



**Diagnóstico de la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la empresa
PharmaCielo con fines de fertirrigación de flor de cannabis para exportación.**

Yesica Barrera Misas

Informe de práctica académica presentado como requisito para optar al título de:
Ingeniera Sanitaria

Asesor

Verónica Isabel Castro Sánchez, Ingeniera Sanitaria /Estudiante de Maestría en Ingeniería
Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.
Ingeniería Sanitaria.
Medellín, Antioquia, Colombia.
2022.

Cita	(Barrera Misas, 2022)
Referencia	Barrera Misas, Y. (2022). <i>Diagnóstico de la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento de la empresa PharmaCielo con fines de fertirrigación de flor de cannabis para exportación.</i>
Estilo APA 7 (2020)	[Prácticas académicas profesionales]. Universidad de Antioquia, Medellín,



PharmaCielo Colombia Holdings SAS.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Cada letra, razonamiento y esfuerzo plasmado en este informe, está dedicado a Dios y a mi madre.

A Dios, quien gobierna sobre todo y me permitió entender destellos acerca de la dinámica del universo que creó (Job 38).

A mi madre, que con tanta paciencia esperó el gran día de finalizar este pregrado.

Agradecimientos

Universidad de Antioquia y educación pública, gracias por dotarme de conocimientos, identidad y sueños.

PharmaCielo Colombia Holdings SAS, gracias por la confianza y la humildad, el mejor equipo técnico trabajando en unidad.

Mi esposo Jonathan, gracias por brindarme amor, infundirme ánimo y afirmación.

Jairo y Laura, gracias por ser incondicionales para mí.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Marco teórico	14
3 Metodología	20
4 Análisis y resultados	22
4.1 Modelación de parámetros de calidad de agua	22
4.2 Levantamiento de planos	23
4.3 Resultados de laboratorio	25
4.3.1 Resultados microbiológicos del acueducto veredal El Capiro.	26
4.3.2 Resultados fisicoquímicos del acueducto veredal El Capiro	30
4.3.3 Resultados microbiológicos del Reservorio 1	31
4.3.4 Resultados fisicoquímicos del Reservorio 1	33
5 Conclusiones	39
6 Referencias	41
7 Anexos	44

Lista de tablas

Tabla 1 Características físicas de las normativas colombianas e israelíes.	15
Tabla 2 Características microbiológicas de las normativas colombianas e israelíes.	16
Tabla 3 Características químicas de las normativas colombianas e israelíes.	16
Tabla 4 Resultados fisicoquímicos del Reservorio 1.	34
Tabla 5 Resultados microbiológicos luego de la dosificación de cloro.	39

Lista de figuras

Figura 1 Marco normativo de ambos países.	18
Figura 2 Ortofoto de PharmaCielo.	20
Figura 3 Metodología empleado para el desarrollo de la práctica profesional	21
Figura 4 Expresiones del modelo.	22
Figura 5 Funcionamiento del modelo.	23
Figura 6 Plano del bloque 3.	24
Figura 7 Punto de muestreo 1.	24
Figura 8 Punto de muestreo 2.	25
Figura 9 Punto de muestreo 3.	25
Figura 10 Dosis de inactivación log 3	36
Figura 11 Parámetros de diseño.	37
Figura 12 Sistema de dosificación de cloro	38
Figura 13 Monitoreo de cloro residual	38

Listado de Gráficas

Gráfica 1 Resultados para mesófilos aerobios del acueducto veredal El Capiro.	27
Gráfica 2 Resultados para E. coli del acueducto veredal El Capiro.	28
Gráfica 3 Resultados para Coliformes totales del acueducto veredal El Capiro.	28
Gráfica 4 Resultados para pseudomona aeruginosa del acueducto veredal El Capiro.	29
Gráfica 5 Resultado para pH del acueducto veredal El Capiro.	30
Gráfica 6 Resultado para conductividad eléctrica del acueducto veredal El Capiro.	31
Gráfica 7 Resultado para mesófilos aerobios del Reservorio 1.	32
Gráfica 8 Resultado para coliformes totales del Reservorio 1.	32
Gráfica 9 Resultado para E. coli del Reservorio 1.	33

Siglas, acrónimos y abreviaturas

RES	Resolución
GACP	Buenas prácticas agrícolas y de cosecha
GMP	Buenas prácticas de fabricación
PHR	Public Health Regulations
PEC	Planta de extracción de cannabis

Resumen

Actualmente, Colombia se ha sumado a otros países en materia de reglamentar la fabricación, el uso de semillas y el cultivo de cannabis para fines medicinales y científicos, abriendo paso para que diferentes sectores reúnan conocimientos al momento de entregar un producto terminado de alta calidad que cumpla con las normativas según la modalidad de negocio lo requiera. Este informe investiga experimental y analíticamente los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de calidad de agua de las diferentes fuentes que abastecen el invernadero de cultivo de flor de cannabis de la empresa Colombo-canadiense PharmaCielo, con el fin de determinar la alternativa óptima para el fertirriego, dentro de los requerimientos que exige la certificación ICANN GAP en condición de agua potable para la exportación de inflorescencias a Israel. En este proyecto se determinó que la fuente de abastecimiento óptima para el fertirriego es la proveniente del acueducto veredal El Capiro, teniendo todos los parámetros fisicoquímicos dentro de la normativa de agua potable colombiana. En el caso de los parámetros microbiológicos, y en comparación con la fuente del Reservoirio 1, el agua del acueducto tuvo una menor carga microbiológica. Desafortunadamente, también incumple con la resolución 2115 de 2007, por lo que se realizó un pulimento en el sistema de abastecimiento.

Palabras clave: calidad de agua, fertirriego, cannabis, cultivo, abastecimiento de agua, pulimento de agua, exportación, parámetros microbiológicos, parámetros fisicoquímicos.

Abstract

Currently, Colombia has joined other countries in regulating the manufacture, use of seeds and cultivation of cannabis for medicinal and scientific purposes, opening the way for different sectors to unite knowledge when delivering a high-quality finished product that comply with the regulations as required by the business modality. This report experimentally and analytically investigates the physicochemical and microbiological parameters of water quality from the different sources that supply the cannabis flower cultivation greenhouse of the Colombian-Canadian company PharmaCielo, in order to determine the optimal alternative for fertigation, within of the requirements demanded by the ICANN GAP certification in the condition of drinking water for export inflorescences to Israel. In this project it was determined that the optimal supply source for fertigation is from El Capiro village aqueduct, having all the physicochemical parameters within the Colombian drinking water regulations. In the case of microbiological parameters, and compared to the source of Reservoir 1, the water from the aqueduct had a lower microbiological load. Unfortunately, it also fails to comply with resolution 2115 of 2007, so a polish was made to the supply system.

Keywords: water quality, fertigation, cannabis, cultivation, water supply, wáter polishing, export, microbiological parameters, physicochemical parameters.

Introducción

La historia de la legislación en Colombia, en lo concerniente al cannabis, se ha ido transformando en beneficio de la economía, la agricultura y la medicina. El más reciente suceso, fue la expedición del decreto 0811 de 2021 que permitió la exportación de flor seca; esta modificación a la norma 0613 del 2017, realiza un control más riguroso en el otorgamiento de licencias y da paso al fortalecimiento de la investigación científica mediante autorizaciones extraordinarias a instituciones de educación superior para que adelanten investigaciones sobre la planta de cannabis (Ministerio de Salud y Protección Social, 2021). Es aquí donde, en materia de competitividad, se entrelazan el área agrícola con la farmacéutica para lograr un producto de excelencia y que cumpla con un sinnúmero de normativas en cuanto a la legalidad del cultivo, el estándar de control de la calidad de las instituciones farmacéuticas, el cumplimiento de las buenas prácticas agrícolas y de cosecha (GACP), las buenas prácticas de fabricación (GMP), y los requerimientos específicos de cada país a donde sea exportada la flor. Es por esto, que la industria del cannabis medicinal se convierte en una de las más exigentes en términos de requisitos con el fin de garantizar la seguridad del consumidor y de los operarios en todo el proceso productivo (Fagundes, 2020).

Adicionalmente, la industria farmacéutica y la agricultura son altamente dependientes de un suministro estable de agua en cantidad y calidad suficientes (Strade et al., 2020), estos datos corroboran el hecho de que el agua es la materia prima más usada para la manufactura de los productos medicinales, integrada o no a la formulación final, y también para el lavado de equipos, recipientes y envases. De igual modo en la agricultura, es el componente básico de crecimiento óptimo del cultivo (Strade et al., 2020). El agua, debido a sus propiedades químicas es capaz de disolver, absorber, o suspender numerosos compuestos, estos compuestos a su vez pueden ser nocivos para la salud; por tal razón, y en el marco de la exportación de flor de cannabis, es necesario el control y monitoreo del agua permanentemente desde su propagación in vitro hasta su inflorescencia (Strade et al., 2020). En consecuencia, es necesario estandarizar toda la normativa nacional y del exterior concerniente a la calidad del agua, evaluar las fuentes de abastecimiento, los sistemas de tratamiento, almacenamiento, distribución de agua y finalmente el sistema de riego.

