

**ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN FUTUROS DOCENTES DE
QUÍMICA: UN ABORDAJE DEL IMPACTO ORIGINADO POR LA TOXICIDAD DE
CROMO EN ACELGA IRRIGADA CON AGUA DEL RÍO TUNJUELO**

DANIEL STEVEN BUENHOMBRE NUÑEZ

NERINDER XIOMARA LÓPEZ GARCÍA

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C., 2023**

**ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN FUTUROS DOCENTES DE
QUÍMICA: UN ABORDAJE DEL IMPACTO ORIGINADO POR LA TOXICIDAD DE
CROMO EN ACELGA IRRIGADA CON AGUA DEL RÍO TUNJUELO**

DANIEL STEVEN BUENHOMBRE NUÑEZ

CÓDIGO: 2018215014

NERINDER XIOMARA LÓPEZ GARCÍA

CÓDIGO: 2017215035

Trabajo de grado para optar al título de Licenciados en Química

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

Didáctica y sus Ciencias

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias

DIRECTORA

Dora Luz Gómez Aguilar

Doctora en Desarrollo Sostenible

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C., 2023**

AGRADECIMIENTOS

En primer momento queremos agradecer a Dios por guiarnos en todo camino, por darnos la oportunidad de terminar este arduo y difícil trabajo. Agradecemos a Álvaro Carrero y su equipo de trabajadoras del invernadero, así como a Álvaro González por abrirnos las puertas de sus lugares de trabajo para poder realizar este trabajo investigativo.

A los futuros docentes de química del Énfasis disciplinar II: Tecnologías limpias en aguas residuales, por facilitarnos la oportunidad de desarrollar y aplicar este proyecto investigativo.

A la docente Dora Luz Gómez Aguilar por desempeñar el papel de mentora y guía en este trabajo de investigación, por brindarnos asesoramiento y realizar las contribuciones necesarias para el desarrollo de este proceso.

También queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Leonardo Fabio Martínez Pérez, quien en su rol de evaluador nos asesoró en el componente didáctico y pedagógico. Sus valiosas correcciones y retroalimentaciones resultaron fundamentales durante el transcurso de la investigación.

Además, deseamos manifestar nuestra más sincera admiración al docente Jaime Augusto Casas Mateus, por sus significativas enseñanzas y su apoyo incondicional a lo largo de nuestro proceso formativo como licenciados en química.

De igual forma, extendemos nuestro agradecimiento a Omar León Manchego, coordinador administrativo del laboratorio de química, y a todo el personal conformado por Giovanni Pérez, Mercy Viasus y Andrés Madrid, por su dedicación y comprensión a la hora de realizar todos los análisis experimentales.

Por último, pero no menos importante, queremos expresar nuestros agradecimientos a los docentes que han formado parte de nuestras experiencias académicas en la universidad, por compartir con nosotros los conocimientos esenciales y oportunos que han permitido culminar nuestra formación como licenciados en química. Además, queremos agradecer a la Universidad Pedagógica Nacional por ser un entorno acogedor y una segunda casa, la cual desempeña un papel crucial en la formación de los futuros licenciados de nuestro país.

DEDICATORIA

Yo, Daniel Buenhombre dedico este trabajo de grado a Dios, por ser mi guía y brindarme fuerzas en los momentos difíciles de mi vida. A mis padres Ruth Nuñez y Carlos Buenhombre, fuente inagotable de amor y apoyo, quienes han sido mi mejor guía en el camino correcto, proporcionándome la fortaleza necesaria para seguir adelante y enfrentar los desafíos sin desfallecer, realmente sin ustedes esto no hubiera sido posible, los amo. A Nerinder López por su amor y aliento que han sido mi fuerza motriz a lo largo de este desafiante pero gratificante viaje académico. Agradezco infinitamente tu paciencia, comprensión y el amor incondicional que compartes conmigo.

Daniel Steven Buenhombre Nuñez

Yo, Xiomara López quiero dedicar este trabajo de grado en memoria de mi abuelo Nepomuceno López por su cariño y amor incondicional, por ser esa inspiración de salir adelante todos los días y ser ese mejor papá que nunca pude haber tenido y además de eso poder decir con orgullo que las promesas si se cumplen. A mi abuela Rosa García por creer en mí, apoyarme y darme fortaleza desde el momento cero que inicie mis estudios, por ser esa segunda mamá y por ayudarme a ser quien soy hoy en día, por estar siempre en los malos y buenos momentos a mi lado. A mi mamá Enith López por sacarme adelante y ayudarme a crecer profesionalmente por sus consejos y mi más profunda admiración y gratitud. Por último, pero no menos importante a mi compañero de vida Daniel Buenhombre por ser el amor de mi vida y además de eso por todos los buenos y malos momentos vividos a tu lado, ser un apoyo incondicional y por permitirme culminar esta hermosa etapa a tu lado.

Nerinder Xiomara López García.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	14
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
3. ANTECEDENTES	17
3.1. Antecedentes Didácticos	17
3.1.1. Educación científica en relación con el CTS	17
3.1.2. Integración de las ciencias en el entorno educativo	18
3.1.3. Enseñanza de las ciencias	18
3.1.4. Alfabetización Científica y Tecnológica como estrategia de enseñanza	18
3.1.5. Fomento de habilidades científicas	19
3.1.6. Intersección de CTS y Alfabetización Científica	19
3.1.7. Inclusión del enfoque CTS	19
3.1.8. Estrategias de labor docente	20
3.1.9. Acceso a conocimientos científicos	20
3.2. Alfabetización Científica relacionada con CTSA	20
3.2.1. Antecedentes Disciplinarios	21
3.2.2. Influencia del Cromo en el Crecimiento de Plantas	21
3.2.3. Absorción de Níquel y Cromo por Cultivos Alimenticios	21
3.2.4. Bioacumulación y Efectos Fisiológicos de Metales Pesados en Tubérculos	22
3.2.5. Contaminación de Sedimentos en Manglares	22
3.2.6. Métodos Instrumentales para la Determinación de Cromo VI	22
3.2.7. Impacto del pH en la Concentración de Cromo VI en Aguas Superficiales	23
3.2.8. Tratamiento de Cromo en Aguas Residuales de Curtiembres	23
3.2.9. Citotoxicidad del Cromo en Peces de la Cuenca Baja del Río Tunjuelo	23
3.3. Diagnóstico de Niveles de Cromo VI en el Río Tunjuelito	24
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
4.1. Pregunta de Investigación	25
5. OBJETIVOS	25
5.1. Objetivo general	25
5.1.1. Objetivos específicos	25
6. MARCO TEÓRICO	26
6.1. Referente didáctico	26
6.1.1. Importancia del enfoque CTS y la Alfabetización Científica y Tecnológica	26
6.1.2. Definición de Alfabetización Científica y Tecnológica	27

6.1.3. Niveles de Alfabetización Científica	28
6.1.4. Formación en Ciencia y Tecnología	31
6.1.5. Referente Disciplinar	31
6.1.6. Cromo	31
6.1.7. Técnicas analíticas aplicadas	32
6.1.8. Absorción molecular	32
6.1.9. Atomización de flama	33
6.2. Potenciometría	33
6.2.1. Electrodo de referencia	34
6.2.2. Calcinación en mufla	34
6.2.3. Análisis granulométrico	35
6.2.4. Índice de contaminación del suelo	35
6.2.5. Río Tunjuelo	35
6.2.6. Tramos del río Tunjuelo	36
6.2.7. Hortalizas	36
6.2.8. Taxonomía Acelga (<i>Beta vulgaris var. cicla L</i>)	37
6.2.9. Bioacumulación de metales pesados en Hortalizas	37
7. METODOLOGÍA	38
7.1. Tipo de investigación	38
7.1.2. Población	39
7.1.3. Fases de la investigación	39
7.1.4. Fase de Inicio	40
7.1.5. Fase de Desarrollo	41
7.1.6. Diagnóstico inicial de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica	41
7.1.7. Instrumento de diagnóstico y finalización	41
7.1.8. Criterios para valorar el instrumento de diagnóstico y finalización	41
7.1.9. Diseño experimental	45
7.2. Recolección y preparación de la muestra de estudio	45
7.2.1. Instrumentos	46
7.2.2. Reactivos	47
7.2.3. Secado de la muestra de estudio	47
7.2.4. Determinación de porcentaje de cenizas	47
7.2.5. Determinación de cromo total y cromo (VI) en tejido vegetal y suelo	47
7.2.6. Determinación de cromo total y cromo (VI) en agua de riego	48
7.2.7. Determinación de pH en agua de riego	48

7.2.8. Determinación de pH en suelos por medio de agua desionizada.....	48
7.2.9. Determinación de Textura del suelo	48
7.3. Diseño y aplicación de la secuencia didáctica	49
7.3.1. Validación de los instrumentos de la secuencia didáctica	50
7.3.2. Criterios de análisis de los instrumentos.....	51
7.3.3. Fase de Finalización	52
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
8.1. Fase de desarrollo.....	52
8.1.1. Etapa de diagnostico.....	52
8.1.2. Aplicación del Pre-test	52
8.1.3. Ejecución del diseño experimental para la caracterización y cuantificación de cromo (III y VI) en acelga (<i>Beta vulgaris var. cicla L</i>) irrigada con agua del río Tunjuelo.....	64
8.1.3. Invernadero Bosa San Bernardino	64
8.1.4. Vereda Bosatama.....	65
8.1.5. Análisis de agua de riego	65
8.1.6. Determinación de pH	65
8.1.7. Determinación de cromo total.....	67
8.1.8. Determinación de cromo VI	71
8.1.9. Determinación de cromo III.....	72
8.2. Análisis de suelo.....	73
8.2.1. Determinación de pH.....	73
8.2.2. Determinación de % de cenizas totales en base seca	76
8.2.3. Determinación de textura	79
8.2.4. Determinación de cromo total.....	82
8.2.5. Determinación de cromo VI	84
8.2.6. Determinación de cromo III.....	87
8.2.7. Determinación del índice de contaminación	89
8.2.8. Análisis de tejido vegetal completo	90
8.2.9. Determinación de % de cenizas totales en base seca	90
8.2.9. Determinación de cromo total.....	92
8.3. Determinación de cromo VI	95
8.3.1. Determinación de cromo III.....	98
8.3.2. Análisis de tejido vegetal por partes.....	99
8.3.3. Determinación de % de cenizas totales en base seca	99
8.3.4. Determinación de cromo total.....	102
8.3.5. Determinación de cromo VI.....	104

8.3.6. Determinación de cromo III	107
8.3.7. Análisis de varianza de un factor (ANOVA).....	108
8.3.8. Determinación de cromo total en acelgas de supermercados de cadena	111
8.3.9. Determinación de cromo (VI) en acelgas de supermercados de cadena.....	112
8.4. Determinación de cromo (III) en acelgas de supermercados de cadena	115
8.4.1. Fase de finalización.....	119
8.4.2. Etapa de contextualización	119
8.4.3. Aplicación del recurso audiovisual	124
8.4.4. Recurso audiovisual 1 (Invernadero).....	124
8.4.5. Recurso audiovisual 2 (Vereda)	125
8.4.6. Cuestionario científico.....	126
8.4.7. Respuestas que no corresponden con la categoría.....	131
8.4.8. Respuestas que corresponden con la categoría.....	131
8.4.9. Respuestas que no corresponden con la categoría.....	132
8.5. Etapa de reconocimiento.....	135
8.5.1. Taller argumentativo.....	138
8.5.2. Respuestas que corresponden con la categoría.....	144
8.5.3. Respuestas que no corresponden con la categoría.....	145
8.5.4. Etapa de finalización	148
8.5.5. Observación caso simulado.....	149
8.5.6. Aplicación del Post-test	154
9. CONCLUSIONES.....	163
10. RECOMENDACIONES.....	164
11. BIBLIOGRAFÍA.....	166
12. ANEXOS	171

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Puntos de monitorio en los cuatro tramos del río Tunjuelo

Tabla 2. Criterios para valorar en el instrumento de diagnóstico y finalización.

Tabla 3. Diseño metodológico de la investigación.

Tabla 4. Criterios de análisis de los instrumentos.

Tabla 5. Determinación de pH en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 6. Determinación de cromo total en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 7. Determinación de cromo VI en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 8. Determinación de cromo III en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 9. Determinación de pH en suelo proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 10. Determinación del % de cenizas totales en base seca en suelo proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 11. Determinación de la textura del suelo de vereda por análisis granulométrico.

Tabla 12. Clasificación obtenida del suelo de vereda según el tamaño de partícula.

Tabla 13. Determinación de cromo total en suelo proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 14. Determinación de cromo VI en suelo proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 15. Determinación de cromo III en suelo proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 16. Determinación del índice de contaminación del suelo proveniente del invernadero y vereda.

Tabla 17. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal proveniente del invernadero.

Tabla 18. Determinación de cromo total en el tejido vegetal proveniente del invernadero.

Tabla 19. Determinación de cromo VI en el tejido vegetal proveniente del invernadero.

Tabla 20. Determinación de cromo III en el tejido vegetal proveniente del invernadero.

Tabla 21. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal por partes, proveniente de la vereda.

Tabla 22. Determinación de cromo total en el tejido vegetal por partes.

Tabla 23. Determinación de cromo VI en el tejido vegetal por partes.

Tabla 24. Determinación de cromo III en el tejido vegetal proveniente de la vereda.

Tabla 25. Parámetros iniciales para la aplicación del ANOVA.

Tabla 26. Análisis de varianza de un factor para las concentraciones de cromo VI desde la semana 1 hasta la semana 14.

Tabla 27. Análisis de varianza de un factor para las concentraciones de cromo VI desde la semana 15 hasta la semana 16.

Tabla 28. Asignación de roles en la actividad del caso simulado.

Tabla 29. Observación caso simulado.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Afirmación 18 Analfabetismo Científico.

Gráfico 2. Afirmación 1 Analfabetismo Científico.

Gráfico 3. Afirmación 8 Alfabetización Científica Nominal.

Gráfico 4. Afirmación 14 Alfabetización Científica Nominal.

Gráfico 5. Afirmación 4 Alfabetización Científica Nominal.

Gráfico 6. Afirmación 15 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica

Gráfico 7. Afirmación 10 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica.

Gráfico 8. Afirmación 11 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica.

Gráfico 9. Afirmación 13 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica.

Gráfico 10. Afirmación 9 Alfabetización Científica Multidimensional.

Gráfico 11. Afirmación 2 Alfabetización Científica Multidimensional.

Gráfico 12. Comparación del registro histórico de pH con respecto al tiempo, tomado por la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA), en el último punto de muestro de la cuenca baja del río Tunjuelo, Isla Potón San José (Tramo IV).

Gráfico 13. Comparación del registro histórico de la concentración de cromo total con respecto al tiempo, tomado por la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA), en el último punto de muestro de la cuenca baja del río Tunjuelo, Isla Potón San José (Tramo IV).

Gráfico 14. Relación entre pH y la disponibilidad de nutrientes.

Gráfico 15. Incremento del % de cenizas en función de la procedencia del suelo.

Gráfico 16. Curva granulométrica para definir la textura del suelo

Gráfico 17. Comparación entre la concentración obtenida de cromo total del suelo, en función de los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.

Gráfico 18. Comparación entre la concentración obtenida de cromo VI del suelo, en función de los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.

Gráfico 19. Comparación entre la concentración obtenida de cromo III del suelo, en función de los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.

Gráfico 20. Incremento del % de cenizas en función de las semanas de control.

Gráfico 21. Comparación entre la concentración obtenida de cromo total del tejido vegetal, en función de las semanas y los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.

Gráfico 22. Comparación entre la concentración obtenida de cromo VI del tejido vegetal, en función de las semanas y el límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.

Gráfico 23. Comparación entre la concentración obtenida de cromo III del tejido vegetal, en función de las semanas y el límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.

Gráfico 24. Incremento del % de cenizas en función de las semanas 15 y 16.

Gráfico 25. Comparación entre la concentración obtenida de cromo total del tejido vegetal por partes, en función de las dos últimas semanas y los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.

Gráfico 26. Comparación entre la concentración obtenida de cromo VI del tejido vegetal por partes, en función de las dos últimas semanas y límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.

Gráfico 27. Comparación entre la concentración obtenida de cromo III del tejido vegetal por partes, en función de las dos últimas semanas y el límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.

Gráfico 28. Determinación de ANOVA desde la semana 1 hasta la semana 14 para cromo VI,

Gráfico 29. Determinación de ANOVA desde la semana 15 hasta la semana 16 para cromo VI.

Gráfico 30. Determinación de cromo total en tallo de acelga proveniente de supermercados.

Gráfico 31. Determinación de cromo total en hoja de acelga proveniente de supermercados.

Gráfico 32. Determinación de cromo (VI) en tallo de acelga proveniente de supermercados

Gráfico 33. Determinación de cromo (VI) en hoja de acelga proveniente de supermercados.

Gráfico 34. Determinación de cromo (III) en tallo de acelga proveniente de supermercados.

Gráfico 35. Determinación de cromo (III) en hoja de acelga proveniente de supermercados.

Gráfico 36. Resumen parcial del análisis químico y físico de las matrices analizadas.

Gráfico 37. Afirmación 15 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica (Post-test).

Gráfico 38. Afirmación 10 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica (Post-test).

Gráfico 39. Afirmación 11 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica (Post-test).

Gráfico 40. Afirmación 13 Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental (Post-test).

Gráfico 41. Afirmación 18 Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental (Post-test).

Gráfico 42. Afirmación 9 Alfabetización Científica Multidimensional (Post-test).

Gráfico 43. Afirmación 2 Alfabetización Científica Multidimensional (Post-test).

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Fases de la Investigación.

Ilustración 2. Lectura directa de pH en el agua de riego proveniente del invernadero.

Ilustración 3. Lectura directa de pH en el agua de riego proveniente de la vereda.

Ilustración 4. Puntos de muestreo para la determinación de cromo total en agua de riego.

Ilustración 5. Puntos de muestreo para la determinación de cromo VI en agua de riego.

Ilustración 6. Puntos de muestreo para la determinación de pH en suelo.

Ilustración 7. Lectura de pH en suelo proveniente del invernadero, relación suelo-agua (1:1).

Ilustración 8. Lectura directa de pH en el agua de riego proveniente de la vereda.

Ilustración 9. Puntos de muestreo para la determinación del % de cenizas totales en base seca.

Ilustración 10. Determinación de la textura por el método granulométrico por tamizado.

Ilustración 11. Puntos de muestreo para la determinación de cromo total en suelo.

Ilustración 12. Puntos de muestreo para la determinación de cromo VI en suelo.

Ilustración 13. Puntos de muestreo para la determinación del % de cenizas totales en base seca.

Ilustración 14. Determinación de cromo total en el tejido vegetal completo.

Ilustración 15. Determinación de cromo total en tejido vegetal completo.

Ilustración 16. Tratamiento de la muestra para la determinación del % de cenizas totales base seca.

Ilustración 17. Determinación de cromo total en tejido vegetal por partes en la semana 15 y 16.

Ilustración 18. Determinación de cromo VI en tejido vegetal por partes en la semana 15 y 16.

Ilustración 19. Riego e interior del invernadero Bosa Sambernardino.

Ilustración 20. Vereda Bosatama y ubicación de los cultivos con los docentes investigadores.

Ilustración 21: Contextualización sobre la problemática sesión 1.

Ilustración 22. Video didáctico e ilustrativo del invernadero.

Ilustración 23. Video didáctico e ilustrativo de la vereda.

Ilustración 24. Primera parte práctica experimental.

Ilustración 25. Segunda parte práctica experimental.

Ilustración 26. Futuros docentes de química preparando sus argumentos.

1. INTRODUCCIÓN

La educación contemporánea se encuentra en la responsabilidad de preparar a los estudiantes para enfrentar un entorno cada vez más complejo, caracterizado por los rápidos avances tecnológicos. En este contexto, la Alfabetización Científica y Tecnológica (ATC) surge como un pilar fundamental para fomentar el desarrollo de habilidades y conocimientos esenciales que se requieren para abordar cuestiones críticas de la sociedad. Dentro de este marco, adquiere importancia el enfoque conceptual propuesto por Bybee en 1997, el cual establece una estructura que abarca desde la comprensión elemental hasta la aplicación avanzada de los principios Científicos y Tecnológicos.

Actualmente, existe un consenso generalizado que reconoce la educación como un componente para el desarrollo de los individuos y la sociedad. Se ha tomado conciencia de que la función primordial de la escuela es preparar a las personas para la vida, y se destaca la necesidad de que las instituciones superiores estén enfocadas en promover el bienestar social. Sin embargo, los rápidos y condicionados cambios en la Ciencia y la Tecnología en el mundo contemporáneo, junto con sus crecientes implicaciones sociales, han intensificado las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad.

De acuerdo con Gil y Vilches (2001), el enfoque de la Alfabetización Científica y Tecnológica ha sido promovido por diversos investigadores, educadores y organismos internacionales. Algunos de los pioneros en este campo incluyen a Rodger Bybee, quien ha realizado importantes contribuciones en el desarrollo de la Alfabetización Científica. Otros investigadores como Amparo Vilches Peña también han abogado por una Alfabetización Científica común para todos los ciudadanos, destacando las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Además, organismos como el National Research Council han impulsado estándares de educación científica que enfatizan la importancia de la Alfabetización Científica y Tecnológica para todos los ciudadanos. En general, la Alfabetización Científica y Tecnológica ha sido un tema de interés creciente en el ámbito educativo y científico, con el objetivo de preparar a las personas para enfrentar los desafíos de una sociedad cada vez más basada en el conocimiento científico y tecnológico (Aguirre et al., 2023).

En este orden de ideas, se puede inferir que el enfoque de la Alfabetización Científica y Tecnológica se refiere a la necesidad de que las personas adquieran conocimientos, habilidades y actitudes que les permitan comprender, utilizar y participar de manera crítica en el ámbito de la ciencia y la tecnología en la sociedad actual. Este enfoque va más allá de la simple adquisición de información científica y tecnológica, porque se centra en buscar y desarrollar la capacidad de

analizar críticamente la información, tomar decisiones fundamentadas, resolver problemas, y comprender las implicaciones éticas y sociales de los avances científicos y tecnológicos (Aguirre et al., 2023).

