo en cepas de Escherichia coli aisladas de fuentes de agua subterránea de la provincia del Chaco, Argentina. *Rev. Argent. Microbiol.* 47 (2): 88-94
30. Mayer, H.F. (1986). *Bromatología. Higiene y Control de Alimentos*. Tomo 2. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste, Dirección de Impresiones.
31. Mayer, H.F. (1996). *Patología comparada y salud pública*. Tomo 1. Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste, Dirección de Impresiones.
32. Molano Camargo, F., Pantoja Villarreal, M. I., Rincón Salazar M. T. (1999). Estado del Arte de la Educación Inicial en el Departamento del Putumayo. *Rev. Criterios*. 8. Pasto, Universidad Mariana.
33. Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-científica/investcientífica.shtm>
34. Mora, J.; Calvo, G. (2010). Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa. *Tecnología en Marcha*, 23, (5), 34-40

35. Ongley, E. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. *Estudio FAO y Drenaje 55*, FAO, Roma.
36. Organización Mundial de la Salud (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición. Volumen 1. Recomendaciones.* Organización Mundial de la Salud.
37. Ortiz, S.G.; Ferrari, J.; Giménez, M.; Raffellini, S. (2017). *Calidad microbiológica del agua en establecimientos hortícolas del partido de Luján, provincia de Buenos Aires.* Luján, C.R. Buenos Aires Norte, E.E.A. INTA. San Pedro, Gerencia de Control de Gestión.
38. Ortiz, L.; Martínez, G. (2000). Contaminantes del agua de riego en zonas hortícolas de corrientes. Uso y preservación de los recursos hídricos en las umbrales del siglo XXI. *Memorias del XVIII Congreso Nacional del Agua.* Recuperado de: <http://libnet.unse.edu.ar/5Con/Rhid/R/R03019.pdf>.
39. Oyarzún, C., Godoy, R., Leiva, S. (2002). Depositación atmosférica de nitrógeno en un transecto valle longitudinal-cordillera de Los Andes, centro-sur de Chile. *Rev Chil Hist Nat*; 75, 233-43.
40. Pérez Carrera, A., Moscuza, C.H., Fernández Cirelli, A. (2008). Efectos socioeconómicos y ambientales de la expansión agropecuaria. Estudio de caso: Santiago del Estero, Argentina. *Ecosistemas* 17 (1), 5-15
41. Picone, L.I.; Andreoli, Y.E.; Costa, J.L.; Aparicio, V.,- Crespo, L., Nannini, J.; Tambascio, W. (2003). Evaluación de nitratos y bacterias coliformes en pozos de la cuenca alta del arroyo pantanoso (Bs. As.) *Rev. de Investigaciones Agropecuarias, RIA*, 32(1):99-110.
42. Poder Ejecutivo de la Nación Argentina. (30 de junio de 1971). Código Alimentario. Decreto N° 2126 reglamentario de la Ley 18.284. Recuperado de:

[http://www.anmat.gov.ar/webanmat/Legislacion/Alimentos/Decreto\\_2126-1971.pdf](http://www.anmat.gov.ar/webanmat/Legislacion/Alimentos/Decreto_2126-1971.pdf)

43. Poder Legislativo de la Nación Argentina. (18 de julio de 1969) Código Alimentario. Ley 18.284. Recuperada de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat\\_ley\\_18284.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_ley_18284.pdf)
44. Pomareda, C. (1995). *Instituciones y políticas para contribuir al manejo integrado de los recursos naturales*. ICRAF.
45. Prescott, L.; Harley, J. y Klein, D. (1996). *Microbiología*. Madrid: McGraw-Hill.
46. Produce Safety Alliance. (2018). *Manual para productores en español*. Separador 6: Agua de uso agrícola - Parte 1: agua para la producción. Cornell University. College of Agriculture and Life Sciences. Recuperado de: <https://producesafetyalliance.cornell.edu/curriculum/spanish-grower-manual-electronic-public-release/>
47. Ramírez, E.; Robles, E.; Sainz, M.G.; Ayala, R.; Campoy, E. (2009). Calidad microbiológica del acuífero de Zacatepec, Morelos, México. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 25 (4) 247-255.
48. Rodríguez, S.C.; Asmundis, C.L.; Ayala, M.T.; Arzú, O.R. (2018). Presencia de indicadores microbiológicos en agua para consumo humano en San Cosme (Corrientes, Argentina). *Rev. vet.* 29: 1, 9-12.
49. Rodríguez, C.I.; Ruiz de Galarreta, V.A.; Tabera, A. - Condiciones de explotación y uso doméstico del agua: el caso de un barrio periférico de la ciudad de Tandil, Buenos Aires, argentina. *Cuadernos del Curiham*, 14.
50. Rodríguez, S.; Gauna, L.; Martínez, G.; Acevedo, H.; Romero, C. (2012) Nitrate and Bacterial Contamination in Water. *Terra Latinoamericana*, 30 (2).

51. Samaja, J. (2002). *Epistemología y Metodología: Elementos para una teoría de la Investigación Científica*. 3ª Ed. 3º Reimp. Buenos Aires: EUDEBA.
52. Salazar, F., Dumont, J., Santana, M., Pain, B., Chadwick, D., Owen, E. (2003). Prospección del manejo y utilización de efluentes de lecherías en el sur de Chile. *Arch Med Vet*; 35: 215-.
53. Suarez, P.M. (2002). Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Revista Cubana de Higiene, Epidemiología y Microbiología*. 40 (1),38-43.
54. Steele, M., Odumeru, J. (2004). Irrigation water as source of foodborne pathogens on fruit and vegetables. *J Food Prot*, 67(12), 2839–2849.
55. Stukel, T., Greenberg, R., Bradley, D., Reed, F., Jacobs, N. (1990). A longitudinal study of rainfall and coliform contamination in small community water supplies. *Environmental Science & Technology*, 24, 571-575.
56. Trinelli, M.A.; Mallou, F.; González, M.P.; Kassisse, Y.; Rodríguez, A.I.; Casullo, M.; Hanela, S.; Cruz, M.; Moundiroff, I.; Mujica, C.; Marquina, L.; Vilches, M.; Angelini, G.; Romero, E.; Iriel, A.; Docampo, M.; Lelli, D.; Rosi, P.E. (2018) - Calidad de agua para consumo en tres localidades de la provincia de Chaco, Argentina. *Presentado en el IFRH 2018, 4º Encuentro de Investigadores en Formación en recursos Hídricos*.
57. Urseler, N.L.; Bachetti, R.A.; Damilano, G.; Morgante, V.; Ingaramo, R.N.; Saino, V.; Morgante, C.A. (2019). Calidad microbiológica y usos del agua subterránea en establecimientos agropecuarios del centro-sur de Córdoba, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 35 (4) 839-848.
58. USEPA (US Environmental Protection Agency). (2004). *Guidelines for water reuse*. Recuperado de: <http://www.epa.gov/>

- 59.** Valenzuela, E., Godoy, R., Almonacid, L., Barrientos, M. (2012). Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana. *Rev. chil. infectol.* 29 (6).
- 60.** Vieytes, R. (2004). *Metodología de la investigación en organizaciones, mercado y sociedad: Epistemología y técnicas*. Buenos Aires: De las ciencias.
- 61.** Vivot, E. P., Rugna, M. C., Giéco, A. M., Sánchez, C. I., Ormaechea, M. V., Sequin, C. J. (2010). Calidad del agua subterránea para usos agropecuarios en el departamento Villaguay, Entre Ríos. *AUGMDOMUS*, 2, 1-15.