Por lo que, durante el desarrollo del semestre de industria, se brindó un diagnóstico de la calidad de agua de las dos fuentes que abastecen el bloque 3 de la empresa PharmaCielo, se

adelantaron adecuaciones en la infraestructura con el fin de exportar flor de cannabis a Israel. Una de dichas fuentes proviene de un acueducto veredal llamado El Capiro y la otra, es captada de un lago aguas arriba denominado ‘Reservorio 1’. Lo anterior, se llevó a cabo mediante muestreos periódicos fisicoquímicos y microbiológicos, haciendo una exhaustiva comparación de los resultados obtenidos, entre la legislación de agua potable colombiana e israelí, y con lo dispuesto por los estándares o requisitos de calidad de las materias primas farmacéuticas.

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Determinar la alternativa óptima de abastecimiento que cumpla con las normativas de calidad de agua para el fertirriego de la flor de cannabis en la empresa PharmaCielo.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar muestreos fisicoquímicos y microbiológicos a las dos fuentes de abastecimiento de agua del Bloque 3 de la empresa PharmaCielo.
- Comparar los resultados del monitoreo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las normativas de calidad de agua para fertirriego.
- Proponer algunas recomendaciones sobre la necesidad y alternativas de sistemas de tratamiento de agua potable según los resultados obtenidos que permitan el cumplimiento de los estándares nacionales e internacionales requeridos.

2 Marco teórico

El Decreto 0613 de 2017 emitido por el Ministerio de salud y protección social, estableció el criterio de definición del plan de fabricación en el ámbito de cannabis medicinal, donde uno de sus ítems hace hincapié a los procedimientos de transformación y de control de calidad que serán implementados en el área (Carreño, 2020). De lo anterior, se desprenden una serie de elementos que deben tener una compañía en su sistema de gestión de calidad. En PharmaCielo Colombia Holdings S.A.S, este sistema está adaptado de estándares internacionales y nacionales, además de las necesidades implícitas de los clientes y partes interesadas.

Uno de los estándares de calidad usados en la empresa, son las Directrices de Buenas Prácticas de Fabricación de EudraLex, que es el conjunto de normas y reglamentos que rigen los medicamentos en la Unión Europea. En cuanto a la calidad de agua, las plantas de tratamiento y los sistemas de distribución, deben mantenerse de manera que garanticen una fuente confiable de agua, por ello, el abastecimiento y el equipo/sistema de tratamiento de agua debe monitorearse periódicamente para detectar contaminación química y biológica. Se deben mantener registros de los resultados del monitoreo y de cualquier acción tomada (EudraLex, 2009). Además, el agua de proceso debe como mínimo, cumplir con las pautas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua potable, en algunos casos, el agua potable puede resultar ser insuficiente para asegurar la calidad y se requieren especificaciones químicas y/o microbiológicas más estrictas, así pues, cuando el agua utilizada en el proceso sea tratada por el fabricante para lograr una calidad definida, el proceso de tratamiento debe ser validado y monitoreado con límites de acción apropiados (EudraLex, 2014). Asimismo, otras certificaciones adheridas en la institución son las buenas prácticas de fabricación para establecimientos de la industria químico-farmacéutica dedicada a la fabricación de medicamentos y las buenas prácticas de fabricación para fármacos o principios activos, ambas procedentes de México; donde también, se hace énfasis en que el agua para el procesamiento debe ser potable y debe cumplir con los parámetros establecidos por el país (Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, 2000). Igualmente, las especificaciones que debe cumplir el agua de uso farmacéutico están establecidas en la farmacopea (Farmacopea Europea - Ph Eur, Farmacopea de los Estados Unidos - USP). Específicamente la USP 1231 establece los parámetros para fines farmacéuticos según su uso (Agua purificada, agua altamente purificada y agua para inyección) (USP, 2015).

De acuerdo con lo anterior y en el marco nacional colombiano, las normas que encierran los criterios de agua potable son; la Resolución 2115 de 2007 donde se desglosan los requerimientos físicos, químicos y microbiológicos que debe tener el agua para consumo humano, además de los instrumentos básicos para garantizar, controlar y vigilar la calidad de agua, y el Reglamento técnico 0330 de 2017 que describe los requisitos técnicos a considerar en toda obra de infraestructura de saneamiento básico para asegurar buenas condiciones de servicio. Por otro lado, en el contexto enfocado a la exportación hacia Israel, la certificación ICANN GAP califica a todo proveedor del mercado de cannabis medicinal mediante un riguroso proceso de auditoría realizado por el Instituto de Calidad y Control (IQC); que es el organismo de certificación privado más grande de Israel, en donde el agua de fertirriego es un factor de suma importancia (Parkinson, 2021). Varias de sus cláusulas además de demandar que el riego sea con agua potable; se prohíbe el riego con agua efluente, agua reciclada (de reúso) o cualquier agua que no sea potable, también instan en instalar sistemas de control y monitoreo para las porciones de agua y fertilizante (“Good Agricultural Practices for Medical Cannabis ICANN G.A.P,” 2021).

Ahora bien, la legislación de agua potable para Colombia (Resolución 2115, 2007) (*Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial*, 2007) y la israelí (Public Health Regulations, 2013) (Israel Ministry of Health, 2013), concuerdan con la mayoría de los parámetros de calidad de agua para la evaluación de ésta y varían en pequeñas concentraciones entre una y otra, como se muestra en las tablas a continuación:

Tabla 1

Características físicas de las normativas colombianas e israelíes.

Parámetro	Expresadas como	Valor máximo aceptable	
		RES 2115	PHR 2013
Color aparente	UPC	15	15
Turbiedad	UNT	2	1
pH	No aplica	6,5-9,0	6.5-9,5
Olor y sabor	Aceptable o No aceptable	Aceptable	Aceptable
Conductividad	µS/cm	1000	N/A

Fuente. (Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007), (Israel Ministry of Health, 2013)

Tabla 2

Características microbiológicas de las normativas colombianas e israelíes.

Parámetro	Expresadas como	Valor máximo aceptable	
		RES 2115	PHR 2013
Coliformes Totales	UFC/100 cm ³	0	N/A
Escherichia Coli	UFC/100 cm ³	0	0
Microorganismos mesófilos	UFC/100 cm ³	100	N/A
Giardia	Quistes/volumen aplicado	0	N/A
Cryptosporidium	Quistes/volumen aplicado	0	N/A

Fuente. (Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007).(Israel Ministry of Health, 2013)

Tabla 3

Características químicas de las normativas colombianas e israelíes.

Parámetro	Expresadas como	Valor máximo aceptable	
		RES 2115	PHR 2013
Antimonio	Sb	0,02	0,006
Arsénico	As	0,01	0,01
Bario	Ba	0,7	1
Berilio	Be	N/A	0,004
Boro	B	N/A	1
Cadmio	Cd	0,003	0,005
Cianuro libre y disociable	CN	0,05	0,05

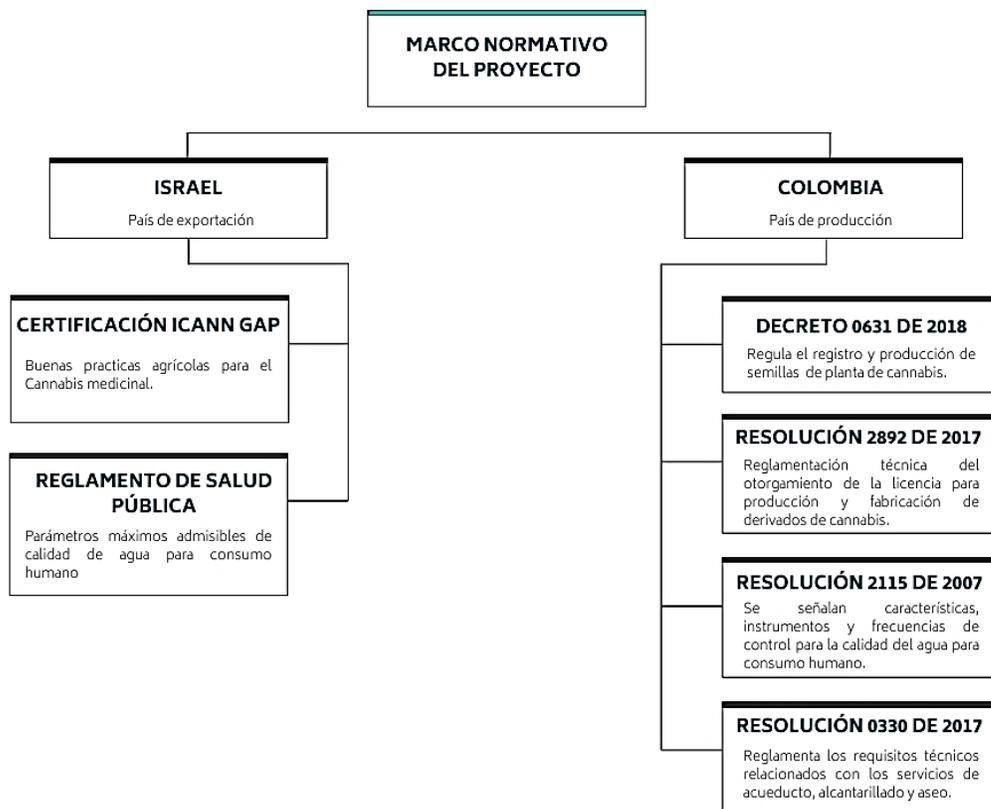
Cobre	Cu	1	1.4
Cromo Total	Cr	0,05	0,05
Mercurio	Hg	0,001	0,001
Níquel	Ni	0,02	0,02
Plomo	Pb	0,01	0,01
Selenio	Se	0,01	0,01
Trihalometanos Totales	THMs	0,2	0,1
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos	HAP	0,01	N/A
Carbono Orgánico Total	COT	5	N/A
Nitritos	NO ₂	0,1	3
Nitratos	NO ₃	10	70
Fluoruros	F	1	1,7
Calcio	Ca	60	N/A
Alcalinidad Total	CaCO ₃	200	N/A
Cloruros	Cl-1	250	400
Aluminio	Al ³⁺	0,2	0,2
Dureza Total	CaCO ₃	300	N/A
Hierro Total	Fe	0,3	1
Magnesio	Mg	36	N/A
Manganeso	Mn	0,1	0,2
Molibdeno	Mo	0,07	0,07
Sulfatos	(SO ₄)-2	250	250

Zinc	Zn	3	5
Fosfatos	(PO4)-3	0,5	N/A

Fuente. (Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, 2007), (Israel Ministry of Health, 2013)

Además de lo anterior, también se debe tener en cuenta el marco legal que encierra todo proyecto, es decir, todo lo que tiene que ver con la planta de cannabis. Este marco normativo se resume en lo mostrado en la **Figura 1**.