Es así como el presente trabajo de investigación se centra en promover los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica en futuros docentes de química, siguiendo los postulados de Bybee (1997), el cual resalta la importancia de cultivar en los estudiantes una comprensión amplia de la ciencia y la tecnología como elementos esenciales para la sociedad. Para lograr este objetivo se aplicó una metodología mixta que se desarrollaron en tres fases investigativas: fase inicial, fase desarrollo y fase finalización. En este sentido, al aplicar una prueba diagnóstica (Pre-test), se estableció el nivel inicial de Alfabetización científica y Tecnológica, lo que permitió caracterizar los conceptos básicos de los futuros docentes de química y diseñar la secuencia didáctica para contribuir a la construcción y el avance del conocimiento científico-tecnológico en función de la problemática ambiental. Posteriormente, los resultados obtenidos en el Post-test, evidenciaron una trazabilidad de conocimiento desde el nivel inicial de Alfabetización Científica Nominal hasta el nivel final de Alfabetización Conceptual y Procedimental, donde 10 futuros docentes de química alcanzaron este último nivel y solamente 1 el nivel de Alfabetización Científica Multidimensional. De esta forma el análisis cualitativo y cuantitativo realizado en la discusión de resultados significativamente contribuyen a la evaluación de la secuencia didáctica.

En este orden de ideas, el concepto de Alfabetización Científica y Tecnológica se refiere a la capacidad de comprender, utilizar y reflexionar sobre conceptos científicos y tecnológicos en la vida cotidiana, generando no solo conocimientos básicos en ciencia y tecnología, sino también desarrollando habilidades para analizar información, tomar decisiones informadas y participar en discusiones públicas sobre temas científicos y tecnológicos.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Este trabajo de investigación se desarrolló desde la línea de investigación “Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias”, enfocada en promover un desarrollo sostenible. Por lo tanto, el grupo de investigación en Didáctica y sus Ciencias del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional busca transformar la educación en ciencias, orientadora hacia un eje ambientalmente sostenible, proponiendo diferentes tipos de estrategias de enseñanza-aprendizaje que fortalecen las habilidades científicas, tecnológicas, y sociales incluyendo los aspectos del enfoque CTS. Además, se abordan problemáticas ambientales que afectan a una comunidad, y se explora cómo, desde su rol de futuro docente, puede intervenir en

estos sucesos. De este modo, se cumple con uno de los objetivos del enfoque CTS, que es fomentar la Alfabetización Científica en sociedades que experimentan avances científicos, adquiriendo competencias para abordar diferentes necesidades.

En lo que concierne al rol del docente de Química y Ciencias Naturales, se puede argumentar que su función radica en su habilidad para fomentar la apreciación de la ciencia desde el contexto del aula mediante una metodología de Alfabetización Científica y Tecnológica bien elaborada. Dicha metodología involucra una serie de elementos que requieren un análisis detallado y debe distanciarse de la noción simplista que considera la formación del conocimiento como una simplificación y facilitación del conocimiento científico.

Conforme a lo anterior, en esta investigación se trabajó bajo los planteamientos de Bybee para alcanzar la Alfabetización Científica y Tecnológica, que representa una perspectiva amplia para potenciar la mejora de la educación científica. Esta perspectiva abarca aspectos tanto históricos y filosóficos como concretos y prácticos. A pesar de que el discurso de la reforma se proyecta a nivel nacional, la implementación real de la reforma debe llevarse a cabo a niveles estatales y locales. Abordando el desafío crítico de convertir los estándares nacionales en prácticas aplicadas en el aula, con la meta de fomentar una mayor coherencia y consistencia en la enseñanza de las ciencias (Bybee, 1997).

En el presente trabajo investigativo, se planteó una secuencia didáctica para fomentar los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica, centrada en una problemática ambiental específica. Analizando si se producía bioacumulación del cromo (III y VI) en hortalizas, específicamente en la acelga, y revisando la literatura, se encuentra que hasta el momento pocos estudios están enfocados a la determinación de cromo en hortalizas. Al evidenciar esto, los docentes investigadores procedieron a realizar los análisis químicos y físicos en matrices de agua, suelo y acelga. En esta última matriz se centraron más los análisis químicos, determinando las tres especies de cromo en todas las fases de crecimiento de la acelga mediante métodos espectrofotométricos.

Por lo tanto, este trabajo investigativo se orientó desde la problemática ambiental del irrigamiento de hortalizas, específicamente la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), con agua del río Tunjuelo contaminada con el metal pesado cromo. Además, la acelga se caracteriza por tener tres partes (raíz, tallo y hoja), por lo cual fue mucho más fácil determinar en qué parte del tejido vegetal se bioacumuló este metal pesado, según sus etapas de crecimiento.

Finalmente, el estudio de esta problemática ambiental es importante para enseñar implicaciones ambientales a futuros docentes de química, para que en su ejercicio docente puedan interpretar desde la química nuevas formas de incorporación desde lo didáctico y pedagógico relacionada con esta problemática ambiental y en la incorporación de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica según Bybee en las clases de Química y Ciencias Naturales.

3. ANTECEDENTES

Para llevar a cabo esta investigación, se referenciaron los siguientes documentos, los cuales se presentan en Antecedentes Didácticos y Antecedentes Disciplinarios en un intervalo de tiempo entre los años 1993 y 2022.

3.1. Antecedentes Didácticos

La revisión de diversos estudios internacionales, nacionales y locales se orientó a un marco didáctico para comprender los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica planteando ideas esenciales desde el entorno educativo, enseñanza de las ciencias, inclusión del enfoque CTS y el rol docente.

3.1.1. Educación científica en relación con el CTS

De acuerdo con los dos primeros estudios indagados a nivel internacional trabajados por (Acevedo et al., 2003) y (Hernández & Zacconi, 2021), los cuales mencionan que en los últimos años, la educación científica se ha centrado en la Alfabetización Científica y Tecnológica, así como en hacer que la ciencia sea accesible para todos. Estas dos investigaciones abordan la naturaleza difusa de la Alfabetización Científica y Tecnológica, generando falta de consenso entre los expertos. Sin embargo, se plantea acuerdos para llegar a una justa concertación. Por lo tanto, se propone que los principios del movimiento educativo CTS puedan servir como un puente entre ambas metas, abordando así los desafíos educativos para lograr una Alfabetización Científica y Tecnológica universal. Además, se exploran problemas específicos en la implementación de estas ideas en el sistema educativo español, como la brecha entre el plan de estudios planificado y el aplicado, el papel de la didáctica de las ciencias y otras barreras para la integración coherente de innovaciones.

En síntesis, la Alfabetización Científica debe ser conceptualizada como un proceso de "investigación orientada", posibilitando la participación de los alumnos en la exploración de problemáticas relevantes y en la reconstrucción de conocimientos científicos. Este enfoque contrasta con la modalidad tradicional de enseñanza, donde los conocimientos científicos son

transmitidos de manera preconcebida, promoviendo así un aprendizaje más eficaz y significativo (Hernández & Zacconi, 2021).

3.1.2. Integración de las ciencias en el entorno educativo

Como segundo referente internacional se tuvo en cuenta el estudio de Hernandez (2017) en la adquisición de competencias en ciencia y tecnología ya que es fundamental en la vida cotidiana, especialmente en un mundo cada vez más influenciado por estos campos. La integración de la ciencia en el entorno educativo, comenzando desde las etapas iniciales y considerando los intereses y preconcepciones de los estudiantes, despierta su curiosidad y fomenta el planteamiento de preguntas. En este estudio, se realiza una exhaustiva revisión de la literatura académica sobre el tema de Alfabetización Científica y Tecnológica, consultando diversas publicaciones especializadas. Se presenta un resumen estructurado de los hallazgos, así como algunas sugerencias prácticas y reflexiones relevantes derivadas de la investigación.

3.1.3. Enseñanza de las ciencias

A nivel internacional también, se consultó el trabajo de Neira (2021) titulado “Nivel de Alfabetización Científica y Actitud hacia las ciencias de profesores de enseñanza media con distinta especialidad en ciencias, que se desempeñan en liceos científico-humanista”. Este estudio se enfocó en la enseñanza de las ciencias y sus implicaciones en la educación nacional, las cuales representan un desafío creciente, que demanda la emergencia de nuevas estrategias educativas y programas de desarrollo docente. Estos enfoques deben dirigirse hacia la equidad de oportunidades y el fomento del aprendizaje en todos los estudiantes del país. Sin embargo, muchas de las prácticas pedagógicas aún se centran en la memorización, lo que limita la comprensión de los conceptos impartidos en clase, ya que los estudiantes simplemente repiten información sin comprender su significado. En este contexto, ha surgido un interés por examinar las prácticas de enseñanza de los docentes, quienes tienen la responsabilidad de facilitar la transferencia del conocimiento científico al ámbito escolar. Este estudio descriptivo tiene como objetivo evaluar la actitud hacia las ciencias y el nivel de Alfabetización Científica de profesores de ciencias con diferentes especialidades (biología, química y física), que ejercen su labor en diversas regiones del país.

3.1.4. Alfabetización Científica y Tecnológica como estrategia de enseñanza

En esta fase inicial del modelo, que se plantean en Paternina et al. (2020) los profesores orientan al estudiante para que su primer encuentro con el tema en cuestión sea positivo y no genere ansiedad. Para lograrlo, cada docente elabora una práctica de laboratorio que asegura el correcto funcionamiento de los dispositivos utilizados, con el objetivo de establecer una

conexión emocional favorable entre el estudiante y los instrumentos. Además, el profesor estructura la primera práctica de manera que los principios y metas de la Alfabetización Científica y Tecnológica faciliten la comprensión de los nuevos temas por parte del estudiante. Para ello, se enfatiza la importancia de que el estudiante adquiera habilidades para resolver problemas relacionados con su entorno personal y profesional, empleando los conceptos científicos y tecnológicos asociados con los temas abordados en cada curso.

3.1.5. Fomento de habilidades científicas

Según Montes (2021), los propósitos de la educación en ciencias se han orientado hacia el fomento de habilidades científicas, en lugar de enfocarse únicamente en la acumulación de conocimientos abstractos para los estudiantes. Además, se busca resaltar las contribuciones de la ciencia a la sociedad. Por consiguiente, el objetivo de esta investigación consistió en examinar cómo las habilidades de indagación, como la formulación de problemas o interrogantes y la recolección e interpretación de datos, contribuyen a la Alfabetización Científica en el contexto de la sexualidad y la reproducción humana, desde una perspectiva interdisciplinaria que integra ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

3.1.6. Intersección de CTS y Alfabetización Científica

El tema abordado en este estudio por Mejía y Ortiz (2007), se centra en la intersección de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y la Alfabetización Científica para todos los individuos. Nuestro objetivo principal consiste en investigar cómo la educación en Ciencias Naturales, desde la perspectiva CTS, ha influido en la formación tanto científica como ciudadana. En la actualidad, vivimos en una sociedad del conocimiento en la que la ciencia y la tecnología constituyen la base principal de la producción. Sin embargo, es fundamental reconocer que el valor más significativo no reside únicamente en las consecuencias de los avances científicos y tecnológicos, sino en las capacidades humanas para crear y aplicar de manera creativa, responsable y crítica los conocimientos adquiridos.

3.1.7. Inclusión del enfoque CTS

Por otro lado, Colorado et al. (2014), la educación científica requiere una revisión profunda de las formas en que tradicionalmente se ha enseñado, es decir, como un cuerpo de conocimiento distante de nuestras experiencias diarias. Se propone la inclusión del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la enseñanza de las ciencias naturales para promover la Alfabetización Científica y Tecnológica. Este enfoque debe comenzar desde los primeros años de escolaridad y extenderse a lo largo de todo el plan de estudios de ciencias en los diferentes niveles educativos, proporcionando una perspectiva renovada de la ciencia escolar que amplíe

las oportunidades de aprendizaje para todos los niños en la educación primaria. Sin embargo, otro estudio que también aporta a esta investigación es el de Martínez y Gallo (2021), en el cual se enfocan en analizar la argumentación de profesores de química en su fase inicial de formación mediante la exploración de una cuestión sociocientífica [CSC] relacionada con la anorexia y su vínculo con el metabolismo de aminoácidos. Los hallazgos revelaron que los niveles de argumentación predominantes entre los profesores en formación eran 0 y 1, destacando la necesidad de incorporar la argumentación de manera continua y transversal en los planes de estudio de la formación de profesores de química, con el objetivo de mejorar los procesos argumentativos. En cuanto a su postura respecto al abordaje de una CSC controvertida como la anorexia, los profesores en formación demostraron una comprensión amplia de la enfermedad, lo que contribuye al desarrollo del pensamiento crítico (Martínez & Gallo, 2021).

3.1.8. Estrategias de labor docente

En los planteamientos de Molano (2015), que trabajo en su tesis de maestría, manifiesta que los métodos de enseñanza y aprendizaje tienen el objetivo de promover la Alfabetización Científica en las instituciones educativas y se considera una estrategia altamente efectiva para desarrollar un modelo didáctico que busca mejorar la calidad de la educación. Este enfoque se traduce en un cambio en las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia. Para lograrlo, es crucial diseñar estrategias que guíen la labor docente hacia la consecución de metas claras, sin descuidar el conocimiento necesario que los docentes deben poseer.

3.1.9. Acceso a conocimientos científicos

Para Garzón (2022), la Alfabetización Científica es fundamental para el progreso tanto individual como colectivo de las personas y las comunidades. En una primera instancia, esta alfabetización implica que la mayoría de la población tenga acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos indispensables para enfrentar las exigencias de la vida diaria, contribuir a la solución de problemas y necesidades básicas de salud y supervivencia, comprender las intrincadas interacciones entre la ciencia y la sociedad, y, en última instancia, reconocer la ciencia como un componente integral de la cultura contemporánea.

3.2. Alfabetización Científica relacionada con CTSA

En relación con los estudios locales sobre la Alfabetización Científica, se destaca la investigación realizada por Parga (2022) titulada "El CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental". En este estudio, se argumenta que el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente) se concibe como un enfoque educativo que trasciende la mera transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos. Su objetivo

primordial es promover una comprensión crítica y reflexiva de la ciencia y la tecnología dentro de su contexto social y ambiental.

Este estudio ha contribuido significativamente a la investigación, ya que el enfoque CTSA se alinea con la Alfabetización Científica al resaltar la importancia de comprender las interacciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, considerando además las implicaciones éticas, políticas y ambientales. Su enfoque abarca la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, así como la resolución de problemas sociales complejos que incluyen aspectos científicos y tecnológicos.

3.2.1. Antecedentes Disciplinarios

La revisión de diversos estudios internacionales, nacionales y locales proporcionó un marco disciplinario integral para comprender la problemática asociada a la contaminación por cromo hexavalente (Cr VI) en el entorno agrícola y ambiental. Estos trabajos abordan aspectos fundamentales desde la Fito-toxicología hasta la gestión ambiental, integrando disciplinas como la ecología, la agronomía, la geoquímica, la química analítica y la ecotoxicología ambiental.

3.2.2. Influencia del Cromo en el Crecimiento de Plantas

Se revisó inicialmente el estudio de Bishnoi et al. (1993) titulado "Impacto del cromo en la germinación de semillas, desarrollo de plántulas y rendimiento de guisantes" como el primer trabajo internacional analizado. Este estudio se enfocó en analizar la influencia del Cr (VI) en el crecimiento de las plantas, destacando su efecto más pronunciado en aquellas alimentadas con nitrógeno suministrado (NS) en comparación con las plantas fijadoras de nitrógeno (NF). Asimismo, se identificó la presencia de la forma más tóxica de cromo en diversas partes de la planta, incluyendo raíces, hojas, tallo, paredes de las vainas y semillas. Esta investigación proporcionó en el contexto de este trabajo académico una perspectiva sobre cómo el Cr (VI) impacta el crecimiento de las plantas y cuáles son las áreas con mayores concentraciones.

3.2.3. Absorción de Níquel y Cromo por Cultivos Alimenticios

El siguiente análisis se centró en el estudio llevado a cabo por Stasinou y Zabetakis (2012), titulado "Absorción de níquel y cromo del agua de riego por papas, zanahorias y cebollas". El propósito de esta investigación fue examinar la absorción de cromo y níquel por las papas, zanahorias y cebollas en un experimento de invernadero que replicó las condiciones de riego en campo abierto en las dos principales regiones productoras de tubérculos. El estudio abarcó el cultivo de tubérculos durante aproximadamente 4 meses en seis líneas de riego, cada una expuesta a una solución de agua con distintos niveles de Cr (VI) y Ni (II). Este trabajo permitió

comprender la capacidad de absorción de cromo y níquel en cada tipo de alimento, así como identificar las áreas de acumulación predominantes. Su contribución a la presente investigación se evidenció al proporcionar claridad sobre la fijación del cromo en la acelga objeto de estudio.

3.2.4. Bioacumulación y Efectos Fisiológicos de Metales Pesados en Tubérculos

No obstante, otro estudio de relevancia en la investigación fue llevado a cabo por Stasinou et al. (2014), bajo el título "Bioacumulación y efectos fisiológicos de metales pesados en zanahorias, cebollas y papas, con implicaciones dietéticas para Cr y Ni: una revisión". En este análisis, se examinó la bioacumulación y los efectos fisiológicos de metales pesados en diversos tubérculos utilizados como alimentos en Grecia. Se resaltó la posibilidad de que los metales pesados causen un significativo estrés oxidativo, lo cual motivó la evaluación del impacto que estos podrían tener en la fisiología de las plantas. Este estudio ofreció una contribución valiosa al explicar cómo la contaminación del suelo y el agua por metales pesados está estrechamente vinculada con la cadena trófica.

3.2.5. Contaminación de Sedimentos en Manglares

En el contexto de los estudios nacionales sobre la contaminación por metales pesados, se descubrió que Espinosa et al. (2011), en su investigación titulada "Determinación del contenido de metales pesados en las fracciones geoquímicas del sedimento superficial asociado a los manglares de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia", propuso que, bajo condiciones normales, los sedimentos vinculados a los manglares establecen equilibrios que favorecen la retención de metales pesados en diversas formas químicas. Cuando se interrumpe este equilibrio, los metales no retenidos pueden volverse biodisponibles, como es el caso del cromo. De este modo, se obtuvo un conocimiento más detallado acerca de cómo los metales pesados pueden retenerse en un sedimento.

3.2.6. Métodos Instrumentales para la Determinación de Cromo VI

En relación con las técnicas o métodos instrumentales para la cuantificación del cromo (VI), se examinó una investigación titulada "Estandarización de la difenilcarbazida como indicador y agente complejante en la identificación de cromo hexavalente – Cr (VI)", llevada a cabo por Herrera et al. (2013). Este estudio posibilitó establecer las condiciones óptimas para la aplicación de la técnica colorimétrica utilizando 1,5-difenilcarbazida como agente complejante para la determinación de Cr (VI) en solución acuosa. Además, se reconoció que la colorimetría se considera uno de los procedimientos más accesibles, económicos y eficaces debido a su alta precisión y exactitud en la cuantificación de metales presentes en concentraciones bajas.

3.2.7. Impacto del pH en la Concentración de Cromo VI en Aguas Superficiales

Finalmente, a nivel nacional se examinó un artículo de Concha y García (2017) titulado "Análisis de la concentración de cromo hexavalente (VI) en relación con el pH en las aguas superficiales de la ciénaga de las quintas en la ciudad de Cartagena de Indias". En este estudio, se abordó cómo los niveles de pH experimentan cambios debido a las reacciones de oxidación, lo que posibilita la modificación del cromo en su estado de oxidación. Asimismo, se proporcionó una comprensión sobre la toxicidad del cromo y sus impactos en la salud. La relevancia de esta investigación radica en su capacidad para comprender los daños y riesgos asociados al cromo, así como la manera en que su capacidad de oxidación varía según las condiciones de disponibilidad. En el contexto de la química del agua y la toxicología. Este estudio contribuye en comprender las condiciones que influyen en la movilidad y biodisponibilidad del cromo en los cuerpos de aguas superficiales.

3.2.8. Tratamiento de Cromo en Aguas Residuales de Curtiembres

Otros análisis disciplinarios a nivel local incluyeron el estudio de Farfán (2004), que desempeñó un papel significativo en la comprensión del tratamiento, determinación y recuperación de cromo presente en las aguas residuales procedentes del proceso de curtiembre. Este estudio presentó una propuesta didáctica para la enseñanza de procesos químicos. Además, se abordaron aspectos generales acerca del cromo, los métodos principales de curtido y las consecuencias derivadas de la eliminación de residuos de este metal. Además, cabe resaltar que el trabajo permitió una comprensión más completa de los impactos ambientales y las consideraciones prácticas asociadas con la gestión de los desechos cromados en la industria de las curtiembres.

3.2.9. Citotoxicidad del Cromo en Peces de la Cuenca Baja del Río Tunjuelo

La investigación subsiguiente, a cargo de Espinosa (2015) y titulada "Citotoxicidad por cromo en encéfalo, médula espinal, tubo digestivo, riñón e hígado de *Betta splendens* según la concentración determinada en la cuenca baja del río Tunjuelo (sector curtiembres), Bogotá D.C., Colombia", se enfocó en la cuenca baja del río Tunjuelo, donde se detectaron elevadas concentraciones de Cr (VI) que, intrínsecamente, estaban provocando alteraciones a nivel fisiológico en las comunidades circundantes. Para llevar a cabo este estudio, se emplearon diversas poblaciones del pez *Betta splendens* como punto de referencia. La contribución principal de esta investigación radicó en la comprensión de la bioacumulación del cromo en los órganos de los seres acuáticos. Este estudio se ubica en la ecotoxicología, revelando cómo el

cromo afecta fisiológicamente a los organismos acuáticos y su bioacumulación en los tejidos de los peces.