Figura 1
Marco normativo de ambos países.



En consecuencia, el monitoreo de todos los parámetros de calidad de agua para riego en el estándar de agua potable es esencial para el crecimiento óptimo y la seguridad de su consumo como

se ha demostrado en estudios recientes: El primero de ellos, expone que las plantas deben ser regadas con agua para consumo humano y requiere un certificado de conformidad antes de su uso, para garantizar que tiene el potencial de hidrogeno (pH) y el contenido de nutrientes correctos, además que no contiene residuos de pesticidas o metales pesados. Se evitan las condiciones de crecimiento que favorecerían los problemas de enfermedades, y las plagas de insectos se controlan mediante la introducción de insectos beneficiosos que las depredan (Chandra et al., 2017). Otro estudio establece que el pH es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua para riego, porque influye en la microbiología del suelo y en el proceso de intercambio catiónico entre suelo y planta, en algunas investigaciones, los resultados permitieron concluir que el rango de pH de 6,5 a 7,0 (generalmente el rango utilizado en las normativas de agua potable) promueve mayor capacidad fotosintética (Guimarães et al., 2021).

En cuanto a la parte fisicoquímica, un estudio reporta, que las altas concentraciones de SO_4 , Cl y Na no han sido bien notificadas en la literatura para el crecimiento de flor de cannabis (Yep et al., 2020). Otros autores datan que los iones como el cloruro y el sodio pueden causar toxicidad iónica directa en las raíces y las hojas, mientras que otros iones como el boro se vuelven tóxicos cuando se acumulan en el tejido de la planta después de la absorción de agua (Park et al., 2020).

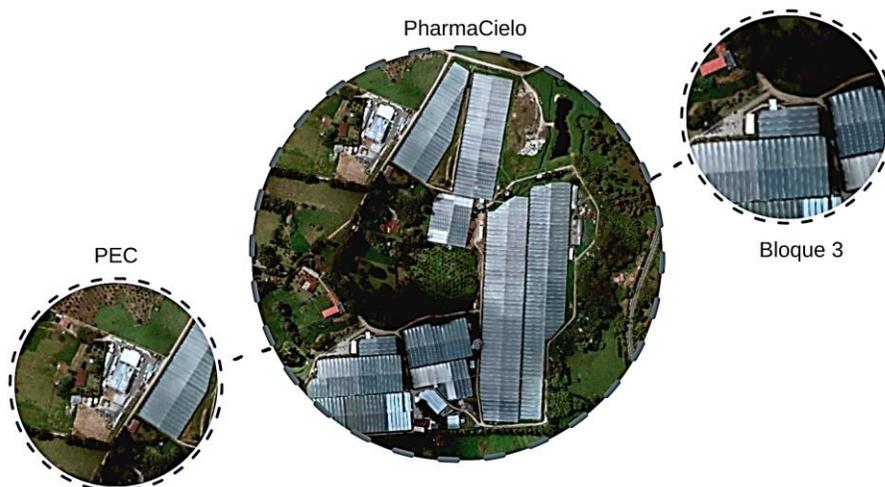
La calidad del agua también puede reducir la eficiencia de los sistemas de riego. Las tuberías a base de plomo en los sistemas de riego pueden corroerse debido al hierro presente en el agua. En cuanto a la infraestructura, agua con un pH bajo puede generar corrosión de los componentes de los sistemas de riego (Park et al., 2020). Finalmente, en cuanto a la microbiología, la calidad del agua de riego puede afectar la seguridad a la salud y puede llegar a ser una posible fuente de patógenos (como la *Escherichia Coli*) con brotes de enfermedades debido a que muchas fuentes de abastecimiento de riego están expuestas a la contaminación de varias fuentes en las cuencas hidrográficas aledañas (Strade et al., 2020).

3 Metodología

La empresa PharmaCielo está ubicada en el corregimiento Gilberto Echeverri Mejía, vereda El Capiro, municipio de Rionegro en el departamento de Antioquia. Asimismo, está segmentada en dos partes; el área de cultivo, donde se realizan todas las actividades agrícolas como: propagación in vitro, endurecimiento, enraizamiento, siembra y cosecha. Y el área de extracción (PEC: Planta de extracción de cannabis), donde se realizan las actividades de procesamiento de derivados de cannabis como: pretratamiento, extracción, concentración, refinación, cristalización o purificación. La **Figura 2**, muestra el área total de la empresa, donde el área de la izquierda corresponde a la planta de extracción de cannabis y la derecha, al área de cultivo, dentro de ésta se encuentra el bloque 3, donde se está realizando toda la producción de flor de exportación y se llevó acabo el presente proyecto.

Figura 2

Ortofoto de PharmaCielo.



Nota. Fuente (Red Geodésica Municipio de Rionegro, 2022)

En la **Figura 3**, se describe el proceso metodológico que se desarrolló en el proyecto dividido en 5 fases.

Figura 3

Metodología empleada para el desarrollo de la práctica profesional



4 Análisis y resultados

4.1 Modelación de parámetros de calidad de agua

Luego de realizar un estudio exhaustivo de todas las normativas concernientes a calidad del agua, se determinó que la normativa colombiana era la menos laxa de todas, por ello, fue el pilar para hacer la evaluación de las fuentes. Sin embargo, se hizo necesario hacer comparaciones entre todas las normativas encontradas, de modo que sirviera también para analizar resultados de laboratorio de manera rápida y que, al final arrojara las posibles causas que están afectando la fuente de agua. Las normativas escogidas para la modelación fueron: Resolución 2115/2007, Reglamentación de Salud Pública/2013, Decreto 1594/1984 para diferentes grados de potabilización y también para calidad de agua agrícola, Farmacopea de los Estados Unidos y los parámetros internos de la empresa PharmaCielo. La **Figura 4**, describe las expresiones que arroja el modelo con los colores que lo representan.

Figura 4

Expresiones del modelo.

Expresión	
C	Conforme a la norma
NC	No conforme a la norma
NA	No aplica a la norma
NE	Parametro no evaluado

Color	
Verde	Conforme a la norma
Naranja	Conforme a la norma pero en el límite
Rojo	No conforme a la norma
Blanco	No aplica a la norma
Beige	Valores de entrada
Gris	No se evaluó en este muestreo

Expresión	Valores de entrada
-	Parametro que no fue evaluado en la prueba de Laboratorio

La **Figura 5**, muestra cómo funciona el modelo cuando se comienza a ingresar los datos de los análisis de laboratorio arrojando las expresiones para cada normativa. Para ver su funcionamiento se adjunta como anexo.

Figura 5
Funcionamiento del modelo.

PARAMETRO	RESULTADO	CONFORMIDAD/NO CONFORMIDAD						
		RES 2115	ISRAEL	DEC 1594 POTABLE	DEC 1594 POTABLE	DEC 1594 AGRICOLA	PHARMACIELO	USP (WFI)
Color aparente	8	C	C	C	C	NA	NA	NA
Olor y Sabor	Aceptable	C	C	NA	NA	NA	NA	NA
Turbiedad	200	NC	NC	NC	NC	NA	NA	NA
Potencial Hidrogeno	6	NC	NC	C	NC	C	NC	NA
Conductividad	500	C	NA	NA	NA	NA	NC	NC
Amoniaco	-	NA	NA	NE	NE	NA	NA	NA
Antimonio		C	C	NA	NA	NA	NA	NA

4.2 Levantamiento de planos

Para determinar puntos de muestreo significativos, se realizó el levantamiento del plano del bloque 3 por medio de reconocimiento en campo y haciendo uso de AUTOCAD. Se definió dos puntos de muestreo dentro del bloque delimitados con el color fucsia en la **Figura 6**. El punto de muestreo 1 está localizado en la entrada del bloque, es la conexión que se hace con la tubería madre que viene del acueducto veredal. Para el punto de muestreo 2, se sacó una llave de la tubería que abastece los tanques de almacenamiento para agua de fertirriego del bloque, las **Figura 7** y **Figura 8** representan cada punto mencionado respectivamente. Para ver el plano en la escala de construcción se adjunta como anexo.

Figura 6
Plano del bloque 3.