3.3. Diagnóstico de Niveles de Cromo VI en el Río Tunjuelito

Finalmente, la investigación de mayor relevancia a nivel local es la llevada a cabo por Camacho (2020), ya que en su estudio titulado "Diagnóstico sobre los niveles de cromo hexavalente (Cr+6) en el tramo IV del río Tunjuelito", proporcionó información clave para examinar las hortalizas mencionadas en este mismo trabajo. Estas hortalizas son regadas con agua procedente de dicho río, lo cual podría ser altamente perjudicial para quienes consumen estos alimentos. Este valioso aporte permitió en la presente investigación comprender y utilizar como referencia la ubicación específica de los cultivos irrigados con agua del río Tunjuelo.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de estudio que se presenta en la presente investigación se encuentra asociado con la identificación de Niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica en futuros docentes de química, en el contexto de la identificación de cromo en hortalizas irrigadas con agua del río Tunjuelo, llevado a cabo como una problemática ambiental.

La Alfabetización Científica y Tecnológica es necesaria en el desarrollo de las personas para que ellas adquieran un nuevo aprendizaje sobre lo que en realidad desconocían. Por ende, dispondrán de conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para entender los sucesos y cuestiones de la vida diaria. En este caso intervendrán en resolver problemas ambientales relacionados con la afectación de salud por el consumo de alimentos hortícolas contaminados por cromo.

Por ende, la educación científica exige ser replanteada profundamente en las formas en que su enseñanza ha sido desarrollada tradicionalmente, es decir como un producto acabado ajeno a nuestra cotidianidad. Incluyendo en la enseñanza de las ciencias naturales el enfoque CTS para favorecer el modelo de Alfabetización Científica y Tecnológica propuesto por Bybee.

Por tanto, la educación en ciencias exige una reconsideración profunda de cómo se ha concebido tradicionalmente su enseñanza, entendida como un producto finalizado distante de nuestra experiencia diaria. La integración del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la instrucción de las ciencias naturales se presenta como una estrategia para promover la alfabetización en ámbitos científicos y tecnológicos (Colorado & Rodríguez, 2014).

En relación con la problemática ambiental de la toxicidad de cromo en hortalizas, Camacho (2020), especifica que el río Tunjuelo está contaminado con grandes concentraciones de Cr (VI) por las aguas residuales de las industrias de curtiembres ubicadas en el barrio San Benito de la Localidad de Tunjuelito de la ciudad de Bogotá. Luego más adelante estas aguas contaminadas son utilizadas como fuente de irrigamiento de las hortalizas de la Sabana de Bogotá, convirtiéndose en una problemática ambiental y en el punto central de nuestro estudio investigativo.

Es importante orientar a futuros docentes de química sobre problemáticas ambientales que se observan, y para esto se utilizó la metodología de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnología, ya que es importante que ellos reconozcan por medio de diferentes actividades encaminadas en una secuencia didáctica las implicaciones ambientales y de salud que tiene consumir hortalizas irrigadas con agua del río Tunjuelo.

4.1. Pregunta de Investigación

¿Qué niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica alcanzaran los futuros docentes de química de la asignatura del Énfasis Disciplinar II Tecnologías limpias en aguas residuales, de la Universidad Pedagógica Nacional mediante la implementación de una secuencia didáctica sobre la problemática de toxicidad de cromo en la acelga?

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Fomentar los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica según los postulados de Bybee en futuros docentes de química, a través de una implementación de una secuencia didáctica, que permita comprender el impacto originado por la toxicidad de cromo en una variedad de acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*) irrigada con agua del río Tunjuelo.

5.1.1. Objetivos específicos

- Diagnosticar los niveles iniciales de Alfabetización Científica y Tecnológica que poseen los futuros docentes de química en conformidad con la formación desarrollada en el programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional empleando los postulados de Bybee.
- Cuantificar el cromo (III y VI) presente en matrices de suelo, agua y Acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*) irrigada con agua del río Tunjuelo desde su germinación hasta su distribución final.

- Evaluar la secuencia didáctica implementada en términos de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica alcanzada por los futuros docentes de química y sus aportes al desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas.

6. MARCO TEÓRICO

El propósito de este apartado es presentar los referentes básicos que ayudaron a comprender la conducción de la investigación, mostrando que las definiciones propuestas son el resultado de la formulación de estos aportes por parte de diversos autores. En primer lugar, se menciona la importancia del enfoque CTS, en función de la Alfabetización Científica y Tecnológica, en relación con la secuencia didáctica, la cual está centrada en promover el aprendizaje y el conocimiento científico de los futuros docentes de química conforme a la toxicidad de cromo por el irrigamiento con agua proveniente del río Tunjuelo. Como segundo momento, se nombran las diferentes técnicas analíticas empleadas para la determinación de cromo en hortalizas específicamente la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*).

6.1. Referente didáctico

6.1.1. Importancia del enfoque CTS y la Alfabetización Científica y Tecnológica

Durante la década de 1960, surgió el término "Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad" (CTS) para describir un área de estudio enfocada en comprender los procesos de enseñanza, aprendizaje, diseño curricular, evaluación y capacitación docente relacionados con los aspectos sociales, políticos y ambientales de la ciencia y la tecnología (Garzón & Martínez, 2021).

Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se refiere a una corriente académica e investigativa que se centra en explorar la dimensión social del conocimiento científico y tecnológico, así como sus impactos en diversos aspectos económicos, sociales, ambientales y culturales dentro de las sociedades, principalmente en las occidentales. Estos estudios, también denominados estudios sociales de la ciencia y la tecnología, se dedican a examinar las interacciones complejas entre la ciencia, la tecnología y los contextos sociales en los que operan (Osorio, 2002).

En relación con sus orígenes, se contextualiza un período histórico en el que la inquietud por los impactos de la ciencia y la tecnología se hizo patente desde la Segunda Guerra Mundial. Hacia la década de los años 60, comenzó a surgir una movilización social en torno a los problemas asociados al avance tecnológico, en respuesta a la creciente preocupación por el progreso tecnocientífico. Esta preocupación se intensificó y se amplió en los años 70,

especialmente debido a la tensión internacional derivada de la carrera armamentista y al cada vez más evidente deterioro del medio ambiente (Osorio, 2002).

A partir de los años 70, surgieron dos corrientes principales en los estudios CTS. Por un lado, la corriente europea se preocupaba por investigar los fundamentos epistemológicos y sociales del conocimiento, particularmente como una respuesta a la tradicional filosofía de la ciencia que se enfocaba principalmente en los aspectos epistémicos de las teorías sin considerar adecuadamente su relación con el contexto social. Por otro lado, la corriente norteamericana se centraba en las implicaciones de dicho conocimiento en diversos ámbitos de la sociedad, lo que permitió comprender las razones detrás del establecimiento temprano de agencias de evaluación tecnológica y la implementación de políticas públicas en ciencia y tecnología en Estados Unidos.

El movimiento CTS está orientado bajo tres objetivos planteados por (Acevedo, 2004):

- Impulsar la Alfabetización Científica, considerando la ciencia una tarea relevante socialmente, y partiendo de la cultura general en la población moderna.
- Promover inclinarse en el estudio científico y tecnológico en la sociedad, acompañado de responsabilizarse críticamente.
- Fomentar el desarrollo de actitudes y prácticas democráticas de relevancia social, relacionadas con la innovación tecnológica.

En el primer apartado en el ámbito CTS, su objetivo es promover la Alfabetización Científica y Tecnológica entre los ciudadanos. En una sociedad que experimenta transformaciones impulsadas por los avances científicos y tecnológicos, es fundamental que los individuos adquieran competencias en estos ámbitos y puedan abordar una variedad de necesidades.

En relación con la función del profesor de Química y de las ciencias naturales, podría sustentarse en su capacidad para promover la ciencia desde el entorno del aula a través de una metodología de Alfabetización Científica y Tecnológica bien diseñada. Esta metodología implica una serie de aspectos que requieren un análisis profundo y debe alejarse de la concepción básica que considera el proceso de formación del conocimiento escolar como una simplificación y facilitación del conocimiento científico.

6.1.2. Definición de Alfabetización Científica y Tecnológica

Durante la Edad Media, la habilidad de leer se asociaba con el ser considerado alfabetizado, aunque no necesariamente implicaba comprender la escritura. Sin embargo, con la introducción de varios avances tecnológicos, como la aparición del papel y la mejora de los instrumentos de

escritura, ser considerado alfabetizado evolucionó para implicar saber leer y entender la lengua nativa escrita. Esta distinción se hizo más evidente en el siglo XX con la llegada del concepto de Alfabetización Científica (Colorado & Rodríguez, 2014).

Según el Marco PISA de la OCDE (2016), define la Alfabetización Científica como: La capacidad de utilizar el conocimiento científico, realizando preguntas y adquiriendo conclusiones de la evidencia para comprender y tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios causados por las actividades humanas.

En otros términos, la Alfabetización Científica debe ser comprendida como un proceso de investigación orientada por un docente que permite a los estudiantes participar en la resolución de desafíos importantes y reconstruir el conocimiento científico previamente adquirido en la escuela, lo que promueve un aprendizaje efectivo y con significado (Bybee, 1997).

En relación con lo anterior Bybee (1997) dice que el objetivo de la educación científica:

Es alcanzar las aspiraciones de la sociedad y promover el desarrollo individual dentro del contexto de la ciencia y la tecnología. Sin duda, la mayoría de los educadores de ciencias respaldan esta afirmación porque encarna los objetivos más elevados y admirables de la enseñanza de la ciencia. pág. 69.

Uno de los tipos de alfabetizaciones más antiguos es el planteamiento de Shen (1975) que sirve de precedente en posteriores investigaciones que se encargan de ir afianzando el concepto y postularlo como una muy buena alternativa en la enseñanza de las ciencias naturales. Estas se distinguen en tres tipos:

- **Práctica:** tener conocimiento científico y tecnológico para resolver problemas elementales de supervivencia y salud.
- **Cívica:** aumenta la conciencia al vincularla con problemas sociales.
- **Cultural:** la ciencia es tomada como un producto cultural humano.

6.1.3. Niveles de Alfabetización Científica

El concepto de alfabetización ha sido objeto de estudio por varios académicos, entre ellos Berta Marco-Stiefel y Robert Bybee.

En tal sentido se destacan los aportes realizados por Marco-Stiefel (2000) nombrados en el libro de la Didáctica de las Ciencias Experimentales de Perales y Cañal de León (2000), el cual plantea tres niveles generales de Alfabetización Científica.

- 1. Alfabetización Científica Práctica:** Este nivel posibilita a los individuos poner en práctica los conocimientos en la vida cotidiana.
- 2. Alfabetización Científica Cívica:** Posibilita a las personas poner en práctica los conocimientos científicos en decisiones políticas, debates sociales.
- 3. Alfabetización Científica Cultural:** Además de tener las cualidades anteriores, serían capaces de plantearse incógnitas sobre qué es la ciencia, qué es la tecnología y cómo se relacionan en la dinámica social.

Para reflexionar sobre estos niveles, se plantea la idea de que sería provechoso para la práctica educativa y la investigación contemplar una escala más abarcadora. Esta escalada no solo incluiría los aspectos previamente mencionados, sino que también abarcaría la totalidad de los posibles niveles reales de adopción de la cultura científica dentro de la sociedad. Por lo tanto, se propone la inclusión de otros dos niveles fundamentales además de los mencionados anteriormente:

- 1. Analfabetismo Científico Funcional:** Las competencias y disposiciones prácticas son prominentes, junto con una orientación hacia el pensamiento arraigado en la realidad material del conocimiento diario. No obstante, la capacidad del individuo para esos emplear conocimientos científicos en la comprensión de los problemas reales se encuentra limitada.
- 2. Alfabetización Científica Académica:** Se poseen conocimientos relativos a la ciencia, de forma poco organizada al tener poca relación con las situaciones del entorno.

Los dos niveles finales mencionados son los más comunes en la población, seguidos por los previamente mencionados: Alfabetización Científica Práctica, Alfabetización Científica Cívica y Alfabetización Científica Cultural. Todos estos niveles resultan útiles para evaluar el nivel de desarrollo cultural, siempre que se emplee herramientas de evaluación adecuadas.

Continuando con los planteamientos de Bybee (1997), la asimilación del concepto tiende a distribuirse en distintos niveles. Es importante destacar que su enfoque no busca clasificar a los estudiantes, sino más bien impulsar su desarrollo. De acuerdo con el modelo propuesto por Bybee, se identifican cinco niveles, los cuales son:

- 1. Analfabetismo Científico:** Algunas personas pueden ser definidas como científica y tecnológicamente analfabetas, debido a la edad, etapa de desarrollo, o discapacidades del desarrollo; el porcentaje de la población total es, sin embargo, bastante pequeño.

Si se les hace una pregunta relacionada con la ciencia o la tecnología, por ejemplo, no tienen la capacidad cognitiva para entender la pregunta en sí misma o ubicarla dentro del dominio de la ciencia o la tecnología. Aquellos responsables de la educación científica generalmente entienden que algunas personas funcionan en este nivel.

2. **Alfabetización Científica Nominal:** Se refiere a una comprensión superficial de un término, pregunta o tema científico, donde el individuo entiende que algo es científico, pero posee un conocimiento limitado sobre el mismo. En este nivel, las personas muestran una comprensión superficial de los fenómenos.
3. **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica:** Se refiere a individuos que pueden utilizar vocabulario científico y tecnológico, pero únicamente dentro de un contexto específico, como definir un término en un examen, leer un periódico o escuchar un programa de televisión. Su conocimiento generalmente carece del enriquecimiento conceptual de las disciplinas y consiste en listas memorizadas de terminología.
4. **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental:** Se refiere a la comprensión de cómo se relacionan los conceptos de una disciplina con la disciplina en su conjunto y con los métodos y procesos de investigación. En biología, por ejemplo, la evolución es el esquema conceptual unificador que integra la energética, la continuidad genética y la estructura y función.
El conocimiento y las habilidades procedimentales, como los procesos de investigación científica y la resolución de problemas tecnológicos, también son relevantes. Aquí, los individuos comprenden realmente y pueden utilizar ideas como observación e hipótesis, optimización y restricciones, en investigaciones de laboratorio o discusiones sobre experimentos científicos y avances en ingeniería.
5. **Alfabetización Científica Multidimensional:** Reconoce la importancia de perspectivas integrales y contextuales. Integral significa esencial para la completitud, necesario para el conjunto, y se une con algo más. Mientras que el énfasis en el nivel conceptual y procedimental se centraba en las disciplinas científicas y los dominios tecnológicos, este nivel de alfabetización incluye las dimensiones filosóficas, históricas y sociales de las disciplinas: el individuo desarrolla una comprensión y aprecio por la ciencia y la tecnología como empresas culturales, estableciendo conexiones dentro de las disciplinas científicas, entre la ciencia y la tecnología, y entre la ciencia y la tecnología y problemas sociales y aspiraciones más amplias.

Conforme a esta clasificación realizada por Bybee se desarrolla esta investigación, la cual es utilizada para la elaboración de la secuencia didáctica que promueve la alfabetización en futuros docentes de química.

6.1.4. Formación en Ciencia y Tecnología

De acuerdo con Parga y Martínez (2015), la formación ciudadana en ciencia y tecnología (C&T) prácticamente estaba ausente de los planes de estudio oficiales, ya que predominaba la racionalidad tecnocrática que dejaba las decisiones sobre la producción de conocimiento en manos de especialistas, bajo los mandatos e intereses económicos y gubernamentales. Además, las décadas de los años 60 y 70 del siglo XX marcaron el origen del enfoque CTSA, caracterizado por la fragmentación del conocimiento científico en disciplinas que, en las aulas, no se relacionaban entre sí y, por lo tanto, no abordaban los problemas sociales ni ambientales de la época (Parga & Martínez, 2015).

Es así como la inclusión del enfoque CTSA en la educación implica la necesidad de una transformación en los docentes, estudiantes y el currículo, con el propósito de abordar, entre otros aspectos, la enseñanza de la química centrada en dimensiones sociales de la ciencia. Según Quintero (2009), es crucial que las interacciones sociales de la ciencia trasciendan la perspectiva utilitarista y se establezca de manera clara en el ámbito educativo la influencia de los aspectos sociales de la ciencia, la comunidad científica y sus contribuciones (Parga & Martínez, 2015).

6.1.5. Referente Disciplinar

6.1.6. Cromo

Según el Ministerio de Ambiente (2010), el cromo es un metal pesado, se encuentra en el grupo 6 y periodo 4 de la tabla periódica, su peso molecular es de 52,00g/mol, su densidad es de 7.19 g/cm³, se extrae del mineral cromita, el cromo se usa para dar color, recubrimiento de maquinarias y el proceso del curtido, el cromo se presenta en estado de oxidación III y VI, el estado III es el más estable, mientras que el Cr(VI) es el más tóxico y dañino al ambiente y al ser humano, el cromo se oxida dependiendo la temperatura y el pH, en pH bajos se encuentran los dicromatos, en pH neutro y básico predominan los cromatos y para pH levemente ácidos se destacan los Hidrocromatos. Las sales de cromo son un insumo usado en los procesos más importantes en el curtido del cuero ya que gracias a esto se les da la coloración. El Cr (VI) es un metal pesado que se bioacumula en los seres vivos debido a su densidad (Farfan, 2004).

Es poco soluble en agua y en ácido nítrico, sin embargo, se disuelve en ácido clorhídrico y en ácido sulfúrico diluido. Dos de sus óxidos más relevantes son el Cr₂O₃ y el CrO₃. El primero se

presenta como un polvo verde utilizado como pigmento que no se disuelve en agua. El segundo corresponde al anhídrido del ácido crómico hipotético, el cual cristaliza en forma de agujas de color rojo parduzco al agregar ácido sulfúrico concentrado a una solución concentrada de $K_2Cr_2O_7$. Es soluble en agua y, al reaccionar con bases, genera una serie de sales conocidas como cromatos (Farfan, 2004).

En la literatura, existen discrepancias en relación con la toxicidad del cromo. Según Cuadros y Gutiérrez (2001), citado por Farfán (2004), la toxicidad está directamente vinculada al estado de oxidación en el cual se encuentra el compuesto. Solo el cromo en su forma hexavalente muestra actividad biológica. El cromo metálico y los compuestos que contienen Cr (III) no poseen propiedades irritantes, mutagénicas o carcinogénicas. Por otro lado, los compuestos que contienen Cr (VI), como el ácido crómico y los cromatos alcalinos, tienen la capacidad de corroer e irritar la piel y las membranas mucosas.

6.1.7. Técnicas analíticas aplicadas

6.1.8. Absorción molecular

También conocida como espectrofotometría al ultravioleta-visible, las moléculas experimentan tres tipos de cambios cuantificados cuando se excitan mediante radiación ultravioleta, visible e infrarroja. Las transiciones electrónicas dependen del grueso de un electrón desde un orbital atómico o molecular de baja energía a un orbital de mayor energía. Las transiciones de vibración corresponden al cambio en nivel de energía cuantizado (o estado vibracional) de una molécula, los cuales están asociados con enlaces que mantienen la molécula unida. Por último, las transiciones rotacionales corresponden a un proceso por el cual una molécula experimenta cambios en sus estados rotacionales cuantizados, los cuales están relacionados con el rotacional de las moléculas en torno a su centro de gravedad. (Owen, 2000)

En esta situación, el cromo, al pertenecer a las dos primeras series de transición, absorbe amplias bandas de radiación visible, al menos en uno de sus estados de oxidación, como es el caso del Cr (VI). Este fenómeno resulta en la manifestación de colores en estos compuestos.

La absorción tiene lugar cuando los electrones experimentan transiciones entre los orbitales d que están ocupados y aquellos que están desocupados, y estas transiciones de energía dependen de los ligandos que se encuentran unidos a los iones metálicos.

La disparidad de energía entre estos orbitales d, y, por consiguiente, la posición de su pico máximo de absorción varía según la ubicación del elemento en la tabla periódica, su estado de oxidación y la naturaleza del ligando.

6.1.9. Atomización de flama

También conocida como espectrofotometría de absorción atómica en flama, se lleva a cabo la nebulización de una solución de muestra mediante la introducción de un flujo de oxidante gaseoso combinado con combustible gaseoso, el cual se introduce en una llama donde tiene lugar la atomización. En la llama se observa un conjunto complejo de procesos interrelacionados. El primero de estos procesos es la de solvatación, en la cual el solvente se evapora, generando un aerosol molecular finamente dividido que se volatiliza para dar lugar a la formación de moléculas gaseosas. La disociación de la mayoría de estas moléculas produce un gas atómico, del cual algunos de sus átomos se ionizan para generar cationes y electrones (Skoog et al., 2020).

En la llama, se generan otras moléculas y átomos como consecuencia de las interacciones entre el combustible, el oxidante y las especies presentes en la muestra. Una parte de estas moléculas, átomos e iones también se excitan debido al calor generado por la llama, lo que da lugar a la emisión de espectros atómicos, iónicos y moleculares. Dada la complejidad de estos procesos, no es sorprendente que la etapa de atomización sea crucial en la espectrometría de llama, siendo además el único factor que limita la precisión de este tipo de métodos. En virtud de la importancia crítica de la etapa de atomización, resulta fundamental comprender las características de las llamas y las variables que las influyen (Skoog et al., 2020).

6.2. Potenciometría

La potenciometría se fundamenta en la aplicación de la ley de Nernst, la cual establece que el potencial de un electrodo experimenta cambios en función de la concentración de una o más especies presentes en la solución con la que está en contacto. Por consiguiente, mediante la medición del potencial, es posible determinar la concentración de una sustancia específica (Bermejo & Moreno, 2014).

La señal analítica generada en potenciometría consiste en una diferencia de potencial registrada entre dos electrodos. Uno de estos electrodos debe ser altamente sensible a la concentración del analito en cuestión, mientras que el otro electrodo debe mantener un potencial constante, independiente de la composición de la solución en la que se encuentra. Este último electrodo se conoce como electrodo de referencia. Cualquier variación en el potencial del sistema

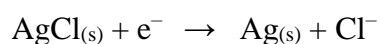
de electrodos se atribuirá a la contribución del otro electrodo, denominado electrodo indicador, que es sensible a los cambios en la composición de la solución. (Bermejo & Moreno, 2014).