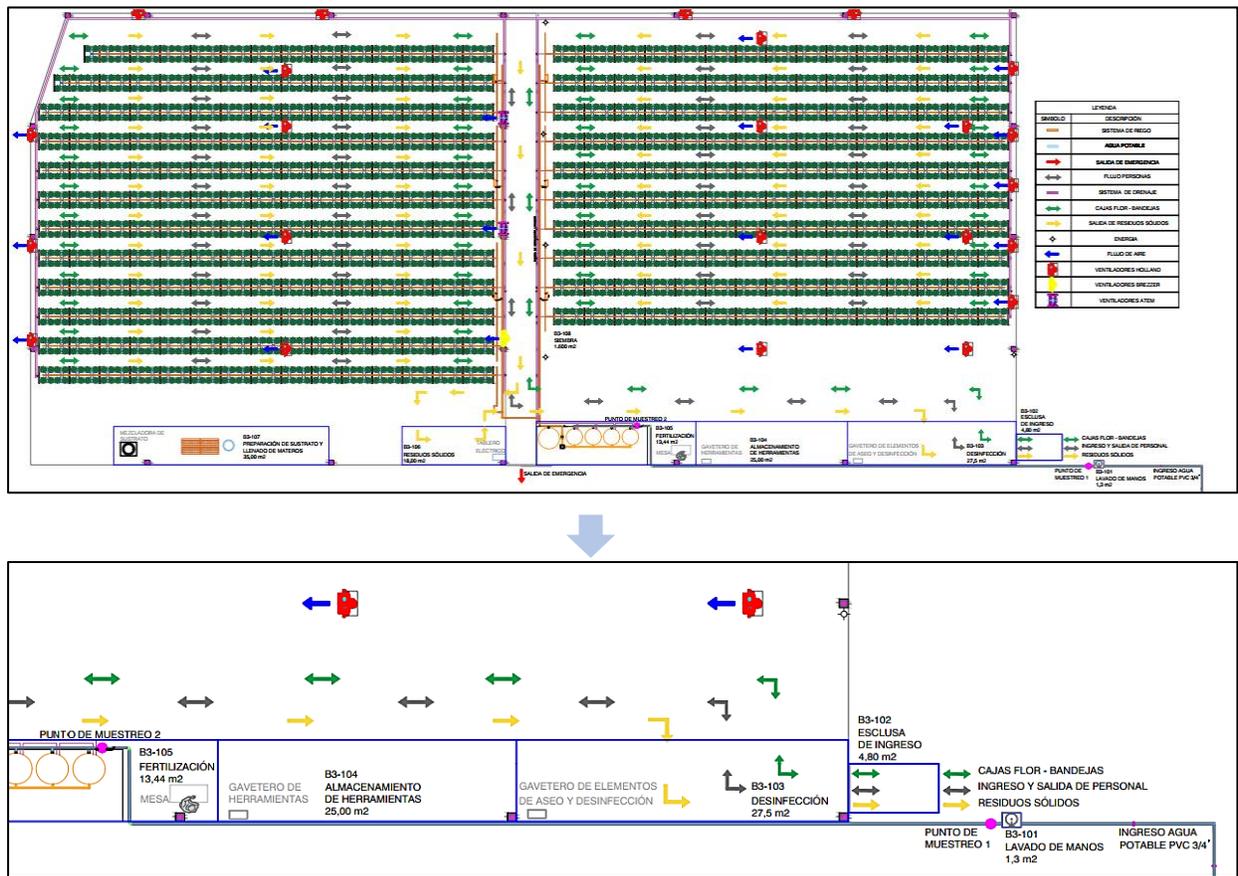


Figura 7
Punto de muestreo 1.



Figura 8

Punto de muestreo 2.



El punto de muestreo 3 correspondiente al Reservorio 1, se realizó en la caseta de riego que se encuentra en el bloque 1, la cual llega hasta el bloque 3 ver **Figura 9**. Este punto se ubicó inmediatamente después de los filtros de anillos.

Figura 9

Punto de muestreo 3.

**4.3 Resultados de laboratorio**

Debido a que el agua del acueducto veredal debería tener un grado de potabilización y que a su vez se economizaran costos, se decidió que, para este caso, solo se iban a analizar los

parámetros fisicoquímicos como pH y conductividad. En cuanto a microbiológicos, se evaluaron mesófilos aerobios, coliformes totales, E. coli y Pseudomona aeruginosa. Estos ensayos se realizaron en el laboratorio interno de la empresa PharmaCielo, para el caso del agua del Reservorio 1, se analizó la mayoría de los parámetros que la norma exige en contratación con un laboratorio externo especializado.

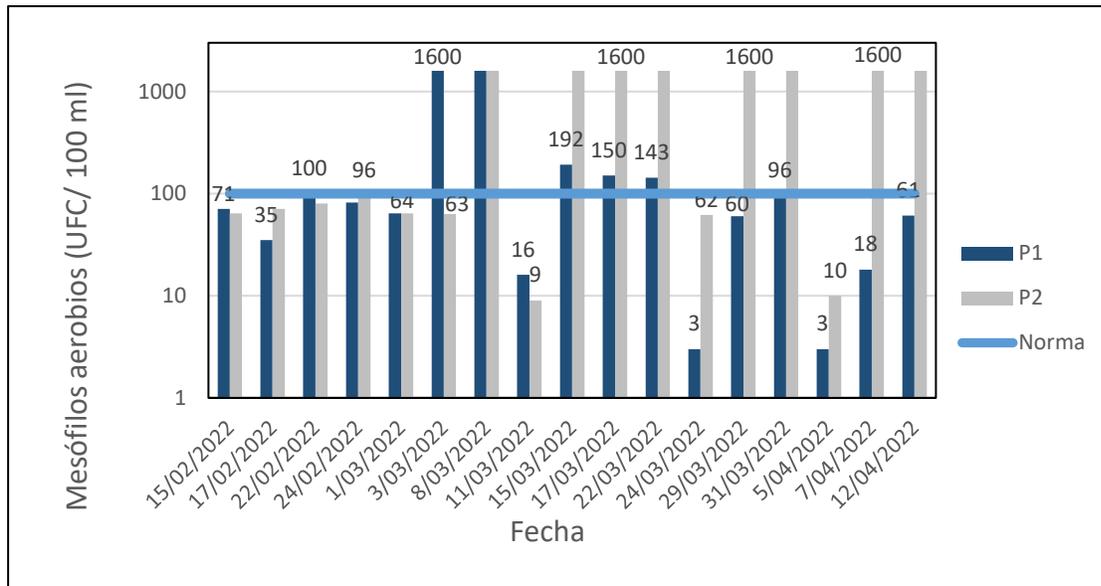
4.3.1 Resultados microbiológicos del acueducto veredal El Capiro.

La cuantificación de los mesófilos aerobios está diseñada para estimar la densidad de la población bacteriana en el agua potable, esto permite una evaluación global sin especificar las fuentes de contaminación, por lo general, la presencia de éstos no tiene efectos directos sobre la salud, pero se utiliza como indicador de contaminación y eficacia del tratamiento de agua (Dan et al., 2018).

La **Gráfica 1** presenta los resultados para mesófilos aerobios en los dos puntos designados para cuantificar la calidad del acueducto veredal, la línea representa lo permitido por la resolución 2115. Para 17 de los días muestreados, se encontró que 9 de los días se incumplió con este parámetro en grandes proporciones, sobre todo, en el punto de muestro 2. Estos resultados indican que posiblemente el cloro residual del acueducto veredal no está llegando hasta las instalaciones de la empresa presentando un peligro para la inocuidad del cultivo de cannabis

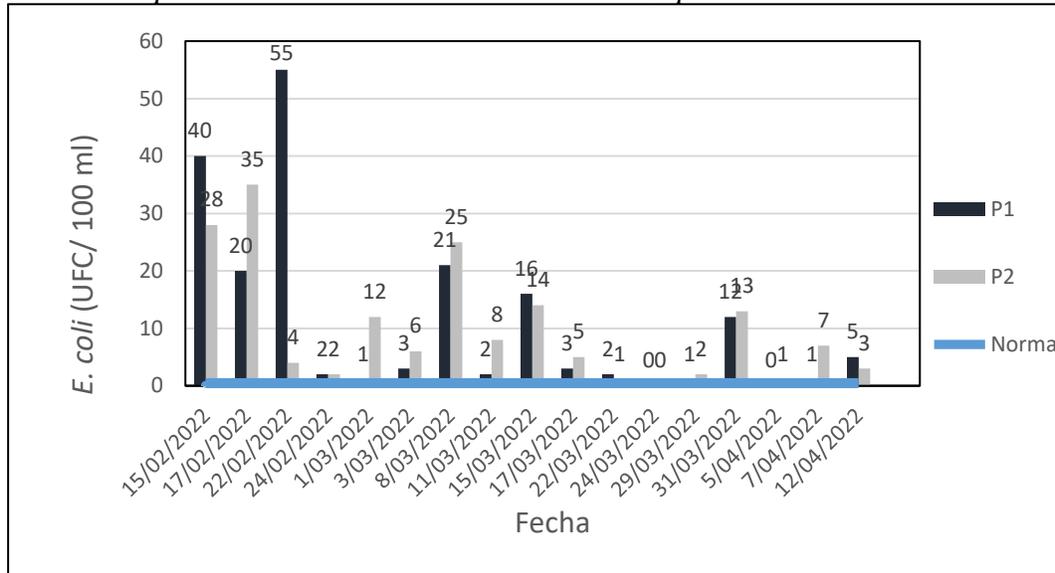
Gráfica 1

Resultados para mesófilos aerobios del acueducto veredal El Capiro.