6.2.1. Electrodo de referencia

La finalidad del electrodo de referencia radica en cerrar el circuito de medición, posibilitando el contacto eléctrico entre el electrodo indicador, la solución y el dispositivo de lectura. De esta manera, los cuatro componentes conforman un circuito eléctrico integrado.

El electrodo de referencia utilizado en la investigación fue el de plata-cloruro de plata, el cual comprende un conductor de plata inmerso en una solución de cloruro de potasio saturada con cloruro de plata. Este sistema se encuentra contenido dentro de un tubo de vidrio o plástico equipado con un diafragma (Bermejo & Moreno, 2014).

La semirreacción que tiene lugar en este electrodo es:



Este electrodo se prepara utilizando una solución saturada de cloruro de potasio, lo que resulta en un potencial de +0,197 voltios a una temperatura de 25 °C.

Una característica ventajosa de este electrodo es su capacidad para funcionar a temperaturas elevadas, superiores a 60 °C. No obstante, al emplear este electrodo con ciertas muestras, puede ocasionar la formación de precipitados de sales de plata. Una alternativa consiste en el uso del sistema del segundo puente salino, que implica aislar el sistema de plata/cloruro de plata de la muestra mediante una segunda cámara que contiene una solución electrolítica simple, como el cloruro de potasio (Bermejo & Moreno, 2014).

6.2.2. Calcinación en mufla

En el contexto del análisis alimentario, las cenizas se definen como el residuo inorgánico que resulta de la incineración de la materia orgánica presente en cualquier producto. Durante el tratamiento térmico de los alimentos por el método de calcinación en mufla que oscilan entre a temperaturas 500 y 600°C, los componentes volátiles, incluida el agua, son expulsados en forma de vapores, mientras que los componentes orgánicos se transforman en dióxido de carbono (CO₂) y óxido de nitrógeno (NO₂) en presencia del oxígeno atmosférico. El hidrógeno se libera en forma de vapor de agua (Zumbado, 2022).

Los minerales constituyentes, conocidos como cenizas, permanecen en el residuo en forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos y cloruros, dependiendo de las condiciones de incineración y la composición del producto sujeto a análisis (Zumbado, 2022).

6.2.3. Análisis granulométrico

Este procedimiento de ensayo engloba la evaluación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas presentes en los suelos.

Según la norma ASTM D422-63 (2007), la clasificación de las partículas cuyo tamaño supera los 75 μm (retenidas en el tamiz N.º 200) se lleva a cabo mediante el tamizado. Por otro lado, la determinación de las partículas cuyo tamaño es menor a 75 μm se realiza mediante un proceso de sedimentación utilizando un hidrómetro.

6.2.4. Índice de contaminación del suelo

De acuerdo con Islam et al. (2020), se argumenta que los índices de contaminación representan herramientas valiosas utilizadas para evaluar la extensión de la contaminación y los riesgos ecológicos asociados con la presencia de metales pesados en entornos acuáticos.

En el estudio del río Halda en Bangladesh, se mencionan diversos índices de contaminación, como el Índice de Geo acumulación (Igeo), el Factor de Enriquecimiento (EF), el Factor de Contaminación (CF), el Índice de Carga de Contaminación (PLI), el Índice de Riesgo Ecológico Potencial (PERI) y el Índice de Contaminación del Sedimento (SPI).

Estos índices desempeñan diferentes roles al evaluar los niveles de contaminación por metales pesados y su posible repercusión en el medio ambiente. Por ejemplo, el Igeo, EF y CF se utilizan para evaluar la contaminación por un solo metal, mientras que el PLI, PERI y SPI se utilizan para evaluar el riesgo conjunto de varios metales en los sedimentos.

En conclusión, los índices de contaminación desempeñan una función crucial al proporcionar una comprensión integral de la contaminación por metales pesados en los ecosistemas acuáticos, lo que facilita la formulación de estrategias efectivas de gestión ambiental y esfuerzos de conservación.

6.2.5. Río Tunjuelo

Tunjuelo nombre “proveniente de la palabra tunjo de la toponimia chibcha, que designa aquellos cerros de páramo que en la cosmología de esta cultura representan a los guardianes de las puertas de entrada al mundo de los dioses y los muertos, que son las lagunas” (Osorio, 2007).

Al río se atribuye dos denominaciones siendo estas Tunjuelo y Tunjuelito, estableciendo el Instituto Geográfico Agustín Codazzi como *río Tunjuelito* a la cuenca media y baja del río Tunjuelo, tramo que comienza en el casco urbano de la ciudad y termina en su desembocadura en el río Bogotá. Pero esta definición es históricamente determinada y representa el momento en

el cual la ciudad empezó a hacer presencia física en la cuenca del río Tunjuelo. Tunjuelito es por lo tanto el nombre del río Tunjuelo en su tramo urbano (Osorio, 2007).

Su nacimiento corresponde al norte del páramo de Sumapaz, cuyos rastros más antiguos se remontan a los yacimientos morrénicos dejados por las últimas glaciaciones hace 14.000 años. En estas épocas surgieron los tres ríos que dieron origen al río Tunjuelo. A los pies del cerro de los Tunjos, el cual le da nombre al río Tunjuelo, se asienta la laguna de Chizacá, de la cual parte el río homónimo. Aguas abajo éste se une con el río Mugroso, el cual es separado del río Chizacá por una pequeña cordillera denominada La Dormilona (Osorio, 2007).

Los factores contaminantes fueron los siguientes: el aumento de la población, el servicio de alcantarillado y el comienzo de la industrialización (Curtiembres) de la cuenca media del río. Para comenzar hay que tener claro que en la década de 1970 se manifiesta una temprana preocupación sobre el estado de los ríos en Colombia, debido a las actividades industriales que comenzaron a contaminar y destruir al río Bogotá, al igual que al río Cauca en cercanías de Cali y al río Medellín sobre la ciudad homónima. Años más tarde 1982 el 99% de las industrias de curtidos, de un total de 180 factorías dedicadas a esta actividad, vertían directamente sus residuos en el río Tunjuelo (Osorio, 2007).

6.2.6. Tramos del río Tunjuelo

Según Osorio (2007) y Camacho (2020), el río Tunjuelo se divide en cuatro tramos, y se evidencian a continuación:

Tala 1. Puntos de monitorio en los cuatro tramos del río Tunjuelo.

TRAMOS	MONITOREO	Longitud
I	La regadera longitud	1.46 km
II	Quebrada Yomasa y Doña Juana	4.10 km
III	Barrio México y San Benito, longitud	14.16 km
IV	Makro Autopista Sur, Transversal 86, Puente la Independencia, Isla Poton San Jose	14.39 km.

Nota. Autores (2023)

6.2.7. Hortalizas

Las hortalizas comprenden un conjunto de plantas cultivadas, parcialmente en huertos o áreas de regadío, que se consumen como parte de la dieta humana, ya sea en estado crudo o cocido. Este término abarca tanto a las verduras como a las legumbres verdes.

Entre las principales hortalizas se encuentran la acelga, el ajo, la alcachofa, el apio, la berenjena, el brócoli, el calabacín, la calabaza, la cebolla, el chícharo, la col, la coliflor, el champiñón, el espárrago, la espinaca, el haba, la lechuga, el nabo, la papa, el pepino, el perejil, el pimiento, el rábano, el tomate y la zanahoria.

Estos alimentos están compuestos por agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, sustancias volátiles, vitaminas y minerales (Rozano et al., 2004).

6.2.8. Taxonomía Acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*)

El cultivo de la acelga (*Beta vulgaris L.*) se posiciona como una especie de gran relevancia tanto en el ámbito económico como en el social. Esto se debe a que es una hortaliza ampliamente consumida en la alimentación humana, siendo una fuente destacada de vitaminas A, C, hierro y otros minerales. Asimismo, se reconoce su valor como planta medicinal debido a sus propiedades emolientes, refrescantes, digestivas, diuréticas, diaforéticas y nutritivas (Nuñez, 2016).

Además, se destaca que puede ser cultivado de manera ecológica en ambientes protegidos utilizando bio-insumos, lo que posibilita obtener mayores rendimientos y una alta rentabilidad en períodos cortos y en espacios físicos limitados.

Por lo tanto, según Rojas (2006) citado por Nuñez (2016), la acelga presenta la siguiente clasificación sistemática:

- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida (dicotiledóneas)
- **Subclase:** Caryophyllidae
- **Orden:** Caryophylliales
- **Familia:** Chenopodiaceae
- **Género:** Beta
- **Especie:** *B. vulgaris var. cicla L*
- **Nombre común:** Acelga
- **Otros nombres:** beta, betarraga blanca, selga, etc.

6.2.9. Bioacumulación de metales pesados en Hortalizas

Las plantas necesitan elementos indispensables para su desarrollo y crecimiento, conocidos como macronutrientes y micronutrientes. Estos nutrientes son absorbidos desde el sustrato de cultivo, ya sea suelo o agua, y transportados al interior de la planta, donde se almacenan y distribuyen a distintas partes celulares y órganos vegetales (Reyes, 2020).

La presencia de elementos como Hg, As, Cd, Cr y Pb en el sustrato del cultivo no desempeña ninguna función esencial, y su existencia en cantidades mínimas puede interferir con procesos fisiológicos y morfológicos en la planta debido a la toxicidad asociada con estos elementos.

A nivel celular, la presencia de estos elementos puede ocasionar diversos efectos, como la inhibición de la producción de enzimas y polinucleótidos, la perturbación del transporte de iones esenciales, la inactivación de proteínas y las alteraciones de la membrana celular u orgánulos (Reyes, 2020).

7. METODOLOGÍA

En el presente trabajo investigativo se desarrolló en el marco del grupo de Didáctica y sus Ciencias, en la línea de investigación titulada incorporación de la educación ambiental al currículo de ciencias del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, discutiendo cuestionamientos relacionados con la didáctica y lo científico-tecnológico orientado desde el enfoque CTS para alcanzar los Niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica propuestos por Bybee (1997) en futuros docentes de Química.

7.1. Tipo de investigación

Realizando una revisión documental apropiada que pueda soportar el principal aspecto metodológico para el desarrollo de la investigación, se encuentra que el presente trabajo se enmarca en el tipo de investigación mixta de ejecución secuencial comparativo, que implica una fase de recolección de datos cuantitativos, seguido de otra de datos cualitativos.

Según como lo afirma Hernández-Sampieri y Mendoza (2018):

La investigación de tipo mixta representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos desde los métodos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para lograr un mayor entendimiento del objeto de estudio. (p.612).

Teniendo en cuenta lo anterior la investigación mixta incorpora los métodos cuantitativos y cualitativos, enfocándose más en uno de ellos o asignando el mismo valor a ambos métodos. Por lo tanto, cuando se hable del método cuantitativo se denomina CUAN y cuando se habla del método cualitativo se denomina CUAL. Cuando prevalece cualquiera de los métodos mencionados este se escribe en mayúscula y el otro en minúscula.

De acuerdo con lo planteado por (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018), “la presente investigación se propone dentro del subtipo de estudio Cualitativo mixto (CUAL-cuan), donde se evidencia la importancia de los datos cualitativos sobre los datos cuantitativos” (p.612). Los datos cuantitativos sirven de soporte a los datos cualitativos para explicar el objeto de estudio.

7.1.2. Población

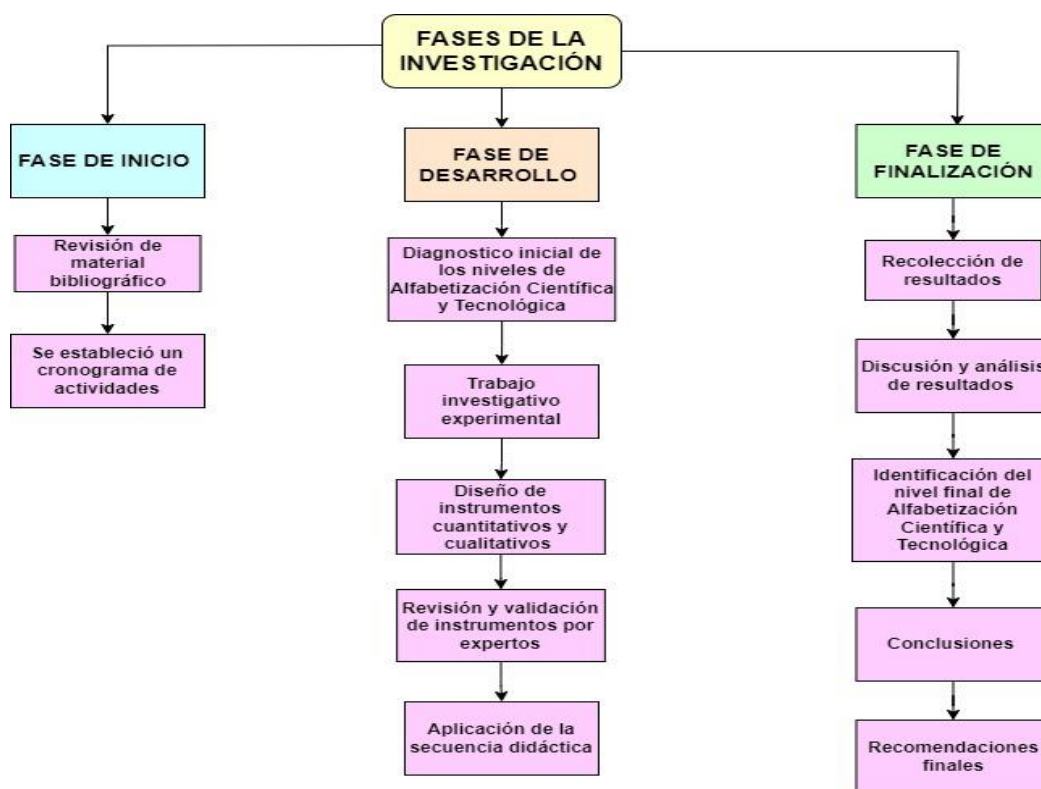
La población que participó en el estudio correspondió a 11 futuros docentes de química de noveno semestre que se encontraban cursando el seminario del Énfasis Disciplinar II: Tecnologías limpias en aguas residuales, del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

La elección de este nivel educativo que fue la educación superior permitió analizar el proceso en conformidad con la formación desarrollada en el programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Se considera que esta es una etapa adecuada para poder abordar temas sobre problemáticas ambientales relacionadas con temas científicos y realizar un análisis detallado de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica en los que se encuentran los futuros docentes de química.

7.1.3. Fases de la investigación

El diseño metodológico de este trabajo de investigación se enfocó en alcanzar los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica según los postulados de Bybee. Para lograrlo, se han establecido tres fases de investigación: la fase de inicio, la fase de desarrollo y la fase de finalización, como se evidencia en la ilustración 1.

Ilustración 1: Fases de la Investigación.



Nota. Autores (2023)

7.1.4. Fase de Inicio

El desarrollo de esta fase consistió en la revisión y búsqueda exhaustiva de material bibliográfico en diversas bases de datos, como Scopus, Clarivate Analytics Web of Science, Biblioteca Digital Magisterio y Academic Search Premier entre otras, sobre elementos teóricos y metodológicos que soportaron la investigación.

La revisión y búsqueda de material bibliográfico sobre metales pesados en hortalizas específicamente la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), se ha destacado por su gran producción de cultivos en la sabana de Bogotá, específicamente en la localidad de Bosa y la vereda Bosatama, también se destacan trabajos relacionados con la contaminación de metales pesados en cuerpos de aguas, las cuales son utilizadas como fuente de irrigación para cultivos, identificación taxonómica de la acelga y fijación de metales pesados en suelos. Se han revisado fuentes bibliográficas como revistas científicas y trabajos de estudios especializados, que abordan la identificación de metales pesados en hortalizas y su importancia en la producción agrícola en la sabana de Bogotá.

Durante la búsqueda de material bibliográfico sobre los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica y su aplicación en la educación en las diferentes bases de datos nombradas anteriormente, se resaltan específicamente los 5 niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica propuestos por Bybee (1997), para entender de qué manera los futuros docentes de química alcanzan un nivel de alfabetización según la problemática presentada.

Esta revisión sustentó la elaboración de la secuencia didáctica que tiene como objetivo diagnosticar los niveles iniciales y finales de Alfabetización Científica y Tecnológica en los futuros docentes de química.

7.1.5. Fase de Desarrollo

En esta fase se desarrollaron dos momentos, el primer momento es diagnosticar el nivel inicial de Alfabetización Científica y Tecnológica de los futuros docentes de química, en donde se pretende reconocer los saberes previos respecto al impacto de la toxicidad de cromo mediante el instrumento Pre-test. El segundo momento consistió en el diseño experimental ejecutado en los laboratorios de química de la Universidad Pedagógica Nacional por parte de los docentes investigadores. Esta investigación experimental está relacionada con la identificación de la presencia de cromo en la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), suelo y agua de riego por medio de dos métodos espectrofotométricos Absorción Atómica (AAS) y Ultravioleta-Visible (UV-Vis), adicionalmente se realizó un análisis preliminar al agua y una caracterización fisicoquímica al suelo.

7.1.6. Diagnóstico inicial de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica

Se aplicó el Pre-test para diagnosticar los niveles iniciales de Alfabetización Científica y Tecnológica en función a la toxicidad de cromo en acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*). (Anexo1).

7.1.7. Instrumento de diagnóstico y finalización

Este instrumento se diseñó en relación con una escala tipo Likert (Anexo No 1), constituido por veinte afirmaciones relacionadas con la problemática de la toxicidad de cromo en acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*). Por ende, se aplicó como Pre-test y Post-test, lo cual ayudó a diagnosticar el nivel inicial y final de Alfabetización Científica y Tecnológica en los futuros docentes de química.

7.1.8. Criterios para valorar el instrumento de diagnóstico y finalización

Para esta investigación se emplearon unos criterios de evaluación, cada uno con una justificación explicando los rangos que fueron realizados y establecidos por los docentes

investigadores de acuerdo con lo postulado en cada uno de los 5 niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica según (Bybee, 1997).

Tabla 2. Criterios para valorar en el instrumento de diagnóstico y finalización.

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN	PREGUNTA
<p style="text-align: center;">ANALFABETISMO CIENTÍFICO</p>	<p style="text-align: center;">Baja capacidad cognitiva o comprensión limitada</p>	<p>Los futuros docentes de química presentan una falta de vocabulario insuficiente de conceptos relacionados con la química. Además, no reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en las hortalizas.</p>	<p>18. Cree que la presencia de cromo en el río Tunjuelo es proveniente de las diferentes actividades industriales, agrícolas y mineras.</p> <p>12. El consumo de hortalizas es esencial para el desarrollo del cuerpo humano.</p> <p>6. El cromo también puede ser liberado al ambiente al quemar gas natural, petróleo o carbón.</p> <p>1. Considera que los metales pesados se integran a la cadena trófica de forma acumulativa.</p>
	<p style="text-align: center;">Presencia de un dominio de la ciencia</p>	<p>Los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero</p>	<p>19. Se podría afirmar que bioacumulación es lo mismo que biomagnificación.</p> <p>14. Considera que el cromo puede</p>

<p>ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA NOMINAL</p>		<p>aún no presenta un dominio claro sobre la problemática presentada.</p>	<p>bioacumularse en las hortalizas.</p> <p>4. Considera que el cromo es clasificado como un metal pesado.</p> <p>8. Cree que el cromo tiene un impacto negativo en la flora y la fauna</p> <p>7. El cromo generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua.</p> <p>3. El cromo al igual que el arsénico está catalogado como un semimetal o metaloide.</p>
<p>ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA FUNCIONAL Y TECNOLÓGICA</p>	<p>Vocabulario científico y tecnológico</p>	<p>Los futuros docentes interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del</p>	<p>16. Considera que el cromo (III) es mucho más tóxico que el cromo (VI).</p> <p>5. Las tres formas principales del cromo son (0), (III) y (VI).</p> <p>15. El cromo (III) es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano.</p>

		<p>cromo en hortalizas.</p>	<p>11. Cree que una variedad de alimentos tales como frutas, hortalizas, verduras, carnes y derivados lácteos, poseen concentraciones de cromo.</p> <p>10. La población en general tiene una mayor probabilidad de exposición a niveles muy altos de cromo en los alimentos</p>
<p>ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CONCEPTUAL Y PROCEDIMENTAL</p>	<p>Globalidad de una disciplina científica</p>	<p>Los futuros docentes relacionan y comprenden los conocimientos procedimentales sobre los daños producidos por la toxicidad del cromo en la salud, al consumir hortalizas.</p>	<p>13. El cromo por ingestión se puede monitorear mediante un examen clínico de sangre, orina, cabello y leche materna.</p> <p>17. El agua de riego proveniente del río Tunjuelo puede afectar en la bioacumulación de metales pesados en hortalizas.</p>
<p>ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA MULTIDIMENSIONAL</p>	<p>Dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología</p>	<p>Los futuros docentes de química desarrollan un entendimiento total de la temática de la toxicidad del cromo en hortalizas donde</p>	<p>9. Los impactos ambientales por concentraciones altas de cromo pueden ser perjudiciales para una comunidad.</p> <p>2. Considera que los metales pesados, se</p>

		se incluyen conocimientos sociales, culturales y científicos.	pueden remover por técnicas físicas y químicas. 20. Cree que las entidades ambientales de Colombia desarrollan reglamentos y recomendaciones óptimas el control oficial de los niveles de cromo en alimentos de consumo humano.
--	--	---	---

Nota. Tomado y adaptado de Garzón (2023)

7.1.9. Diseño experimental

En esta etapa de la fase de desarrollo, se realizó el respectivo análisis experimental por los docentes investigadores sobre la identificación de cromo en acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), suelo y agua de riego con el fin de conocer previamente la concentración de este metal en la hortaliza, para luego ser aplicado en la intervención de la secuencia didáctica con los futuros docentes de química.

7.2. Recolección y preparación de la muestra de estudio

La muestra de acelga (semana cero-semilla) y suelo, se recolecto en el mes de julio de 2023, en un invernadero situado en el barrio de Bosa San Bernardino de la Localidad de Bosa en la ciudad de Bogotá y posterior a ello, por semana fueron recolectadas 13 muestras más en el mismo punto, para determinar la concentración de cromo en cada una de las plántulas (periodo comprendido de julio a octubre). A su vez, con relación a las muestras de suelo se recolectaron cuatro (semanas cero, cinco y catorce) en el invernadero y una muestra en la vereda Bosatama en la semana dieciséis. Por último, a nivel de las muestras de agua se recolectaron dos tomadas en los puntos de muestreos previamente mencionados.

Luego de la semana 14 del proceso de crecimiento, la plántula fue trasplantada a campo abierto en la vereda Bosatama ubicada a las afueras de la Localidad de Bosa y limitando con Soacha Cundinamarca. En este tiempo, se completa su proceso de crecimiento hasta a la semana

16, siendo esta la fase final de la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*) y por ende la que se vende, se distribuye y se consume específicamente en la zona de Corabastos.

Por otra parte, es importante resaltar que la toma de muestras puntuales para el tejido vegetal, suelo y agua de riego, se hicieron de acuerdo con los *Método analíticos del laboratorio de suelos*. IGAC (2006) y el “*Instructivo de identificación, preparación y distribución de muestras para análisis*”. IGAC (2022). Mientras que para la selección de cada muestra de suelo y acelga se realizó el método Zigzag según la “*Guía de recomendaciones para la toma de muestras en el análisis del laboratorio de suelos*”. IGAC (2022). Finalmente, todas las muestras de tejido vegetal y de suelo fueron conservadas en bolsas de plástico Ziploc (P.P) y el agua en botellas de plástico (PET). Por último, cada una de las técnicas implementadas fueron tomadas y adaptadas por los procedimientos establecidos en los *Métodos estándar para el análisis de aguas potables y residuales*. ed. 24. American Public Health Association et al. (2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, las muestras conservadas se analizaron en el laboratorio del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional para realizar los respectivos procedimientos experimentales.

7.2.1. Instrumentos

Para la determinación de pH en suelo y agua de riego provenientes del invernadero y la vereda, se utilizó el potenciómetro Beckman modelo pH sigma-40 (1) Meter con número de serie 0156693 y con número de inventario interno 0,24808, calibrado con sus adecuadas soluciones buffer de pH 4, 7 y 10 previamente fabricadas. La textura del suelo se determinó utilizando un juego de tamiz de 8 tamices, cada uno con un tamaño de malla o poro diferente (5,0mm a 0,032mm). La cuantificación de cromo total y hexavalente fue realizada haciendo uso del espectrómetro de absorción atómica, Shimadzu 1800 AA7000 con número de serie A30945701831 y el espectrofotómetro UV-VIS, Shimadzu 1800 con número de serie A11455350846, previamente revisado por PAF de Colombia. La obtención de cenizas totales en base seca se realizó mediante el uso de una estufa eléctrica Binder, y una mufla Thermolyne modelo 48000. Finalmente, en las mediciones de las masas de cada una de las muestras y reactivos utilizados, fueron empleadas dos balanzas, una semi analítica, OHAUS modelo AR3130, con número de inventario interno 019871 y una balanza analítica, SARTORIUS modelo BP 210S, con precisión de cuatro cifras significativas, calibradas el mismo día y con una revisión previamente externa de Atlas Metrologías de Colombia.

Adicionalmente, todo el material de vidrio que se implementó y requirió en cada una de las técnicas analíticas, fue facilitado por el punto de controlado del laboratorio de química de la Universidad Pedagógica Nacional.

7.2.2. Reactivos

Todos los reactivos químicos usados fueron de grado analítico (R.A).

7.2.3. Secado de la muestra de estudio

Las muestras de estudio acelga y el suelo fueron sometidas a un proceso de secado en estufa para eliminar la humedad, este proceso se realizó por 5 días a una temperatura de 105°C para la acelga y 40°C para el suelo (American Public Health Association, et al., 2023).

Antes de someter el suelo y plántulas a un proceso de secado, este previamente fue homogenizado a un tamaño de partícula de 2,0 μm .

7.2.4. Determinación de porcentaje de cenizas

Previamente secadas las muestras de acelga y suelo, se procedió con la determinación de cenizas (American Public Health Association, et al., 2023).

7.2.5. Determinación de cromo total y cromo (VI) en tejido vegetal y suelo

Después de obtener las cenizas, se realizó la preparación de las muestras para la determinación de cromo total y cromo (VI). Esta preparación consistió en una digestión ácida utilizando 2,0 mL HCl al 37% y 1,0 mL HNO₃ al 69 % calentando el sistema en plancha de calentamiento de 5 a 10 minutos en cabina de extracción. Luego se filtraron las digestiones, con papel filtro cualitativo Whatman N° 1, en balones aforados de 10 mL (American Public Health Association, et al., 2023).

Para la determinación de cromo total se agregó 200 mL de anti-interferente NH₄Cl 5% antes del aforo final por el método de llama de Absorción Atómica (AAS) a una longitud de $\lambda=357,9$ nm, el cual fue leído en un espectrofotómetro AAS Shimadzu 7000 (American Public Health Association, et al., 2023).

En la determinación de cromo (VI) se realizó un ajuste de pH de $2 \pm 0,5$ unidades de pH con H₂SO₄ al 0,2N. Luego de esto, se le agregó un 1 mL de la solución de 1,5 difenilcarbazida, agente a complejante cuya función es desarrollar un color fucsia en presencia de esta especie. Cada una de las muestras, se leyeron en un espectrofotómetro Shimadzu UV 1800 a una $\lambda = 540\text{nm}$ 7000 (American Public Health Association, et al., 2023).

7.2.6. Determinación de cromo total y cromo (VI) en agua de riego

En la determinación de cromo total en agua de riego primero se filtró al vacío con papel filtro cualitativo Whatman N° 1, 100 mL de agua de riego proveniente del invernadero y la vereda, luego de tener las dos aguas filtradas, se depositó 50,0 mL en dos vasos precipitados de 100 mL, luego se procedió a realizar una digestión acida que comprendió en agregar 3,0 mL de HCl al 37% y 1,0 mL de HNO₃ al 69% en cabina de extracción dejando calentar el sistema a una temperatura suave y constante hasta reducir el volumen a 20,0 mL de cada una de las muestras digeridas.

Las muestras digeridas, fueron filtradas con un filtró de 2,0 mm para las lecturas en el equipo de absorción atómica, recibiendo el filtrado en un vial. Posteriormente se agregó 400 mL del Anti-interferente NH₄Cl 5% sobre el vial y se leyó en el espectrofotómetro AAS Shimadzu 7000 a una $\lambda = 357,9 \text{ nm}$ 7000 (American Public Health Association, et al., 2023)

7.2.7. Determinación de pH en agua de riego

En la determinación de pH en el agua de riego, se filtró al vacío empleado un papel filtro cualitativo Whatman N° 1, 50 mL de agua de riego proveniente del invernadero y la vereda. Luego se depositó cada muestra de agua en un vaso precipitado y se leyó por el método potenciométrico (American Public Health Association, et al., 2023).

7.2.8. Determinación de pH en suelos por medio de agua desionizada

Para la determinación de pH en suelo se tomaron 10,0 g de una muestra deshidratada y se adicionaron 25,0 mL de agua desionizada, luego se agito por 5 min y dejo decantar por 3 minutos. Método tomado y adaptado por ASTM (2019).

7.2.9. Determinación de Textura del suelo

Previamente secado el suelo, se tomó 90,0 g en una caja de Petri, luego se transfirió al juego de tamices con un tamaño de partícula de 3.15mm a 5.0mm. Posteriormente se Inició con el tamizaje manualmente, es decir agitando o zarandeando el juego de tamiz con la muestra durante 5 minutos, hasta que toda la muestra lograra pasar por todos los tamices. Después se Destapó el juego de tamiz, con el fin de observar y registrar el tamaño de partícula de la muestra. Por último, se recogió la masa en un vaso precipitado de 250 mL y se reporta todas las medias que correspondían a cada tamiz y a la masa obtenida de la muestra retenida. Método tomado y adaptado de ASTM (2007).

Finalmente se realizó el proceso de análisis granulométrico con respecto a los datos obtenidos, es decir se sumó todas las masas individuales retenidas en cada uno de los tamices, la cual daría como resultado el mismo peso inicial de muestra seca.

7.3. Diseño y aplicación de la secuencia didáctica

Se desarrollo una secuencia didáctica dirigida a futuros docentes de química de noveno semestre de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica. Esta secuencia se estructuró con el objetivo de alfabetizar científica y tecnológicamente a los futuros docentes de química sobre la toxicidad de cromo en la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), explicando los daños perjudiciales que puede traer el consumo de metales pesados en el cuerpo humano. En relación con lo anterior, se puede evidenciar la estructuración de la secuencia didáctica en la Tabla 3.

Tabla 3. Diseño metodológico de la investigación.

Etapa	Sesión	Objetivo	Actividad	Recursos didácticos
Etapa de diagnóstico	Sesión 1 Reconocimiento de los daños del cromo	Identificar el nivel inicial de Alfabetización Científica y Tecnológica	Pre-test	Material impreso
Etapa de contextualización	Sesión 2 Contextualizar la problemática ambiental	Abordar la problemática ambiental desde sus conocimientos como futuros docentes de química.	Contextualización sobre la contaminación por metales pesados en el río Tunjuelo y hortalizas	Ayuda multimedia: Presentaciones en Power point
	Sesión 3 Exploración del contexto	Evidenciar la problemática central desde la realidad.	Por medio de recursos visuales evidenciar la contaminación con cromo en el invernadero y la vereda.	Recursos audiovisuales: 2 videos interactivos diseñados por los docentes investigadores sobre la problemática central de estudio en el invernadero y vereda.

		Identificar la capacidad de análisis	Cuestionario Científico sobre lo presentado	Material impreso
Etapas de reconocimiento	Sesión 4 Reflexiones sobre la contaminación	Discutir los hallazgos	Práctica de laboratorio Determinación de cenizas	Material impreso
	Sesión 5 Avances procedimentales		Práctica de laboratorio Determinación de cromo total y hexavalente en acelga (<i>Beta vulgaris var. cicla L.</i>). Taller argumentativo sobre lo observado en la práctica experimental	
Etapas de finalización	Sesión 6 Caracterización conceptual	Proponer espacios de discusión, reflexión y retroalimentación	Estrategia Caso simulado	Celular con grabadora Material impreso
	Sesión 7 Aprendizaje alcanzado	Identificar el nivel alcanzado de Alfabetización Científica y Tecnológica	Post-test	Material impreso

Nota. Autores (2023)

7.3.1. Validación de los instrumentos de la secuencia didáctica

Se sometieron a una validación por tres expertos que cuentan con una alta formación en la enseñanza de la química. De los cuales, dos son docentes evaluadores de carácter interno pertenecientes al departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional y uno es docente evaluador externo perteneciente al departamento de química de la Universidad Distrital

Francisco José de Caldas. Para esto se estableció una rubrica o matriz de evaluación con una serie de parámetros esenciales que permitió evaluar cada instrumento.

7.3.2. Criterios de análisis de los instrumentos

Partiendo de los postulados de Bybee (1997), se realizaron unos criterios para clasificar los Niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica, los cuales se establecieron de manera rigurosa para el diseño de los instrumentos, y evidenciar la validez de los objetivos de la investigación. Teniendo en cuenta lo anterior, los futuros docentes de química se clasificaron en los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica estableciendo su nivel final en el que se ubicaron después de la aplicación de la secuencia didáctica.

Tabla 4. Criterios de análisis de los instrumentos.

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	CRITERIO PARA EVALUAR
ANALFABETISMO CIENTÍFICO	Baja capacidad cognitiva o comprensión limitada	Los futuros docentes de química presentan una falta de vocabulario insuficiente de conceptos relacionados con la química. Además, no reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en las hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA NOMINAL	Presencia de un dominio de la ciencia	Los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero aún no presenta un dominio claro sobre la problemática presentada.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA FUNCIONAL Y TECNOLÓGICA	Vocabulario científico y tecnológico.	Los futuros docentes interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del cromo en hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CONCEPTUAL Y PROCEDIMENTAL	Globalidad de una disciplina científica	Los futuros docentes relacionan y comprenden los conocimientos procedimentales sobre los daños producidos por la toxicidad del cromo en la salud, al consumir hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA MULTIDIMENSIONAL	Dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología	Los futuros docentes de química desarrollan un entendimiento total de la temática de la toxicidad del cromo en hortalizas donde se incluyen conocimientos sociales, culturales y científicos.

Nota. Tomado y adaptado de Garzón (2023)

7.3.3. Fase de Finalización

En esta fase, se utilizó como técnica de recolección de información una escala tipo Likert que se aplicó como Pre-test y Post-test, para clasificar a los futuros docentes de química en el nivel inicial y final de Alfabetización Científica y Tecnológica.

En el desarrollo del diseño experimental, se llevó a cabo la intervención en el área de estudio, abordando la problemática en los sitios designados (Invernadero Bosa San Bernardino y Vereda Bosatama) con el propósito de realizar los muestreos semanales necesarios para dar inicio con la investigación experimental.

Finalmente, en esta fase se detallaron los análisis de resultados y las conclusiones obtenidas en la discusión de las actividades implementadas y derivadas de la secuencia didáctica, las cuales fueron abordadas por los futuros docentes de química para identificar el nivel de Alfabetización Científica y Tecnológica alcanzado. Además, evaluar la secuencia didáctica teniendo como referente los criterios de análisis de información.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se indicó en el desarrollo de la metodología, el trabajo investigativo tiene 2 fases importantes para la elaboración y aplicación de la secuencia didáctica, las cuales fueron la fase de desarrollo y de finalización.

8.1. Fase de desarrollo

Para esta fase se analizaron dos momentos, el primer momento fue diagnosticar el nivel inicial de Alfabetización Científica y Tecnológica de los futuros docentes de química, y el segundo consistió en el diseño experimental ejecutado en los laboratorios de química de la Universidad Pedagógica Nacional, por parte de los docentes investigadores.

8.1.1. Etapa de diagnóstico

8.1.2. Aplicación del Pre-test

En la sesión 1 se aplicó una prueba Likert (Anexo 1) para diagnosticar el nivel inicial de Alfabetización Científica y Tecnológica, teniendo en cuenta las categorías previamente establecidas que van relacionadas con los niveles Alfabetización Científica y Tecnológica propuestos por Bybee (1997) para su respectiva clasificación. (Anexo 2).

Para el siguiente análisis se clasificaron y se citan las afirmaciones con más relevancia de cada categoría según las respuestas obtenidas en la aplicación del Pre-test.

Por consiguiente, la categoría de **Analfabetismo Científico** estuvo enfocada en las afirmaciones 18, 12, 6 y 1. En las cuales se observa que los futuros docentes de química evidencian un conocimiento básico sobre conceptos relacionados con la química y además reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en el ambiente y en la salud humana.

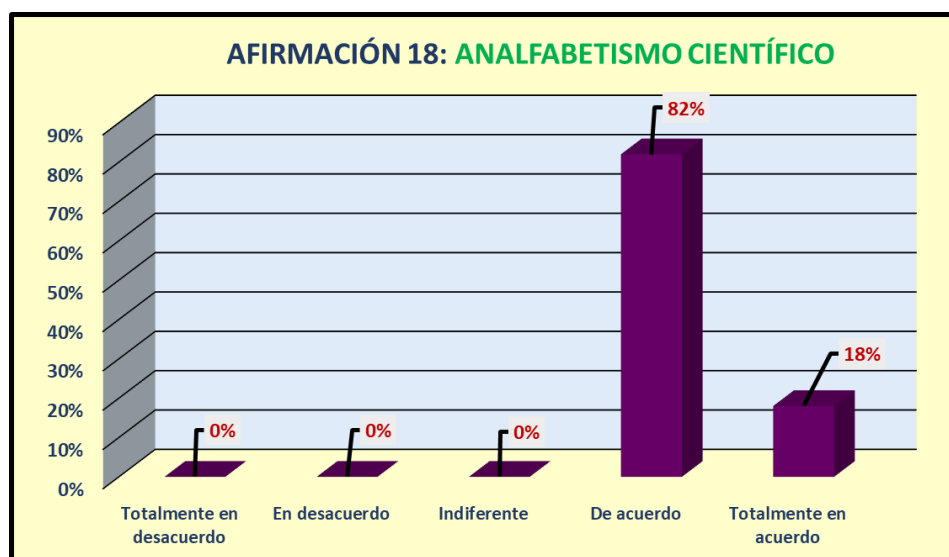
Los futuros docentes de química reconocen los riesgos ambientales y lo importante del consumo en hortalizas en las afirmaciones número 18 y 1.

Afirmación 18:

“Crees que la presencia de cromo en el río Tunjuelo es proveniente de las diferentes actividades industriales, agrícolas, mineras y ganaderas”

En esta afirmación se identifica que el río Tunjuelo posee cromo que proviene de actividades industriales, agrícolas, mineras y ganaderas, ya que el 82% está de acuerdo con esta afirmación y un 18% está totalmente de acuerdo. Se esperaba este tipo de respuesta por parte de los futuros docentes de química, en el sentido que reconocen que la presencia de cromo en el río Tunjuelo proviene de diferentes actividades industriales (Gráfico 1).

Gráfico 1. Afirmación 18 Analfabetismo Científico.



Nota. Autores (2023)

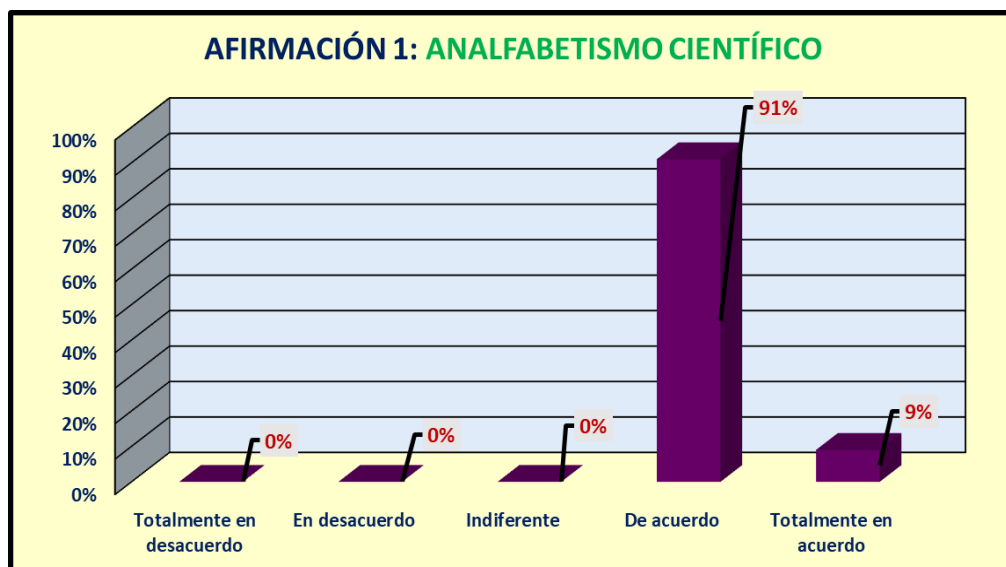
Afirmación 1:

“Considera que los metales pesados se integran a la cadena trófica de forma acumulativa”.

En esta afirmación consideran que los metales pesados se integran en la cadena trófica de manera acumulativa en tal sentido que un 90 % están de acuerdo y un 10% en totalmente de

acuerdo con esta afirmación. Se esperaba que los futuros docentes de química obtuvieran este tipo de respuesta porque reconocen que los metales pesados se pueden integrar en una forma acumulativa ya que es un proceso de transferencia entre especies (Gráfico 2).

Gráfico 2. Afirmación 1 Analfabetismo Científico.



Nota. Autores (2023)

Con lo observado anteriormente, los futuros docentes de química identifican los riesgos y la importancia del consumo de hortalizas para la salud, en su medida también comprenden los riesgos ambientales producidos por el cromo. Por ende, según los planteamientos por Bybee (1997) para clasificarse en esta categoría deben de presentar una falta de vocabulario insuficiente de conceptos relacionados con la química y también con los riesgos de la toxicidad de cromo en las hortalizas y el medio ambiente y por lo tanto no se clasifican en la categoría de **Analfabetismo Científico**.

En promedio general de 1 a 5, se encuentra en 5 considerando que es un rango excelente, identificando respuestas que se esperaba que los futuros docentes de química contestaran.

Continuando con el análisis, en la categoría de **Alfabetización Científica Nominal** estuvo orientada bajo las afirmaciones 19, 14, 4, 8, 7 y 3. Se observa que los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero aún no presenta un dominio claro sobre la problemática presentada.

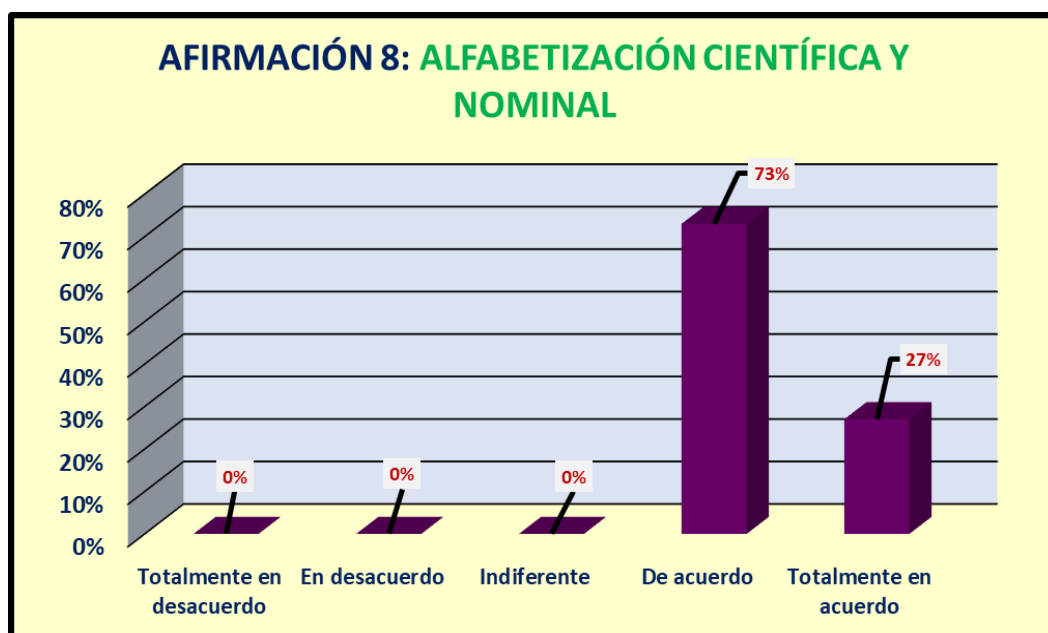
De acuerdo con las afirmaciones 8, 14 y 4, identifican los impactos ambientales originados por la toxicidad del cromo y los conceptos básicos en química.