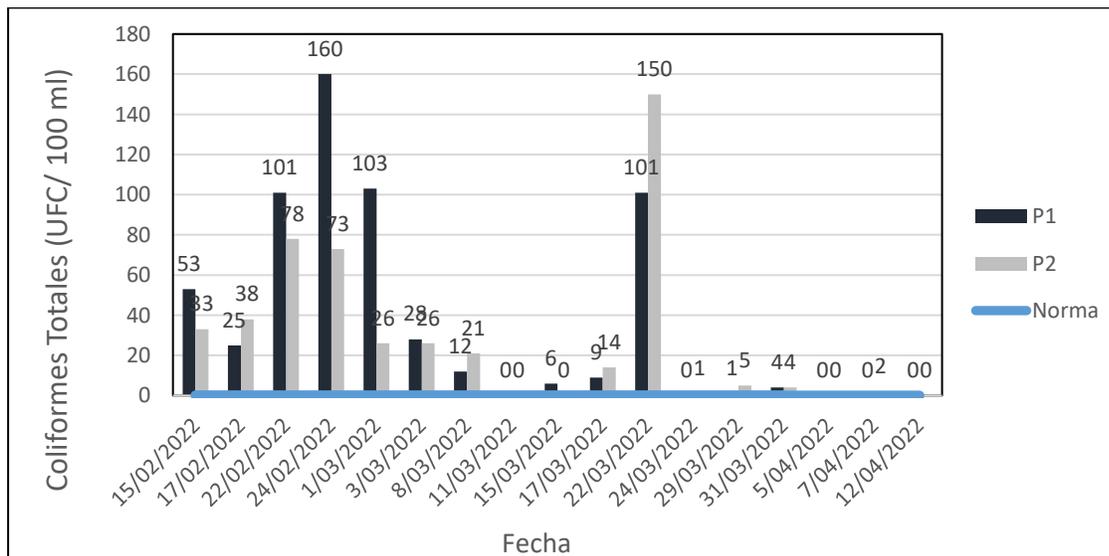
Por otro lado, los contaminantes fecales que ingresan al suministro de agua podrían provocar una forma grave de contaminación como la transmisión de patógenos entéricos como *E. coli*. Estos patógenos generalmente se encuentran en las heces humanas y animales y posiblemente podrían llegar a las fuentes de suministro de agua a través de la lixiviación u otros medios, como aguas tratadas incorrectamente (Mahmud et al., 2019). Los resultados de la **Gráfica 2** demuestran que hay una presencia alta de contaminación por *E. coli* en el agua del acueducto y este parámetro es crítico por la cantidad de enfermedades que se pueden generar en el consumidor del producto, el 90% de los resultados fue desfavorable al incumplir con la normativa.

Gráfica 2
Resultados para *E. coli* del acueducto veredal El Capiro.



Las bacterias coliformes totales generalmente se encuentran en el medio ambiente y en su gran mayoría son inofensivas, es decir, su presencia en el agua potable debe verse al menos como una probable amenaza o indicador de deterioro de la calidad microbiológica (Niyoyitungiye et al., 2020). En la **Gráfica 3** se puede observar que este parámetro también sobrepasa el límite permitido por la norma, pero su incidencia es menor en comparación con los mesófilos aerobios y la *E. coli*.

Gráfica 3
Resultados para Coliformes totales del acueducto veredal El Capiro.

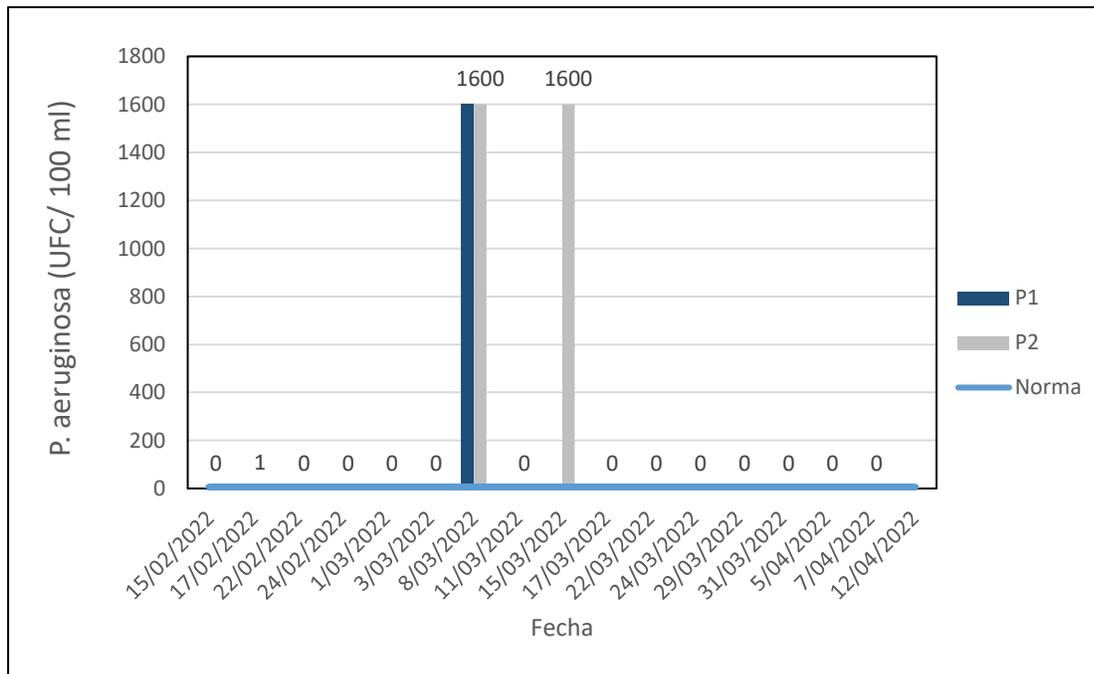


Por otro lado, la presencia de grandes cantidades de *P. aeruginosa* en el agua potable, afecta las propiedades sensoriales del agua, como el sabor, el olor y la turbidez. Aunque dicha agua no se considera peligrosa para una población sana, las personas inmunodeprimidas pueden experimentar problemas de salud. La ausencia de *P. aeruginosa* en el agua también sirve como un buen indicador de la condición o limpieza del sistema de distribución (Lušić et al., 2021). Además, *P. aeruginosa* tiene la capacidad de formar una biopelícula a la que el sistema de conducción de agua es extremadamente sensible.

Este producto final de flor de exportación con marco medicinal no puede tener entradas de contaminación cruzada como este microorganismo, pues causa enfermedades a las siguientes poblaciones en riesgo: bebés, pacientes con neutropenia, quemaduras o SIDA, pacientes que utilizan dispositivos invasivos (p. ej., catéteres, tubos endotraqueales, ventiladores), diabéticos con heridas no tratadas, pacientes con enfermedad pulmonar subyacente, como bronquiectasias o fibrosis quística, y personas con problemas de daño ocular (Bédard et al., 2016). La **Gráfica 4** indica la presencia de este microorganismo 3 días de los 17 muestreados, es una baja incidencia, sin embargo, es un parámetro urgente por perfeccionar.

Gráfica 4

Resultados para *pseudomona aeruginosa* del acueducto veredal El Capiro.



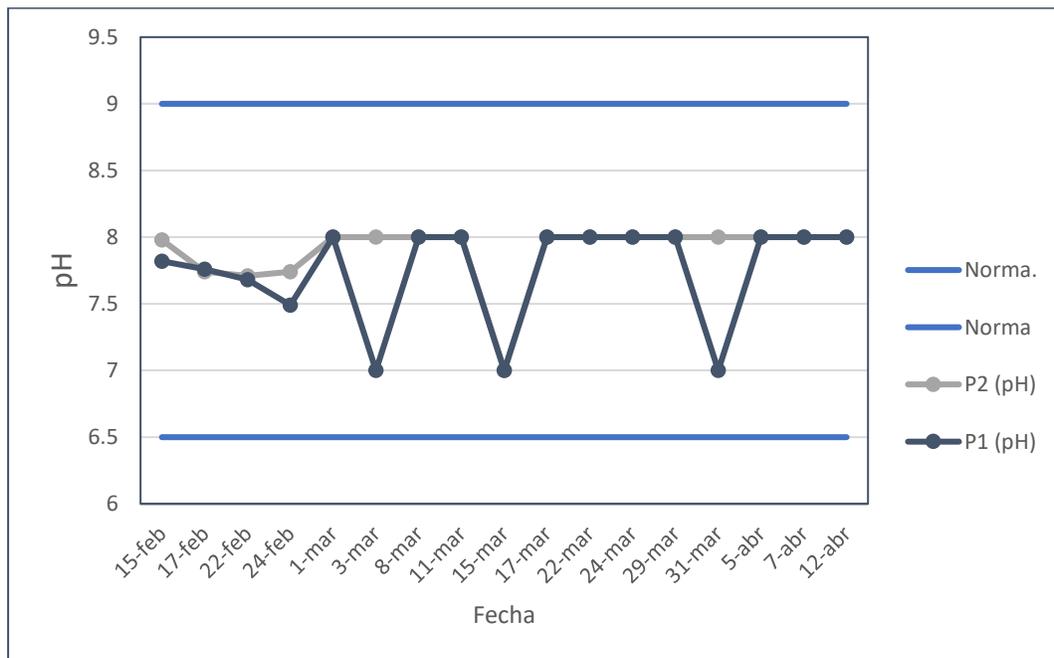
4.3.2 Resultados fisicoquímicos del acueducto veredal El Capiro

Por temas de costos e insumos que se tenían en la empresa se evaluó solamente los parámetros de pH y conductividad eléctrica. La *Gráfica 5* muestra como varía el pH por los días del muestreo, todas las mediciones se encontraron dentro de la normativa y en rangos ideales necesarios para el fertirriego de cannabis.