Afirmación 8:

“Cree que el cromo tiene un impacto negativo en la flora y la fauna”.

En esta afirmación se reconoce que el cromo tiene un impacto negativo en la flora y fauna por lo cual un 73% está de acuerdo y un 27% está totalmente de acuerdo. Por lo tanto, se esperaba este tipo de respuesta de los futuros docentes de química, por lo que el cromo al ser metal pesado puede ser un contaminante muy perjudicial para afectar a los seres vivos (Gráfico 3).

Gráfico 3. Afirmación 8 Alfabetización Científica Nominal.



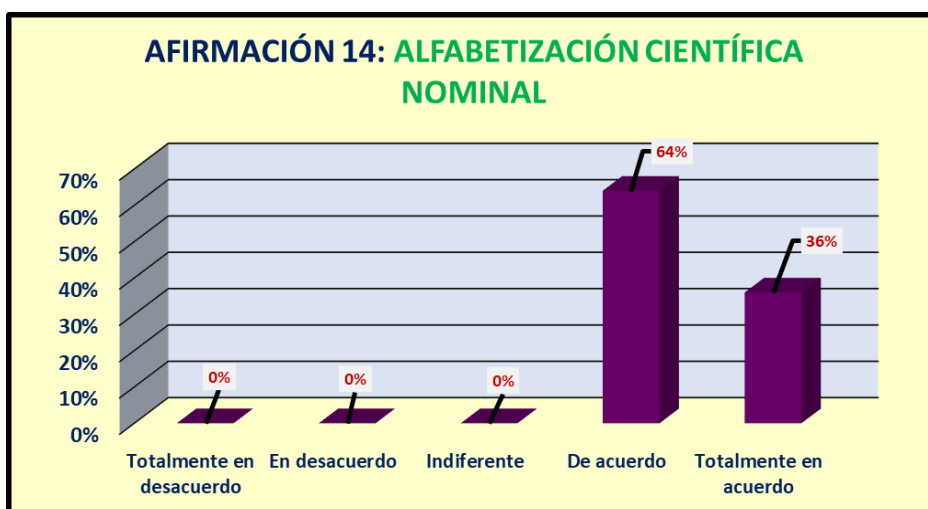
Nota. Autores (2023)

Afirmación 14:

“Considera que el cromo puede bioacumularse en las hortalizas”.

En esta afirmación consideran que el cromo puede bioacumularse en las hortalizas por lo que un 64% están de acuerdo y un 36% está totalmente de acuerdo. Se observa que los futuros docentes de química comprenden que los metales pesados se acumulan en los tejidos de los seres vivos en este caso de las hortalizas causando grandes daños a los consumidores (Gráfico 4).

Gráfico 4. Afirmación 14 Alfabetización Científica Nominal.



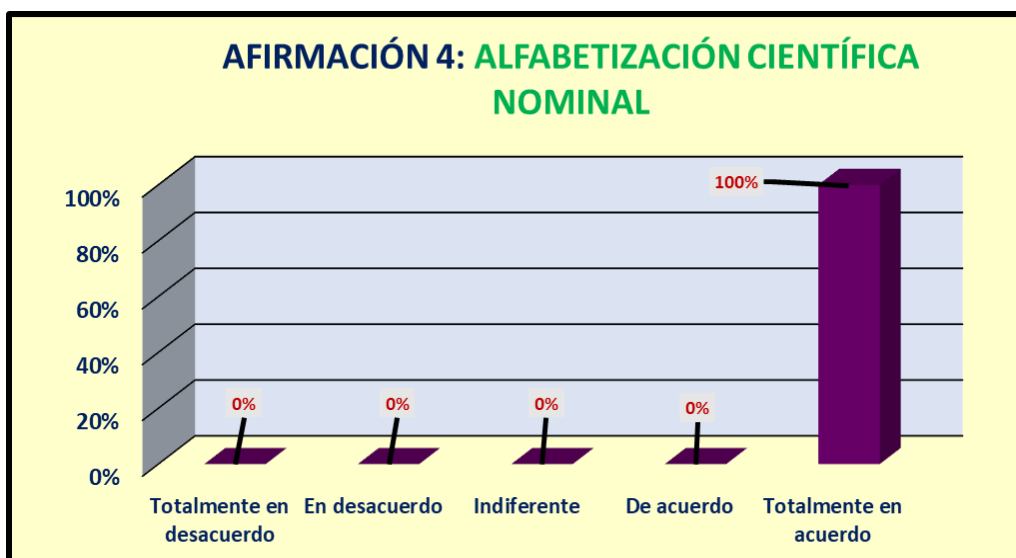
Nota. Autores (2023)

Afirmación 4:

“Considera que el cromo es clasificado como un metal pesado”.

En esta afirmación un 100% están totalmente de acuerdo con que el cromo es un metal pesado. Por ende, esta es la respuesta que se esperaba por parte de los futuros docentes de química por su formación en la docencia de la química y también por su aprendizaje en el énfasis disciplinar II. A parte de lo anterior el cromo es un metal pesado porque presenta una densidad mucho mayor a la del agua y puede ser muy tóxico para las células de un organismo vivo (Gráfico 5).

Gráfico 5. Afirmación 4 Alfabetización Científica Nominal.



Nota. Autores (2023)

Con lo observado anteriormente, los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero aún no presenta un dominio claro sobre la problemática de la contaminación del cromo en hortalizas. Por lo tanto, según lo planteado por Bybee (1997) los futuros docentes de química identifican un concepto del dominio de la ciencia, pero sin embargo su entendimiento se basa de teorías o conceptos inexactos que en la mayoría de los casos la enseñanza y aprendizaje tienen como punto de partida este nivel, en nuestro caso los futuros docentes de química se clasifican en la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**.

En promedio general de 1 a 5, se encuentra en 5 considerando que es un rango excelente, por lo que se identifican que respuestas son coherentes con las afirmaciones y es lo que se esperaba por parte de los futuros docentes de química.

Según lo orientado para la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica** fue que se dirigió a las afirmaciones 15, 5, 17, 10 y 11. En las que no se observa que los futuros docentes de química interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del cromo en hortalizas.

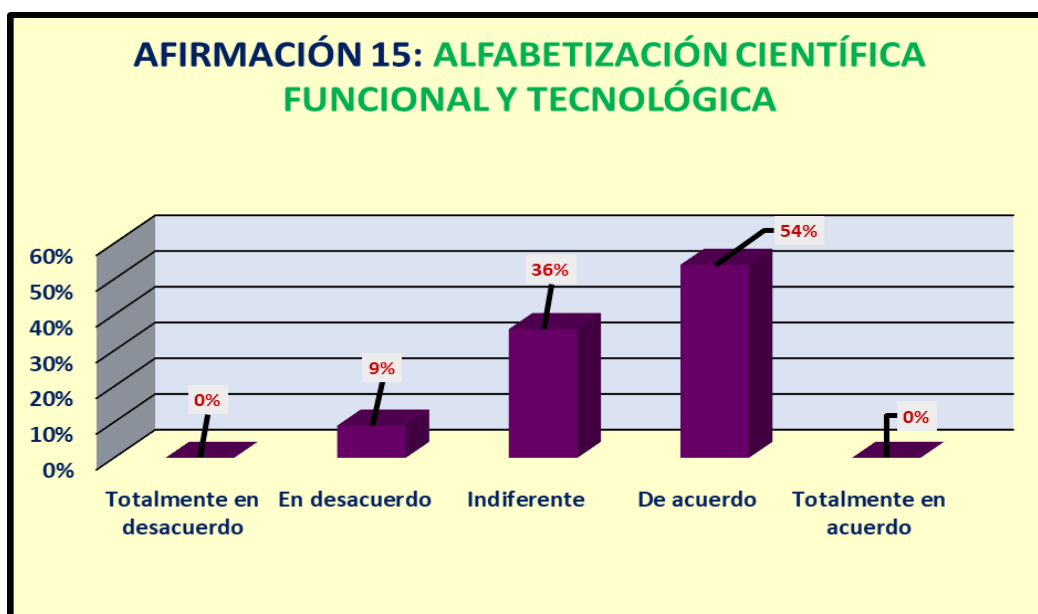
De acuerdo con las afirmaciones 15, 11 y 10, no se evidencian que los futuros docentes de química comprendan los conceptos químicos del cromo.

Afirmación 15:

“El cromo (III) es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano”.

En esta afirmación no comprenden que el cromo (III) no puede ser transformado a cromo (VI) por el cuerpo humano, por lo que un 36% respondieron indiferente por lo que no comprenden si es correcto o no la afirmación, un 54% están de acuerdo por lo tanto es incorrecto, en cambio solo un 9% están en totalmente en desacuerdo siendo esta la respuesta correcta teniendo en cuenta que el cromo (III) no puede transformarse a cromo (VI) en el cuerpo humano (Gráfico 6).

Gráfico 6. Afirmación 15 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica



Nota. Autores (2023)

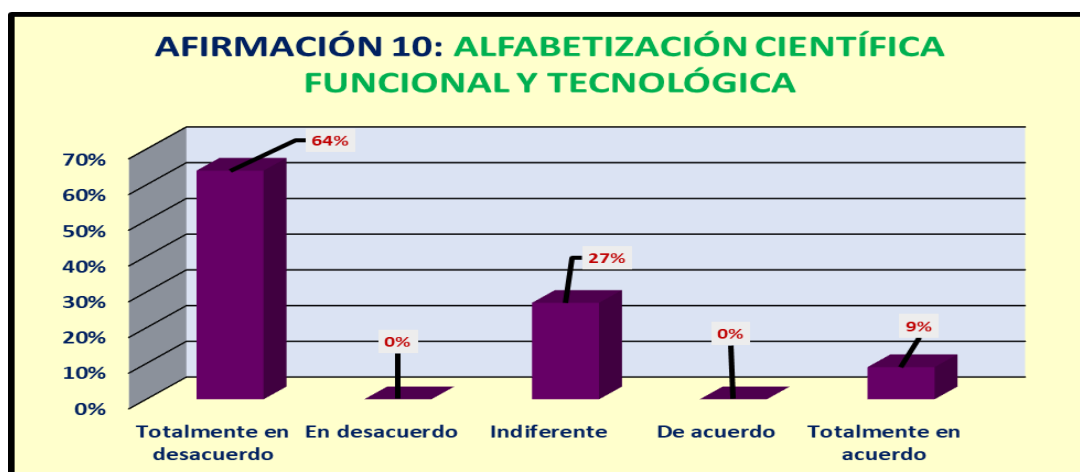
Teniendo en cuenta las afirmaciones 10 y 11 no se evidencia que los futuros docentes comprendan que los alimentos están expuestos a concentraciones de cromo.

Afirmación 10:

“La población en general tiene una mayor probabilidad de exposición a niveles muy altos de cromo en los alimentos”.

En esta afirmación se observa que el 64% están en totalmente en desacuerdo, un 27% respondieron indiferente y un 9% está en totalmente de acuerdo. Se esperaba que los futuros docentes en un porcentaje mayor la respuesta totalmente de acuerdo por lo que no se tiene claro la procedencia de los alimentos y al no tener un conocimiento y un control puede ser que la población se encuentre en exposición de niveles altos de cromo (Gráfico 7).

Gráfico 7. Afirmación 10 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica



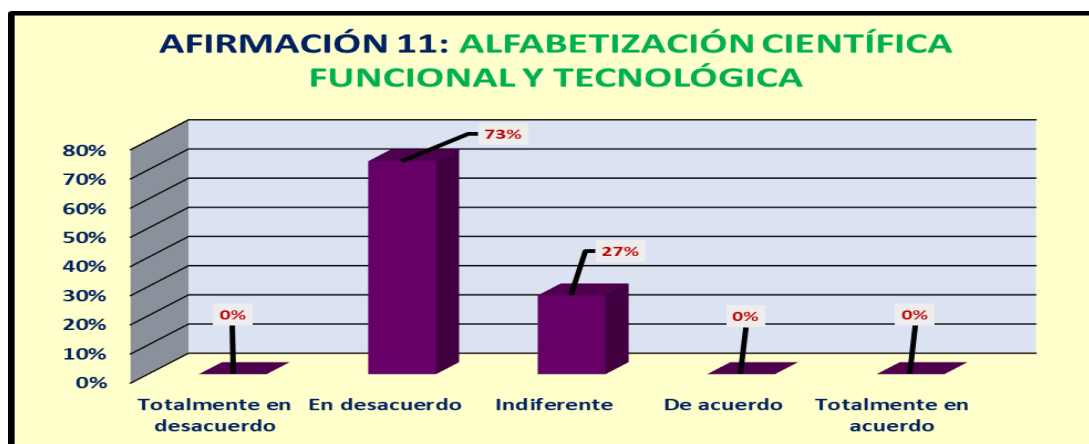
Nota. Autores (2023)

Afirmación 11:

“Cree que una variedad de alimentos tales como frutas, hortalizas, verduras, carnes y derivados lácteos, poseen concentraciones de cromo”.

En esta afirmación se evidencia que un 73% están en desacuerdo y un 27% respondieron indiferente. Se esperaba que los futuros docentes respondieran de acuerdo o totalmente de acuerdo ya que el cromo es un micronutriente el cual es esencial para el cuerpo humano y esta presente en diferentes alimentos como cromo (III), también hay que tener en cuenta la procedencia de los alimentos porque no tenemos un conocimiento sobre el manejo de los cultivos de frutas, verduras y hortalizas, y por supuesto el manejo del ganado sobre la alimentación suministrada antes del sacrificio (Gráfico 8).

Gráfico 8. Afirmación 11 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica.



Nota. Autores (2023)

Según lo evidenciado anteriormente, los futuros docentes de química no identifican algunos conceptos químicos básicos del cromo y tampoco poseían un conocimiento sobre la exposición de alimentos específicamente las hortalizas a concentraciones de cromo. Según lo propuesto por Bybee (1997) los futuros docentes no interpretan ni hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico en relación con la problemática de la toxicidad del cromo en hortalizas, por lo tanto, no incorporan las habilidades de investigación científica con la resolución de problemas. Teniendo en cuenta lo anterior, los futuros docentes de química no se clasifican en el nivel de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**.

Por lo tanto, se clasifican los futuros docentes de química en la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**.

En promedio general de 1 a 5, se encuentran en 1 considerando que es un rango muy bajo, teniendo en cuenta que todas las respuestas de las afirmaciones enfocadas a la categoría de Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica no son las que se esperaban por parte de los futuros docentes de química.

Por otra parte, la categoría de **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental** se encontró encaminada, en las afirmaciones 13 y 18. En las que no se evidencia que los futuros docentes de química comprendan los conceptos científicos, y cómo estos se relacionan con la globalidad de la disciplina, teniendo como propósito la resolución de problemas en este caso la contaminación de cromo en hortalizas.

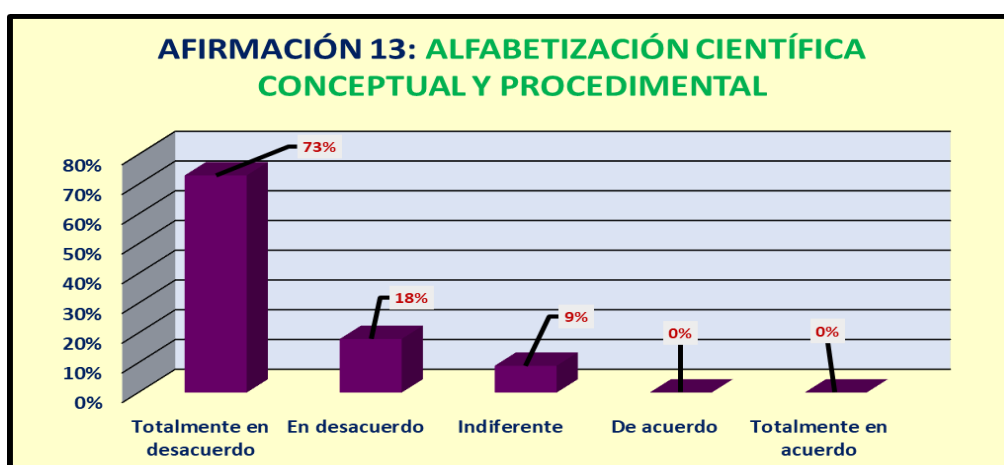
De acuerdo con las afirmaciones 13 y 18 no se evidencia que los futuros docentes de química presentan un conocimiento sobre procedimientos científicos para la detección de la bioacumulación de cromo en el organismo.

Afirmación 13:

“El cromo por ingestión se puede monitorear mediante un examen clínico de sangre, orina, cabello y leche materna”.

En esta afirmación se evidencia un 73% están en totalmente en desacuerdo, un 9% en indiferente y un 18% en desacuerdo. Se esperaba que los futuros docentes respondieran totalmente de acuerdo o de acuerdo siendo estas las respuestas correctas por lo que la forma adecuada de detectar cromo es por medio de exámenes clínicos de sangre, orina, cabello y leche materna presente en el organismo de una persona que estuvo expuesta a concentraciones de cromo (Gráfico 9).

Gráfico 9. Afirmación 13 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica



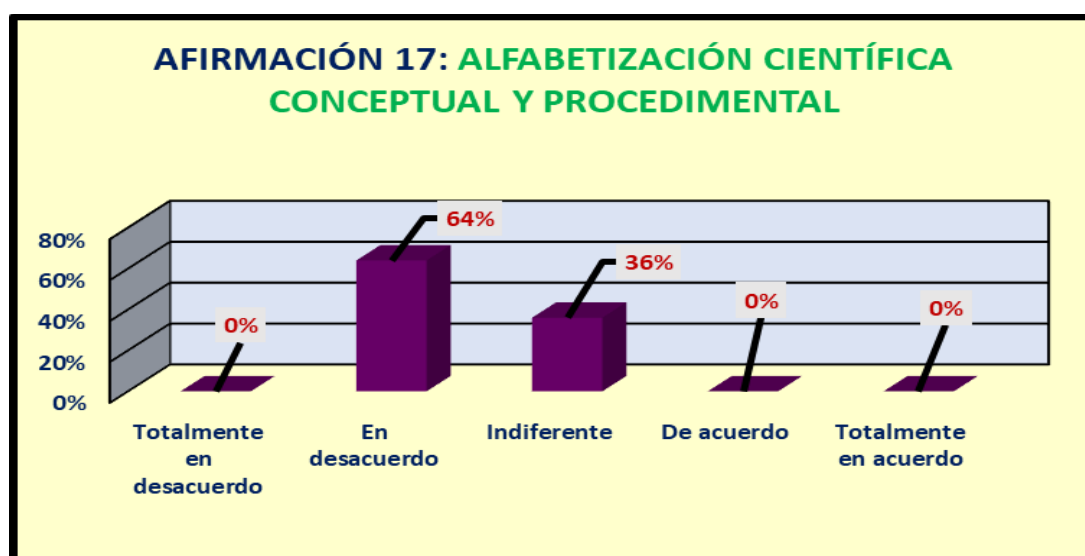
Nota. Autores (2023)

Afirmación 17:

“El agua de riego proveniente del río Tunjuelo puede afectar en la bioacumulación de metales pesados en hortalizas”.

En esta afirmación se observa que un 64% están en desacuerdo y un 36% indiferente. Se esperaba que los futuros docentes de química obtuvieran respuestas como totalmente de acuerdo o de acuerdo, puesto que el agua del río Tunjuelo trae consigo una gran carga de contaminantes de metales pesados específicamente de cromo, el río adquiere esta carga contaminante por las aguas residuales de las curtiembres que son depositadas al río Tunjuelo (Gráfico 17).

Gráfico 17. Afirmación 17 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica



Nota. Autores (2023)

Según lo analizado anteriormente, los futuros docentes de química no comprenden los conceptos químicos relacionados con la disciplina en el ámbito global en este caso con la química del cromo en el medio ambiente. Según lo propuesto por Bybee (1997), en este nivel son relevantes los conocimientos procedimentales y las habilidades propias de la investigación científica y de la resolución de problemas tecnológicos. Teniendo en cuenta lo anterior los futuros docentes se siguen clasificando en el nivel de **Alfabetización Científica Nominal**, en el sentido que no se ha presentado un avance de nivel de alfabetización.

En promedio general de 1 a 5, igual que en la categoría pasada, se encuentran en 1 considerando que es un rango muy bajo, teniendo en cuenta que todas las respuestas de las afirmaciones enfocadas a la categoría de Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental no son las que se esperaban por parte de los futuros docentes de química.

En función de la categoría de **Alfabetización Científica Multidimensional** se analizó con base a las afirmaciones 9, 2 y 20. En las que no se evidencia que los futuros docentes de química tengan una comprensión caracterizada de la ciencia que se extiende desde las concepciones de disciplinas científicas hasta procesos de investigación de la ciencia, en relación con la contaminación de cromo en hortalizas.

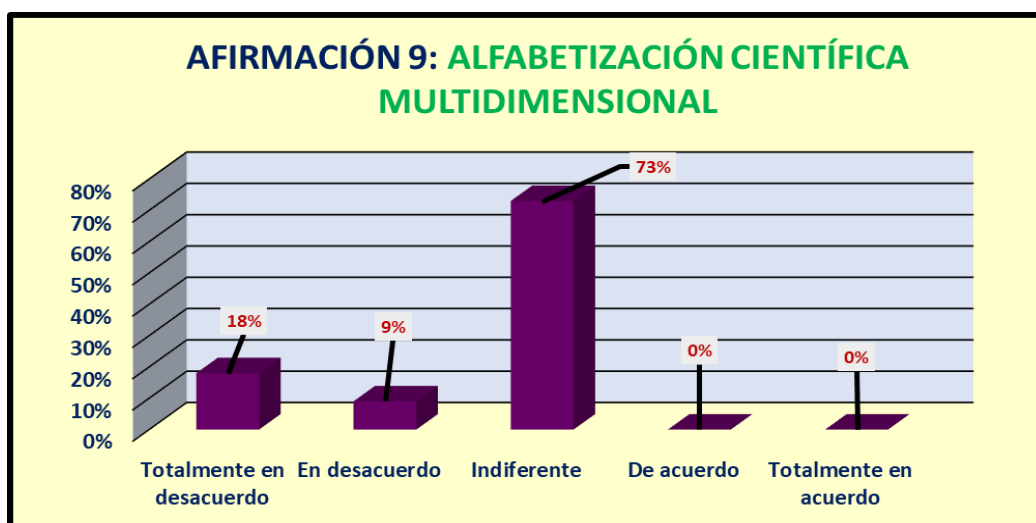
De las afirmaciones 9 y 2 no se evidencia que los futuros docentes de química presentan un conocimiento sobre que existe un control de metales pesados que contengan un alimento específicamente hortalizas.

Afirmación 9:

“Cree que las entidades ambientales desarrollan reglamentos y recomendaciones óptimas para el control oficial de los niveles de cromo en alimentos y agua de consumo humano”.

En esta afirmación se evidencia que un 73% se encuentran en indiferente, un 9% está en desacuerdo y un 18% está en totalmente en desacuerdo. Se esperaba que los futuros docentes química obtuvieran respuestas totalmente de acuerdo y de acuerdo por lo que las diferentes entidades ambientales específicamente China, Europa y Estados Unidos desarrollan normas y reglamentos sobre el consumo de metales pesados como el cromo específicamente en alimentos y en agua de consumo humano (Gráfico 10).

Gráfico 10. Afirmación 9 Alfabetización Científica Multidimensional



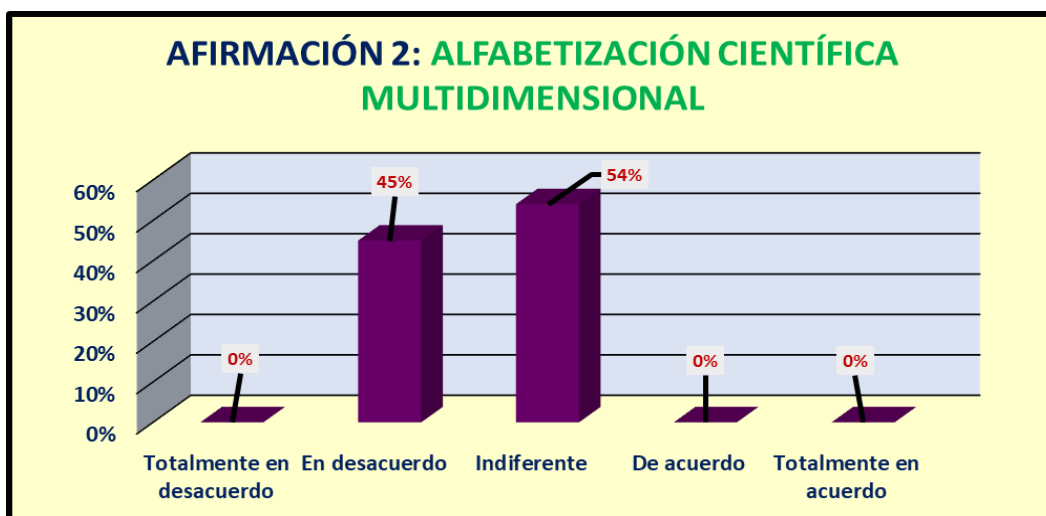
Nota. Autores (2023)

Afirmación 2:

“Los metales pesados, se pueden remover por técnicas físicas y químicas”.

En esta afirmación se evidencia que un 45% se encuentra en desacuerdo y un 54% en indiferente. Se esperaba que los futuros docentes de química obtuvieran respuestas como totalmente de acuerdo y en de acuerdo, puesto que existen diferentes técnicas certificadas para la remoción de metales pesados en cuerpos de aguas, estas técnicas pueden ser de tipo químico y físico, en las que se realizan con el fin de buscar una efectividad de la descontaminación de metales pesados en cuerpos de aguas contaminados (Gráfico 11).

Gráfico 11. Afirmación 2 Alfabetización Científica Multidimensional



Nota. Autores (2023)

Según lo observado anteriormente, los futuros docentes de química no comprenden la ciencia desde los conceptos de la disciplina científica y desde los procedimientos investigativos. Según lo planteado por Bybee (1997) este nivel de alfabetización incluye dimensiones históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología. Los individuos desarrollan un entendimiento y apreciación de la ciencia y tecnología como una empresa cultural.

En promedio general de 1 a 5, igual que en las 2 categorías pasadas, se encuentran en 1 considerando que es un rango muy bajo, teniendo en cuenta que todas las respuestas de las afirmaciones enfocadas a la categoría de **Alfabetización Científica Multidimensional** no son las que se esperaban por parte de los futuros docentes de química.

Teniendo en cuenta los resultados de las categorías anteriores, podemos decir que el nivel de diagnóstico inicial de los futuros docentes de química, es el nivel de **Alfabetización Científica Nominal**. Esto se evidencia ya que a medida que se responden las afirmaciones correspondientes a cada categoría se apreciaba el manejo de dificultad para comprender y responder las afirmaciones, por lo tanto, no utilizaban ni entendían el vocabulario científico y tecnológico enfocado al contexto de la contaminación de cromo en hortalizas. Al no pasar de nivel, las respuestas enfocadas a las categorías más avanzadas van a estar en una concepción errónea, teniendo esto claro se toma como punto de inicio para la construcción de la secuencia didáctica el nivel de **Alfabetización Científica Nominal** con el fin de impulsar a un avance de Alfabetización Científica y Tecnológica sobre la problemática presentada.

8.1.3. Ejecución del diseño experimental para la caracterización y cuantificación de cromo (III y VI) en acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*) irrigada con agua del río Tunjuelo

Este apartado, corresponde a los resultados experimentales que se obtuvieron en la caracterización y cuantificación de cromo (III y VI) en cada una de las matrices de estudio, asociadas al tejido vegetal de la acelga, suelo y agua de riego. Cada una de estas matrices de estudio, fueron provenientes del invernadero Bosa San Bernardino y la vereda Bosatama, ubicados en la cuenca baja del río Tunjuelo (Tramo IV).

8.1.3. Invernadero Bosa San Bernardino

Este primer punto de muestreo hace referencia a un invernadero que se encuentra ubicado, específicamente en la localidad de Bosa, en el barrio San Bernardino, localizado al sur occidente de Bogotá. En el cual, se producen diferentes hortalizas de consumo humano, como: acelga, ajo, apio, cilantro, calabacín, cebolla puerro, espinaca, lechuga y perejil. Todas las anteriores son irrigadas con agua del río Tunjuelo mediante un sistema de aspersión. En este trabajo

investigativo, se escogió la acelga debido a que es una hortaliza que tiene completo su tejido vegetal, es decir no carece de hoja, tallo y raíz. Por esta razón, se realizó el respectivo muestreo de esta, durante toda su etapa de crecimiento desde la semana 0 hasta semana 14.

8.1.4. Vereda Bosatama

Este coincide con el segundo punto de muestreo, el cual hace referencia a una finca que queda ubicada en el municipio de Soacha Cundinamarca (Corregimiento 2), la cual se caracteriza por su gran variedad de cultivos hortícolas y por ser una importante reserva de hortalizas para la ciudad de Bogotá. En este sentido, la hortaliza que se tomó de estudio es llevada y trasplantada a campo abierto para que culmine su etapa de crecimiento. Por lo tanto, en este lugar se realizan los últimos muestreos del tejido vegetal, suelo y agua de riego, siguiendo los mismos parámetros previamente mencionados en el primer punto de muestreo.

8.1.5. Análisis de agua de riego

En el análisis del agua de riego, se determinó el pH y se cuantificó la presencia de cromo (VI y III), en las dos muestras de agua provenientes de la cuenca baja del río Tunjuelo, la cual se recolectó de los canales cercanos al invernadero Bosa San Bernardino y vereda Bosatama para el proceso de irrigación.

8.1.6. Determinación de pH

A continuación, en la (Tabla 5) se evidencian los promedios obtenidos de la medición de pH, en cada una de las muestras analizadas; dado que, se hicieron lecturas por triplicado. Para más información ver (Anexo 8. A)

Tabla 5. Determinación de pH en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

DETERMINACIÓN DE pH EN AGUA DE RIEGO						
Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio pH (Unidades de pH)	Método Determinación	Norma Nacional
17/07/2023	8:00 a.m.	Puntual	Invernadero	6,58	Método SM 4500-H ⁺ B	Decreto 1594 /84 Artículo 40 (4,5 a 9,0)
	9:00 a.m.		Vereda	7,95		

Nota. Autores (2023)

En este caso, el pH que se determinó para la muestra de agua que corresponde al invernadero y la vereda para el proceso de irrigamiento, cumple con el rango establecido en la Legislación Nacional de Colombia, específicamente en el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, el cual exige en su Artículo 40, que el rango de pH debe ser entre 4,5 a 9,0 unidades

de pH. Esto significa que los dos tipos de agua son admisibles con este parámetro de calidad, para el uso agrícola. Sin embargo, es importante mencionar que este tipo de agua no es de consumo humano según la clasificación expuesta en el Acuerdo N°43 de 2006, establecida por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). Debido a que el río Tunjuelo se clasifica en el cuarto nivel, el cual hace referencia a aguas que son utilizadas para actividades agrícolas y pecuarias con restricciones.

Ilustración 2. Lectura directa de pH en el agua de riego proveniente del invernadero.



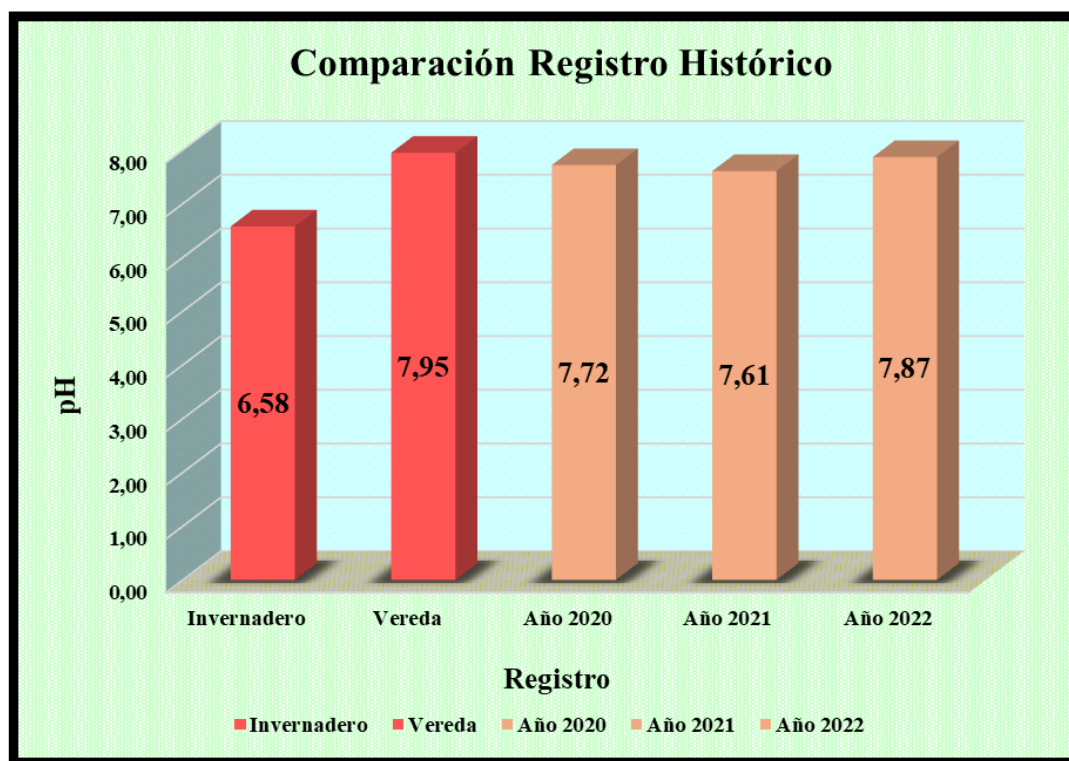
Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Ilustración 3. Lectura directa de pH en el agua de riego proveniente de la vereda.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Gráfico 12. Comparación del registro histórico de pH con respecto al tiempo, tomado por la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA), en el último punto de muestro de la cuenca baja del río Tunjuelo, Isla Potón San José (Tramo IV).



Nota. Autores (2023)

En el (Gráfico 12), se observa la comparación del pH determinado en el agua de riego proveniente del invernadero y la vereda, con el pH registrado en el reporte que se solicitó a la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA), para conocer la calidad de agua en el río Tunjuelo (Anexo 19). Por lo tanto, se puede concluir que el agua proveniente de la vereda es la más alcalina, a pesar que, durante los años 2020, 2021 y 2022 referentes al punto de muestro Isla Potón San José (Tramo IV), reflejan también un pH ligeramente alcalino con diferencias de aproximadamente 0,23, 0,34 y 0,08 Unidades de pH. En este orden de ideas, se puede evidenciar un incremento de este parámetro durante los tres últimos años. Mientras que el agua del invernadero presenta un pH considerablemente neutro en comparación con los demás.

8.1.7. Determinación de cromo total

A continuación, en la (Tabla 6) se evidencian los resultados finales obtenidos de la determinación de cromo total, en cada una de las muestras analizadas, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 11.A).

Tabla 6. Determinación de cromo total en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL EN LAS MUESTRAS DE AGUA							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de Muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio [Cr] Total (mg/L)	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
23/07/2023	8:00 a.m.	Puntual	Invernadero	1,3	Método SM 3111-B 3030-E1 Adaptado	FAO (0,1 mg/L)	No Aplica
	9:00 a.m.		Vereda	1,0		Australia (0,1 - 0,001 mg /L)	

Nota. Autores (2023)

En relación con los resultados obtenidos de cromo total, se puede observar que la concentración de las dos muestras de agua, no cumplen con el límite máximo permisible de cromo total, establecido por la FAO, el cual debe ser de 0,1 mg/L para aguas destinadas para riego o uso agrícola. Además, también incumplen con la norma australiana establecida por la Autoridad de Protección Ambiental de Australia Occidental (W.A. EPA), la cual decreta en su publicación “*Western Australian Quality Guidelines for Fresh and Marine Water*”. Western Australian Environmental Protection Authority, Perth. (1993), que el nivel máximo permisible de cromo total para aguas superficiales es de 0,01 mg/L. Mientras que el Departamento de Regulación del Agua y Medio Ambiente de Australia (2019), en un reporte anual de medio ambiente titulado “*Annual Environmental Report*”, establece que el nivel máximo permisible de cromo total en aguas dulces o superficiales es de 0,001 mg/ L.

En este caso, La Legislación Nacional Colombiana, no registra un marco legal asociado con los límites máximos permisibles para cromo total, en cuerpos de aguas superficiales que se utilicen como fuente de irrigamiento o de uso agrícola. Por esta razón, se toma como referencia las normas internacionales para la regulación y control de este metal pesado. Por lo anterior, se infiere que las dos concentraciones obtenidas de cromo total en el agua de riego proveniente del invernadero y la vereda sobrepasan los límites máximos permisibles y establecidos por las normas internacionales.

Ilustración 4. Puntos de muestreo para la determinación de cromo total en agua de riego.

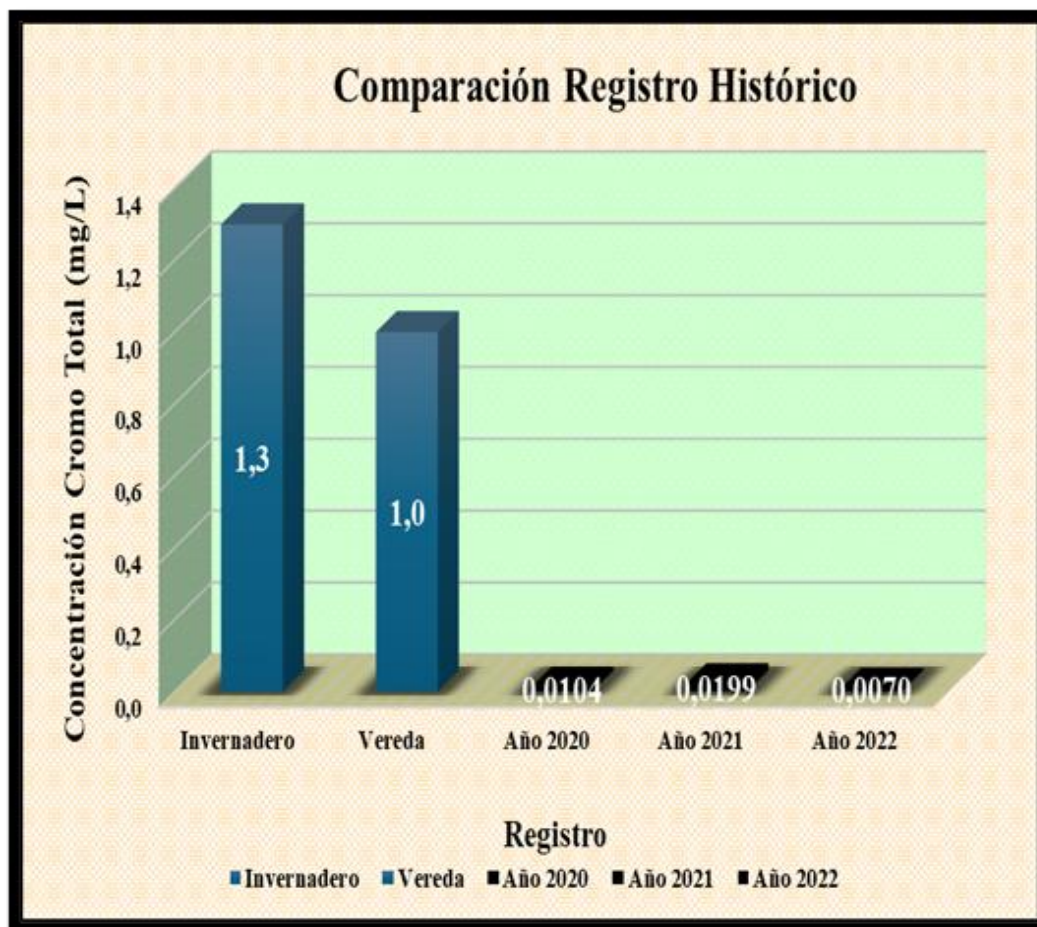


Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 4), se puede evidenciar el registro fotográfico desde la ubicación de los puntos de muestreo, referente al agua de riego proveniente del invernadero y la vereda, hasta la cuantificación de cromo total.

En este caso, la elevada concentración de cromo total en las dos muestras analizadas de agua se debe posiblemente a los diferentes vertimientos de aguas residuales que no poseen ningún tipo de control de calidad con respecto al cromo y que, a su vez, algunas industrias que se encuentran a lo largo de este tramo como curtiembres, galvanoplastia, textilerías y minerías no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales como PTAR. Lo cual significa, que este cuerpo de agua superficial ya viene cargado de las diferentes aguas residuales procedentes a las industrias aledañas.

Gráfico 13. Comparación del registro histórico de la concentración de cromo total con respecto al tiempo, tomado por la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA), en el último punto de muestro de la cuenca baja del río Tunjuelo, Isla Potón San José (Tramo IV).



Nota. Autores (2023)

En el (Gráfico 13), se observa con claridad que la concentración cuantificada de cromo total en los dos tipos de agua analizados, sobrepasan la concentración reportada en los tres últimos años correspondientes al cuarto punto de muestro, llamado Isla Potón San José (Tramo IV), el cual fue realizado por la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA). Por ende, se concluye que, existe un aumento aproximadamente de 1,29 mg/ L de cromo total, entre la concentración cuantificada en el agua del invernadero y la concentración reportada en el año 2020, 2021 y 2022. Mientras que el aumento de la concentración cuantificada en el agua de la vereda es aproximadamente de 0,99 mg/L de cromo total, en comparación con los últimos años de registro, los cuales se mantuvieron aproximadamente constantes.

8.1.8. Determinación de cromo VI

A continuación, en la (Tabla. 7) se evidencian los resultados finales obtenidos de la determinación de cromo VI, en cada una de las muestras analizadas, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 11.B).

Tabla 7. Determinación de cromo VI en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

CONCENTRACIÓN DE CROMO VI EN LAS MUESTRAS DE AGUA							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de Muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio [Cr] (VI) (mg/L)	Método Referencia	Norma Internacional	Norma Nacional
25/07/2023	7:00 a.m.	Puntual	Invernadero	0,185	Método SM 3500-B Cr Adaptado	FAO (0,10 mg/L)	Decreto 1594 /84 Artículo 40 (0,1 mg/L)
	8:00 a.m.		Vereda	0,179			

Nota. Autores (2023)

Como se logra evidenciar en la (Tabla 7), el agua de riego de los dos puntos de referencia contiene una concentración significativa de cromo VI, al tener 0,185 y 0,179 miligramos de cromo VI por cada litro de muestra, por lo que se puede indicar que sobrepasa el límite máximo permisible, establecido por el Ministerio de Agricultura, específicamente en el Decreto 1595 de 1984, el cual exige que el nivel máximo permisible de cromo VI en aguas de uso agrícola debe ser de 0,1 mg/L.