Los datos también se conservaron en la misma línea de tendencia entre el punto 1 y el punto 2.

Gráfica 5

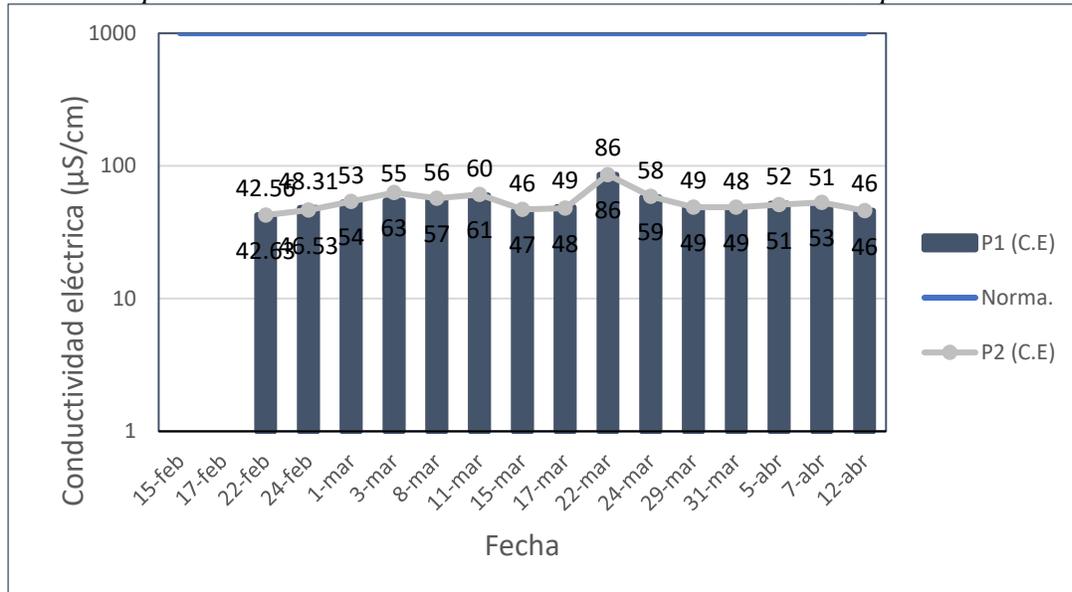
Resultado para pH del acueducto veredal El Capiro.



En la *Gráfica 6*, en cuanto a conductividad eléctrica también se cumplió con la normatividad, entre punto y punto los datos fueron muy similares. Los primeros días de muestreo no se pudo tomar la conductividad eléctrica debido a arreglos con el conductímetro.

Gráfica 6

Resultado para conductividad eléctrica del acueducto veredal El Capiro.

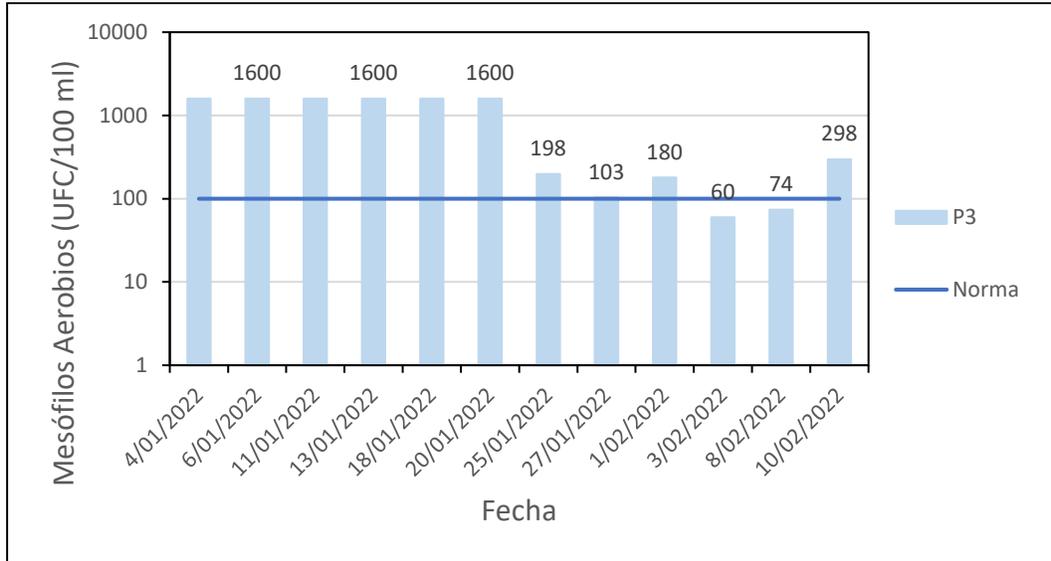


4.3.3 Resultados microbiológicos del Reservorio 1

Para el Reservorio 1, se realizaron los mismos parámetros microbiológicos que para el acueducto. Los resultados para mesófilos aerobios mostrados en la **Gráfica 7** demuestra que hay una fuente de contaminación y era de esperarse, porque este sistema es abierto a cualquier tipo de contaminación. Cabe aclarar que esta agua solo cuenta con un filtro de anillos.

Gráfica 7

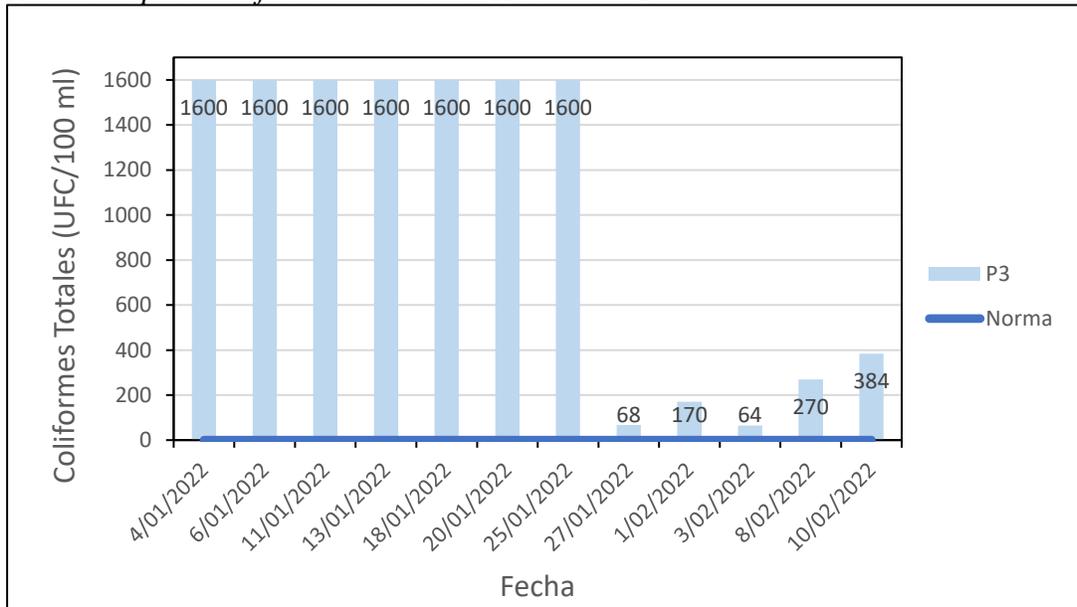
Resultado para mesófilos aerobios del Reservorio 1.



Los 12 resultados para coliformes totales incumplieron la normativa esto se muestra en la **Gráfica 8**

Gráfica 8

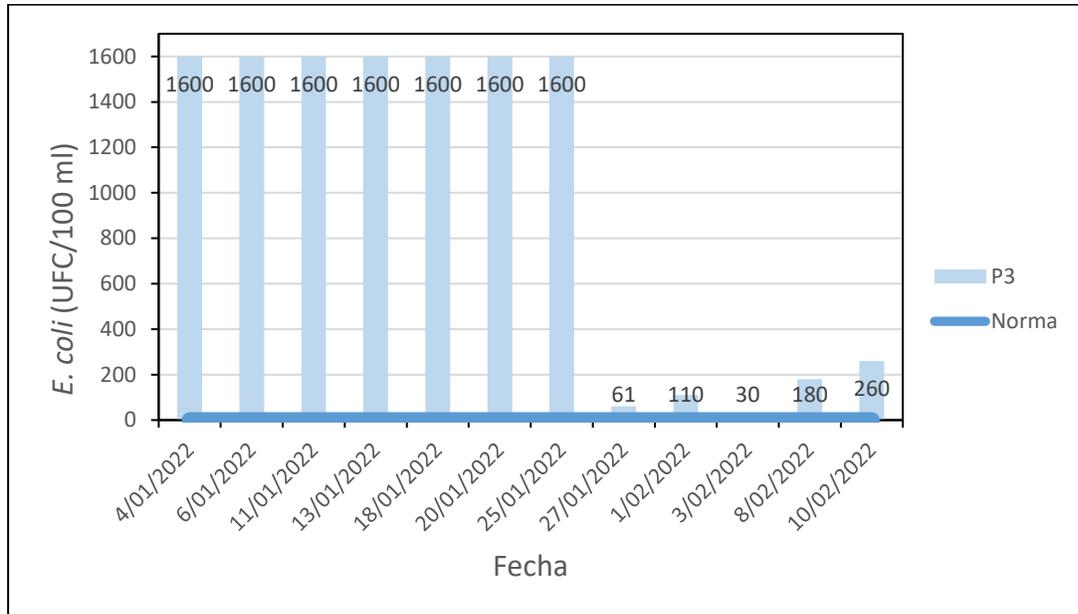
Resultado para coliformes totales del Reservorio 1.



De igual modo el resto de los parámetros microbiológicos, la **Gráfica 9** muestra que para *E. coli* también está por fuera de especificación siendo una fuente de contaminación cruzada para la flor y en consecuencia para el consumidor.

Gráfica 9

Resultado para *E. coli* del Reservorio 1.



4.3.4 Resultados fisicoquímicos del Reservorio 1

Como el Reservorio 1 es un agua con múltiples afluentes, se decidió hacer un análisis fisicoquímico de los parámetros mostrados en la **Tabla 4**, que fuera más riguroso para determinar si tenía algunos de las características químicas que exige la norma (ver **Tabla 3 Características químicas de las normativas colombianas e israelíes.**). De acuerdo con la resolución 2115, se encontraron valores por fuera del requerimiento: Arsénico, Hierro y Manganeso.

En esta fuente, se pudo evidenciar la presencia de gran cantidad de flor de loto (*Nelumbo nucifera*), además de las constantes descargas de los vecinos aguas arriba del predio, como las fincas ganaderas, los lotes de cultivo de aguacates y la parcelación Llanogrande Hills. Es normal ver que a diario las vacas de las fincas vecinas salgan a pastar alrededor de la fuente.

Tabla 4
Resultados fisicoquímicos del Reservorio 1.

Parámetro	Expresadas como	Fecha	
		14/01/2022	20/01/2022
pH	Unid de pH	6,25	6,67
Aluminio	mg Al/L	< 0,0900	< 0,090
Arsénico	mg As/L	0,015	0,025
Cadmio	mg Cd/L	< 0,0030	< 0,0030
Zinc	mg Zn/L	< 0,0900	< 0,0900
Cobre	mg Cu/L	0,005	< 0,0030
Cromo Total	mg Cr/L	< 0,0030	< 0,0030
Hierro	mg Fe/L	2.5	4.2
Plomo	mg Pb/L	< 0,0030	< 0,0030
Berilio	mg Be/L	< 0,0030	< 0,0030
Litio	mg Li/L	< 0,003	< 0,003
Manganeso	mg Mn/L	0,088	0,183
Molibdeno	mg Mo/L	< 0,0030	< 0,0030
Cobalto	mg Co/L	< 0,0030	< 0,0030
Níquel	mg Ni/L	< 0,0030	< 0,0030
Selenio	mg Se/L	< 0,0030	< 0,0030
Vanadio	mg V/L	< 0,0030	< 0,0030
Fluoruros	mg F-/L	< 0,500	< 0,500

4.4 Socialización y propuestas

Semanalmente, en las reuniones del comité técnico se socializó cada aspecto de la evaluación de las fuentes de agua. Cabe denotar que ninguna de las dos fuentes cumplió con la resolución 2115 para agua potable y esto era, en consecuencia, un levantamiento de inconformidad con la certificación ICANN GAP y la exportación de flor a Israel. Por ello el proyecto se enfocó en los mejores resultados, correspondientes a los del acueducto veredal El Capiro, pero era inminente proponer un pulimento al agua. Los resultados de muestreo para el punto 1 y el punto 2, salieron favorables en cuanto a aspectos físicos y químicos, es decir, se hacía necesario proponer un sistema de desinfección para la microbiología. Se estudiaron tres propuestas:

- Inyección de ozono
- Radiación UV
- Inyección de cloro

Estas tres propuestas se evaluaron en las reuniones semanales en cuanto a la infraestructura del bloque, costos en consumibles, energía eléctrica requerida, durabilidad del sistema y agilidad en la puesta en marcha. Para el caso de inyección con ozono se realizaron cotizaciones con proveedores y se encontró que, para el caudal a futuro del fertirriego del cultivo, el gasto energético de los tanques de ozono era muy elevado. En cuanto a radiación UV se planteó que se instalaran en los tanques de almacenamiento de agua, pero para el volumen de los tanques ya instalados era necesario contar con al menos 4 lámparas por tanque, además, la vida útil de las lámparas sumergibles es muy baja. Finalmente, la inyección de cloro mediante hipoclorito de sodio, que viene en presentación líquida, fue la opción más viable, los consumibles fueron pocos, la bomba dosificadora tiene una larga vida útil, no hay riesgos de formación de subproductos de la desinfección con la garantía de que se cumple el parámetro de turbiedad y este químico puede ingresar por todas las tuberías haciendo también un buen mantenimiento del sistema de conducción. Adicionalmente a la socialización, adjunto al sistema de gestión de la calidad de la empresa, se creó un procedimiento para que los operarios puedan hacer inyección del cloro paso a paso, ver anexos.

4.4.1 Inyección de Hipoclorito de sodio.

Inicialmente, se determinaron los parámetros de diseño para la dosificación de cloro. La dosis de inactivación log 3, se halló por medio de tanteo con ayuda de la tabla 14 (**Figura 10** Dosis de inactivación log 3) de la resolución 0330 de 2017 (Resolución 0330 de 2017, 2017), según el tiempo de contacto que se tendrá en los tanques de almacenamiento entre el agua y el hipoclorito de sodio (30 minutos), la temperatura del agua (15 °C), el pH (7,5) y la turbiedad del agua (1 – 2 UNT), para este caso, la dosis sería de 1.6 mg/L

Figura 10
Dosis de inactivación log 3

Tabla 14. Parámetros de Desinfección por cloración (1 - 2 UNT)
Valores de $C_t = K$ (mg-min/l) para inactivación de Coliformes totales por Cloro libre para log 3

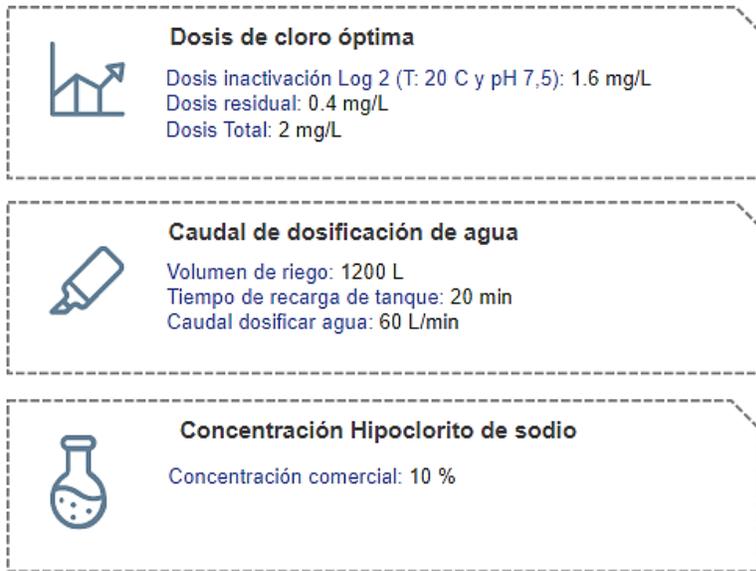
Dosis de Cloro Aplicada mg/l	10 °C				15 °C				20 °C				25 °C			
	pH				pH				pH				pH			
	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5	7,0	7,5
<=0,40	37	44	52	63	25	30	35	42	18	22	26	31	12	15	18	21
0,6	38	45	54	64	25	30	36	43	19	23	27	32	13	15	18	22
0,8	39	46	55	66	26	31	37	44	20	23	28	33	13	16	19	22
1,0	40	47	56	67	27	32	38	45	20	24	28	34	13	16	19	23
1,2	40	48	57	69	27	32	38	46	20	24	29	35	14	16	19	23
1,4	41	49	58	70	28	33	39	47	21	25	29	35	14	17	20	24
1,6	42	50	60	72	28	33	40	48	21	25	30	36	14	17	20	24
1,8	43	51	61	74	29	34	41	49	22	26	31	37	15	17	21	25
2,0	44	52	62	75	29	35	42	50	22	26	31	38	15	18	21	25
2,2	45	53	64	77	30	35	43	51	22	27	32	39	15	18	21	26
2,4	45	54	65	79	30	36	43	53	23	27	33	39	15	18	22	26
2,6	46	55	66	80	31	37	44	54	23	28	33	40	16	19	22	27
2,8	47	56	67	82	31	37	45	55	24	28	34	41	16	19	23	27
3,0	48	57	69	83	32	38	46	56	24	29	34	42	16	19	23	28

Nota. Fuente (Resolución 0330 de 2017, 2017)

También se añadió la dosis de cloro residual, de acuerdo con la Resolución 0330, debe estar en el rango entre 0,3 a 2 mg/L para este caso se eligió 0,4 mg/L. La dosis teórica de inyección de cloro fue la sumatoria de las dos anteriores, es decir, un total de 2 mg/L.

El caudal a tratar se halló con el volumen de agua que el operario llena diariamente hasta completar 1200 L y se demora 20 minutos en hacerlo (60 L/min). Finalmente, se escogió una concentración de hipoclorito de sodio comercial al 10%. Lo anterior, se resume en la **Figura 11**.

Figura 11
Parámetros de diseño.



Con los parámetros de la **Figura 11** Parámetros de diseño.,se calculó el caudal de la bomba de dosificadora con la ecuación:

Caudal de dosificación de cloro.

$$Q \text{ dosificación de cloro} = \frac{Q \text{ de agua a tratar} * \text{Dosis teórica de cloro}}{\text{Concentración del químico}} \quad (1)$$

Donde;

Q dosificación de cloro: Caudal en L/min a dosificar de cloro

Q de agua a tratar: Caudal de agua usada para riego en L/min

Dosis teórica de cloro: Dosis en ppm hallada para eliminar los microorganismos presentes en el agua

Concentración del químico: Concentración del hipoclorito de sodio en ppm.

Reemplazando en la Ecuación 1:

$$0,07 \text{ L/min} = \frac{60 \frac{\text{L}}{\text{min}} * 2 \text{ ppm}}{100000 \text{ ppm}}$$

En resumen, se compró una bomba dosificadora que cumpliera con ese caudal, se comenzó a hacer inyección del hipoclorito de sodio, además de hacer monitoreo del sistema con muestreos microbiológicos y mediciones in situ del cloro libre que llega al cannabis. La **Figura 12** muestra el sistema implementado, la **Figura 13**, el monitoreo del cloro libre y finalmente, la **Tabla 5** muestra lo resultados favorables y de cumplimiento con la normatividad.

Figura 12
Sistema de dosificación de cloro



Figura 13
Monitoreo de cloro residual



Tabla 5*Resultados microbiológicos luego de la dosificación de cloro.*

Laboratorio	Fecha	Cloro aplicado (ppm)	Mesófilos aerobios *		<i>E. coli</i> *		Coliformes Totales *	
			P1	P2	P1	P2	P1	P2
Lab. interno	3/05/2022	0.0	1600	80	9	9	3	3
Lab. interno	5/05/2022	0.0	50	22	13	5	4	12
Lab. interno	10/05/2022	0.0	1600	1600	7	18	6	24
Lab. interno	12/05/2022	0.5	1600	1600	4	5	3	1
Lab. interno	17/05/2022	1.0	18	23	2	4	0	3
Lab. interno	19/05/2022	1.5	18	16	32	7	4	1
Lab. interno	26/05/2022	2.0	65	1600	3	27	6	4
Omniambientes	2/06/2022	2.5	0	14	0	0	0	0
Omniambientes	3/06/2022	3.0	0	0	0	0	0	0
Omniambientes	13/06/2022	1.5	0	0	0	0	0	0

* Las unidades son: (UFC/100ml)

5 Conclusiones

La fuente óptima para abastecer el proyecto de flor de exportación y dar cumplimiento con la certificación de ICANN GAP es la proveniente del acueducto veredal El Capiro. Sin embargo, esta agua necesitó de un pulimento.

El uso del agua del acueducto veredal en conjunto con el sistema de desinfección con cloro garantiza una fuente segura para evitar la contaminación cruzada por vía de abastecimiento de agua, tanto en riego como en las actividades culturales de aseo, lavado de equipos y elementos.

Garantizar el acceso a agua potable en el proceso productivo reducirá costos en la desinfección final del producto terminado y empaquetado de flor de consumo.

Para utilizar el Reservorio 1 como fuente de agua potable es necesario implementar un sistema de tratamiento al menos del tipo convencional para ofrecer un grado tipo potable. También se debe implementar algún cercamiento para que el ganado que pasta diariamente no pueda ingresar al cuerpo de agua, al mismo tiempo que se adelanten conversaciones con la autoridad ambiental para evitar los vertimientos de los vecinos aguas arriba. Además, es necesario hacer la remoción de la flor de loto que en este momento está cubriendo toda la superficie del lago.

Los problemas en el sistema del acueducto se deben notificar con la empresa prestadora del servicio, exigiendo, que al menos mensualmente se haga monitoreo de la calidad de agua. Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a las tuberías de la empresa para evitar que la contaminación sea interna.

La industria del cannabis es una industria desconocida para nuestro país y la empresa PharmaCielo es la primera en estandarizar todos los procesos que se mencionan en este artículo, en la realización de este proyecto se demostró la importancia de la calidad del agua en cada una de las etapas del ciclo de crecimiento de la flor para entregar un producto final de consumo apto para el ser humano.

La cloración del agua, en ausencia de una concentración alta de materia orgánica resulta ser la manera más viable y rápida para hacer desinfección del agua.

El uso de los filtros de anillos en el reservorio 1 es insuficiente como método de tratamiento de agua, es recomendable implementar un sistema más robusto como la combinación de sedimentadores, floculadores y filtros de múltiples etapas.

6 Referencias

- Bédard, E., Prévost, M., & Déziel, E. (2016). *Pseudomonas aeruginosa* in premise plumbing of large buildings. *MicrobiologyOpen*, 5(6), 937–956. <https://doi.org/10.1002/mbo3.391>
- Carreño, L. (2020). *Exportación de productos derivados del cannabis con fines medicinales como oportunidad comercial para Colombia bajo el marco del Decreto 613 de 2017*.
- Chandra, S., Lata, H., ElSohly, M. A., Walker, L. A., & Potter, D. (2017). Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy and Behavior*, 70, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.yebeh.2016.11.029>
- Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario. (2000). *NOM-127-SSAI-1994* (No. 127). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fecha=22/11/2000
- Dan, O. F., Aho, E., Ahouansou, D. M. M., Sintondji, L. O., Assoti, L., Zandagba, J., & Amouzouvi, D. (2018). Study of the Physico-Chemical and Bacteriological Characteristics of Drinking Water in So-Ava, South Benin. *Journal of Water Resource and Protection*, 10(11), 1031–1046. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2018.1011060>
- EudraLex. (2009). EU Guidelines to Good Manufacturing Practice Medicinal Products for Human and Veterinary Use. In *Handbook of Pharmaceutical Manufacturing Formulations* (Vol. 2008, Issue March 2009). <https://doi.org/10.3109/9781420081244-16>
- EudraLex. (2014). *Products for Human and Veterinary Use Part II: Basic Requirements for Active Substances used as Starting Materials* (Vol. 4, Issue 2). <https://doi.org/10.1152/jappl.1983.55.2.562>
- Fagundes, M. (2020). GACP and GMP in the Medicinal Cannabis Industry—Is There a Clear Difference? *Cannabis Science and Technology*, 3(9), 33–38.
- Good Agricultural Practices for Medical Cannabis ICANN.G.A.P. (2021). *Institute of Quality & Control*, 1.2.
- Guimarães, J. de J., Sousa, F. G. G. de, Román, R. M. S., Dal Pai, A., Rodrigues, S. A., & Sarnighausen, V. C. R. (2021). Effect of irrigation water pH on the agronomic development of hops in protected cultivation. *Agricultural Water Management*, 253(August 2020). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106924>

- Israel Ministry of Health. (2013). *Public health regulations 2013 the sanitary quality of drinking water and drinking water facilities*. 7262, 1–34.
- Lušić, D. V., Maestro, N., Cenov, A., Lušić, D., Smolčić, K., Tolić, S., Maestro, D., Kapetanović, D., Marinac-Pupavac, S., Linšak, D. T., Linšak, Ž., & Glad, M. (2021). Occurrence of *p. Aeruginosa* in water intended for human consumption and in swimming pool water. *Environments - MDPI*, 8(12). <https://doi.org/10.3390/environments8120132>
- Mahmud, Z. H., Islam, M. S., Imran, K. M., Hakim, S. A. I., Worth, M., Ahmed, A., Hossan, S., Haider, M., Islam, M. R., Hossain, F., Johnston, D., & Ahmed, N. (2019). Occurrence of *Escherichia coli* and faecal coliforms in drinking water at source and household point-of-use in Rohingya camps, Bangladesh. *Gut Pathogens*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13099-019-0333-6>
- Ministerio de la protección social ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, (2007). Decreto 811 de 2021, Ministerio de Salud y Protección Social (2021).
- Niyoyitungiye, L., Giri, A., & Ndayisenga, M. (2020). Assessment of Coliforms Bacteria Contamination in Lake Tanganyika as Bioindicators of Recreational and Drinking Water Quality. *South Asian Journal of Research in Microbiology*, 9–16. <https://doi.org/10.9734/sajrm/2020/v6i330150>
- Park, D., Extension, C., Crops, A., Resources, W., & Teams, P. (2020). Collecting Samples for Agricultural Irrigation Water Quality Testing Where to Collect Water Samples. *Land-Grant Press*, 1–5.
- Parkinson, J. (2021). *GTEC ingresa al mercado global de cannabis con un acuerdo de exportación a Israel*.
- Resolución 0330 de 2017. (2017). In *Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio*. <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330 - 2017.pdf>
- Strade, E., Kalnina, D., & Kulczycka, J. (2020). Water efficiency and safe re-use of different grades of water-Topical issues for the pharmaceutical industry. *Water Resources and Industry*, 24(June), 100132. <https://doi.org/10.1016/j.wri.2020.100132>
- USP. (2015). *Water for Pharmaceutical Purposes*. https://hmc.usp.org/sites/default/files/documents/HMC/GCs-Pdfs/GC_pdf_USP38/c1231.pdf

Yep, B., Gale, N. V., & Zheng, Y. (2020). Comparing hydroponic and aquaponic rootzones on the growth of two drug-type *Cannabis sativa* L. cultivars during the flowering stage. *Industrial Crops and Products*, 157(August). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112881>

7 Anexos

Anexo 1. Modelación de normativas: <https://cutt.ly/9LKUIY4>

Anexo 2. Plano Bloque 3: <https://cutt.ly/oLKUJYe>

Anexo 3. Documentación Gestión de Calidad

- Procedimiento de monitoreo de calidad de agua potable: <https://cutt.ly/6LKIAQV>
- Instructivo de dosificación de cloro: <https://cutt.ly/kLKIJHy>