De igual manera, al comparar los resultados obtenidos de cromo VI, con el Acuerdo N°43 de 2006, implementado por la CAR, se puede deducir que tampoco cumple con el límite máximo permisible, puesto que el río Tunjuelo al estar clasificado en el cuarto nivel debe tener una concentración de 0,1 mg/L en cromo VI. Por lo tanto, estos dos tipos de agua que se están utilizando para irrigar las hortalizas en el invernadero y la vereda no son óptimos para este proceso, porque incumplen con este parámetro de calidad.

Finalmente, se comparó estos resultados con los criterios de calidad de agua para riego, establecidos por la OMS a nivel internacional y se concluyó que incumplen con la norma debido a que la máxima concentración permisible de cromo VI en agua de riego o para uso agrícola es de 0,10 mg/L. En este orden de ideas, se puede decir que el agua del río Tunjuelo no es una fuente hídrica ideal para el uso agrícola, ni mucho menos para el irrigamiento de hortalizas, ya que, con estas considerables concentraciones de este metal, los consumidores de estas podrían estar presentando serias toxicidades.

Ilustración 5. Puntos de muestreo para la determinación de cromo VI en agua de riego.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 5), se puede evidenciar el registro fotográfico desde la ubicación de los puntos de muestreo, referente al agua de riego proveniente del invernadero y la vereda, hasta la cuantificación de cromo VI.

En síntesis, el incremento de cromo VI, en el agua de riego probablemente es debida a las descargas de aguas residuales, contaminadas por los compuestos de cromo utilizados en procesos industriales, lo cual conlleva un riesgo relevante para la salud humana y el medio ambiente.

8.1.9. Determinación de cromo III

Los resultados finales de la determinación de cromo III por el método de diferencia se muestran a continuación en la (Tabla. 8), para cada una de las muestras analizadas, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 11.C).

Tabla 8. Determinación de cromo III en agua de riego proveniente del invernadero y vereda.

DETERMINACIÓN DE CROMO III EN LAS MUESTRAS DE AGUA						
Procedencia de muestra	Promedio [Cr] Total (mg/L)	Promedio [Cr] (VI) (mg/L)	Promedio [Cr] (III) (mg/L)	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
Invernadero	1,3	0,185	1,1	Por Diferencia	No Aplica	No Aplica
Vereda	1,0	0,179	0,8			

Nota. Autores (2023)

Teniendo en cuenta la información expuesta en la (Tabla 8), y que cromo total hace referencia a la suma global de sus especies cuantificadas, en esencia Cr III y Cr VI, se puede concluir que las concentraciones determinadas de cromo III en las dos muestras de agua analizadas, son relativamente altas con respecto a las concentraciones de cromo VI. Por esta razón, se considera que la especie mayoritaria de cromo presente en el agua de riego es la trivalente (III) para ambos casos. Sin embargo, las regulaciones asociadas a los niveles permisibles legales para cromo III en agua de uso agrícola, no están establecidas por las agencias gubernamentales, a nivel nacional e internacional. Lo cual significa que, en este caso, no se puede realizar una comparación a nivel normativo. Además, el cromo III, aunque es bueno para la salud a nivel de metabolismo, puede ser oxidado a cromo VI por presencia de materia orgánica y esto se podría volver un riesgo para la población.

Conforme a lo anterior, se resalta la importancia que tiene estos límites permisibles, en vista de que están proyectados en garantizar que el agua utilizada en actividades agrícolas no contenga concentraciones riesgosas de cromo III, que puedan afectar el bienestar de las plantas, la salud de los animales y de las personas. De modo que, se espera que a futuro se emplee una normativa para controlar este parámetro de calidad en cuerpos de aguas superficiales, que se usen como fuentes de irrigamiento.

8.2. Análisis de suelo

En el análisis de suelo, se determinó pH, % de cenizas en base seca, textura y se cuantificó la presencia de cromo (VI y III), en 3 muestras de suelo provenientes de la cuenca baja del río Tunjuelo, las cuales se recolectaron 2 (antes y durante la siembra) en el invernadero Bosa San Bernardino y 1 (al final de la siembra) en la vereda Bosatama.

8.2.1. Determinación de pH

A continuación, en la Tabla 9 se evidencian los resultados obtenidos de la medición de pH, en cada una de las muestras analizadas; dado que, se hicieron lecturas por triplicado. Ver (Anexo 8.B).

Tabla 9. Determinación de pH en suelo proveniente del invernadero y vereda.

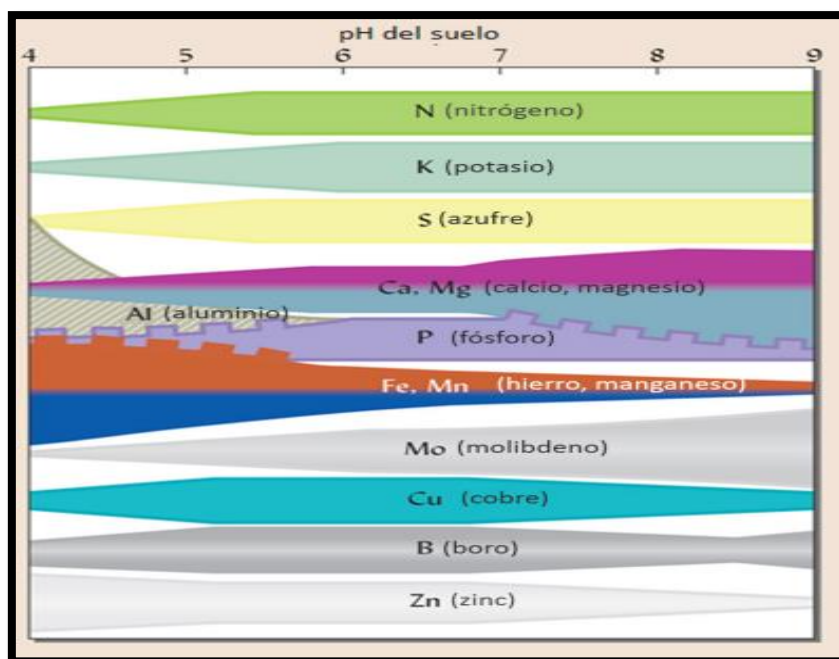
DETERMINACIÓN DE pH EN SUELO							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio pH (Unidades de pH)	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
17/07/2023	8:00 a.m.	Puntual	Invernadero	4,67	NTC 5264 2023	FAO (6,0 a 8,0 U. pH)	No Aplica
5/11/2023	9:00 a.m.		Vereda	4,84			

Nota. Autores (2023)

En efecto a la información expuesta en la Tabla 9, se puede inferir que el pH resultante de las dos muestras de suelo analizadas, esta fuera del rango de pH establecido por la FAO para suelos agrícolas a nivel internacional. Esto significa que no cumple con este criterio de calidad y, por lo tanto, se podría clasificar según Osorio (2012), como un suelo extremadamente ácido en ambos casos, debido a que el pH es menor a 5,0, lo cual indica una drástica toxicidad de aluminio y posiblemente manganeso, además una alta posibilidad de deficiencia en fósforo, azufre, molibdeno y bases intercambiables. Por lo que se espera que las dos muestras de suelo tengan altos niveles de algunos micronutrientes. No obstante, en la ilustración n, tomada de Cremona y Enriquez (2020, p. 6) se puede evidenciar con más precisión los micronutrientes que más podrían tener ambos suelos.

De acuerdo con lo anterior, el pH ácido determinado en las dos muestras de suelo seguramente es debido a distintos factores como el clima, la temperatura, el tipo de suelo, el agua de riego sin tratamiento convencional, el encalado, los fertilizantes y plaguicidas. En algunos casos los factores antropogénicos, posiblemente suelen ser los más contraproducentes, dado a que no se tienen las adecuadas prácticas de gestión y uso sostenible en los diferentes cultivos agrícolas, permitiendo así la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales desfavorecen la calidad de este.

Gráfica 14. Relación entre pH y la disponibilidad de nutrientes.



Nota: Tomado de Cremona y Enríquez (2020, p.6) quienes lo modificaron de Weil y Brady (2014),

Ilustración 6. Puntos de muestreo para la determinación de pH en suelo.



Nota: Autores (2023)

Ilustración 7. Lectura de pH en suelo proveniente del invernadero, relación suelo-agua (1:1).



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Ilustración 8. Lectura directa de pH en el agua de riego proveniente de la vereda.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

8.2.2. Determinación de % de cenizas totales en base seca

A continuación, en la (Tabla 10) se evidencian los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas en cada una de las muestras analizadas; dado que, se hicieron lecturas por triplicado. Ver (Anexo 9.A).

Tabla 10. Determinación del % de cenizas totales en base seca en suelo proveniente del invernadero y vereda.

DETERMINACIÓN DEL % DE CENIZAS TOTALES BASE SECA							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio % Cenizas Totales base seca	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
17/07/2023	8:00 a.m.	Compuesta	Invernadero (A.S)	6,8	AOAC 923.023 Adaptado	No Aplica	No Aplica
23/07/2023	8:00 a.m.		Invernadero (D.S)	9,1			
5/11/2023	9:00 a.m.	Puntual	Vereda (F.S)	10,7			

Nota. Autores (2023)

Teniendo en cuenta la información planteada en la (Tabla 10), se puede apreciar que el porcentaje de cenizas totales en base seca es mayor en la muestra de suelo proveniente de la vereda, es decir, al final de la siembra (F.S), por ende, se podría concretar que este suelo tiene una considerable cantidad de minerales inorgánicos que favorecen su fertilidad. En este caso es importante mencionar que las cenizas son residuos inorgánicos que quedan después de calcinar o incinerar una muestra en específico a altas temperaturas, cuya composición inicial es materia orgánica.

Por otra parte, la interpretación de los 3 porcentajes de cenizas obtenidos nos puede indicar que probablemente el suelo de vereda en comparación con las dos muestras de suelo provenientes del invernadero, referentes al antes y después de la siembra (A.S y D.S), posee un moderado porcentaje de materia orgánica según ICA (2003, p.197), el cual dice que a medida que aumenta el contenido de materia orgánica, tiende a disminuir el porcentaje de cenizas y viceversa. Sin embargo, para una interpretación más precisa del contenido de cenizas y la materia orgánica en un suelo agrícola, se debe aplicar otros criterios para obtener una evaluación más completa acerca de la fertilidad del suelo y la disponibilidad total de nutrientes que favorecen el crecimiento de las plantas.

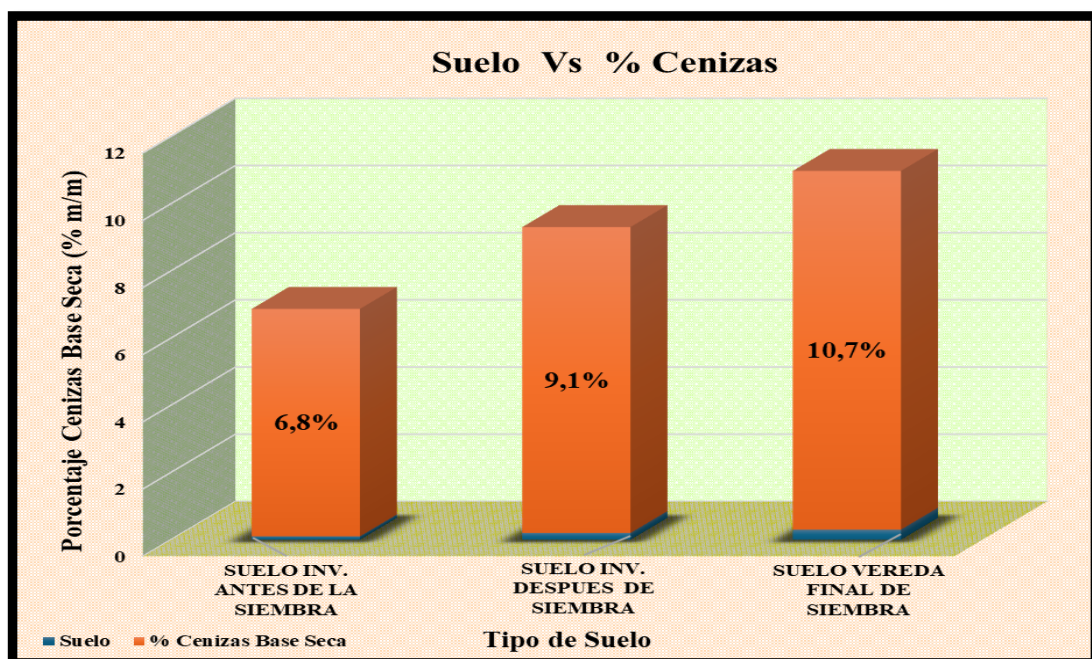
Ilustración 9. Puntos de muestreo para la determinación del % de cenizas totales en base seca



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 9), se puede evidenciar el registro fotográfico desde la ubicación de los puntos de muestreo, referente al suelo proveniente del invernadero y la vereda, hasta la cuantificación del porcentaje de cenizas totales en base seca.

Gráfico 15. Incremento del % de cenizas en función de la procedencia del suelo.



Nota. Autores (2023)

8.2.3. Determinación de textura

A continuación, en la (Tabla 11) se evidencian los resultados obtenidos de la textura de cada una de las muestras analizadas del suelo de vereda; dado que, se hicieron lecturas por triplicado. Ver (Anexo 10. A).

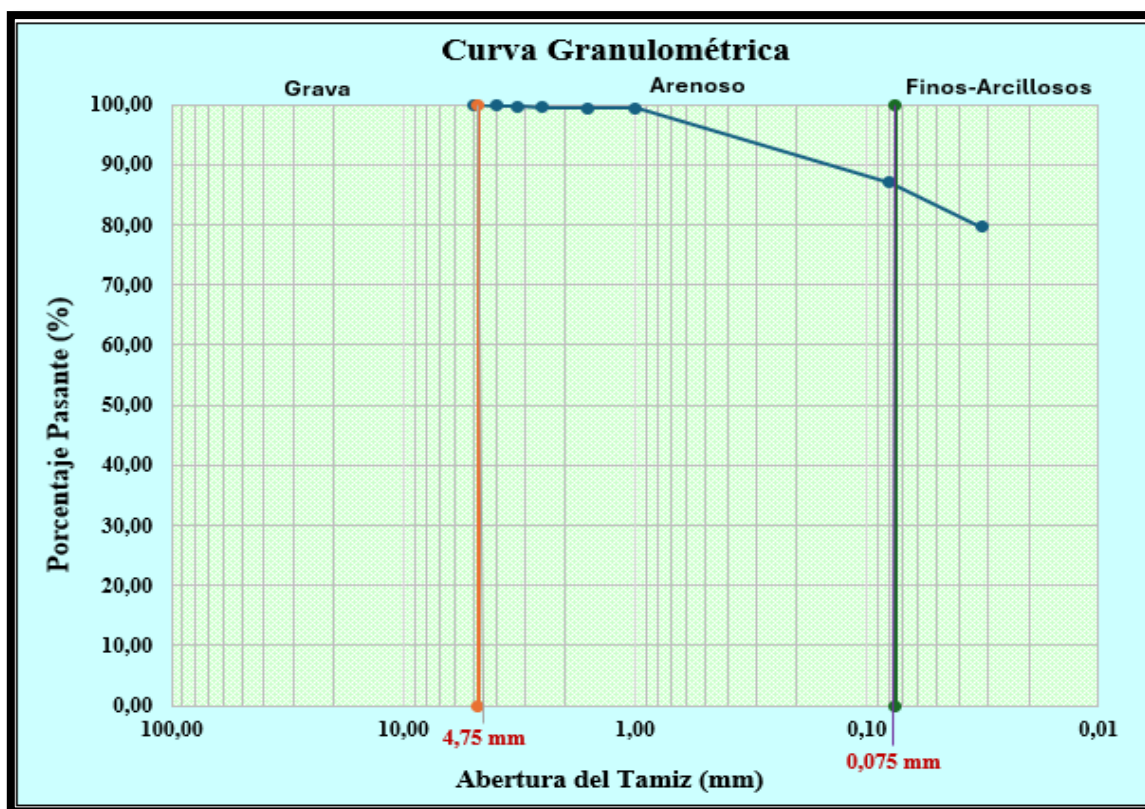
Tabla 11. Determinación de la textura del suelo de vereda por análisis granulométrico

CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE VEREDA							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Procedencia de la muestra	Tipo de suelo	Promedio % Fino	Método Determinación	Clasificación Internacional
17/07/2023	9:00 a.m.	Compuesta	Vereda	Fino/Arcilloso	87,01	NTC 1522 2022	ASTM D422
5/11/2023	9:00 a.m.						

Nota. Autores (2023)

En vista de la información presentada en la (Tabla 11), se puede concluir que la textura del suelo de la vereda corresponde a la de un tipo de suelo Fino, puesto que en la curva granulométrica (ver gráfico 16), se evidenció que más del 80 % de suelo pasa por el tamiz que tiene una abertura de 0,080 mm, el cual es muy cercano al tamiz que tiene un tamaño de poro de 0,075 mm y, por lo tanto, este último separa los suelos Arenosos de los Finos según USDA y ASTM. En este caso el porcentaje de suelo Fino es del 87,01 %, sin embargo, también se puede observar en la gráfica granulométrica que más del 75,0 % del suelo de vereda, pasa por el tamiz que tiene un tamaño de poro de 0,032 mm, confirmando de este modo que la textura del suelo esta entre Limoso y Arcilloso. Adicionalmente, en el fondo, quedó 58,819 g de masa retenida (Anexo 10.A), indicando que la mayoría del suelo de vereda es mucho más Fino que Arenoso, debido a que logra pasar por todos los tamices utilizados en este análisis, incluyendo el ultimo que está por debajo del tamiz 0,075mm.

Gráfico 16. Curva granulométrica para definir la textura del suelo.



Nota. Autores (2023)

Para poder definir si el suelo de vereda es Limoso o Arenoso con una mayor precisión, se debe realizar un análisis mecánico por hidrómetro, el cual está basado en el principio de sedimentación de las partículas del suelo fino en suspensión. De esta manera podrá ser clasificado, mediante el diagrama triangular de las clases texturales básicas del suelo, establecido por el USDA.

Dentro de este orden de ideas, ahora se muestran en la (Tabla 12), los porcentajes obtenidos de la clasificación de suelo por tamaño de partícula unificado por USDA-ASTM-AASHTO. Ver (Anexo 10.A).

Tabla 12. Clasificación obtenida del suelo de vereda según el tamaño de partícula.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO DE VEREDA		
% GRAVAS	% ARENAS	% FINOS Y ARCILLOSOS
0,07	12,92	87,01

Nota. Autores (2023)

Como resultado el suelo de vereda se clasifica en finos y arcillosos con un 87,01 %, lo cual indica que puede retener agua de manera eficiente según lo expuesto por Vega de Kuyper (2007), debido a que los suelos ricos en arcilla tienen por lo general una estructura asfixiante o compactada que puede afectar el drenaje y la aireación. Adicionalmente, se podría considerar que su perfil edafológico, presenta un horizonte B, debido a que Allas (2009) en su clasificación de horizontes de suelo, dice que este es el principal en poseer una mayor concentración de arcilla, además se conoce como el subsuelo y a menudo es donde se acumulan minerales y materiales que se ha lixiviado desde el horizonte A que corresponde a la capa superior del suelo. No obstante, la clasificación del perfil edafológico no se basa solo en la textura del suelo, sino también de otros factores como la presencia de horizontes distintivos y las propiedades fisicoquímicas del suelo (Allas, 2009).

Ilustración 10. Determinación de la textura por el método granulométrico por tamizado.




Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

8.2.4. Determinación de cromo total

A continuación, en la (Tabla 13) se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo total, en cada una de las muestras analizadas de suelo, las cuales se realizaron por triplicado. ver (Anexo 12.A).

Tabla 13. Determinación de cromo total en suelo proveniente del invernadero y vereda.

CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL EN LAS MUESTRAS DE SUELO							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio [Cr] Total (mg/Kg)	Método Determinación	Norma Nacional	Norma Internacional
17/07/2023	8:00 a.m.	Compuesta	Invernadero (A.S)	-0,04	Método SM 3111-B 3030-E1 Adaptado	No Aplica	OMS (125-250 mg/Kg) FAO (20,0 mg/Kg) EPA (0,1 – 0,5 mg/Kg) Austria (100 mg/Kg) Polonia (100 mg/Kg) Alemania (200 mg/Kg) Holanda (100 mg /Kg) Canadá (75 mg/Kg) Gran Bretaña (50 mg/Kg) Ecuador (54 mg/Kg)
23/07/2023	8:00 a.m.		Invernadero (D.S)	136,3			
5/11/2023	9:00 a.m.	Puntual	Vereda (F.S)	173,2			
							

Nota. Autores (2023)

En relación con los resultados obtenidos de cromo total, se puede observar que la concentración de las dos muestras de suelo, en la mayoría de los casos no cumplen con el límite máximo permisible de cromo total, establecido por la FAO, EPA, Austria, Polonia, Holanda, Canadá, Gran Bretaña y Ecuador. Debido a que las concentraciones referentes al suelo después y al final de la siembra (D.S y F.S), exceden los niveles máximos permisibles y exigidos por los organismos gubernamentales y departamentales de cada país, los cuales se encuentran expuestos en la (Tabla 13). En este caso, La Legislación Nacional Colombiana, no registra un marco legal asociado con los límites máximos permisibles para cromo total, en suelos agrícolas Por esta razón, se toma como referencia las normas internacionales para la regulación y control de este metal pesado.

Cabe mencionar que probablemente la concentración referente al suelo antes de la siembra (A.S), no posee cromo total, puesto que, al determinar el límite de cuantificación y detección, dieron como resultado 0,1450 mg/L y 0,0435 mg/ L para este metal. Lo cual significa, que el límite de cuantificación esta entre el intervalo de 0,1 mg/L y 0,5 mg/L de la curva de calibración, porque para las concentraciones inferiores a este intervalo no existió una señal detectable reportada por el equipo, es decir no se obtuvo precisión ni exactitud por debajo de 0,1 mg/L.

En relación con lo anterior, se puede concluir que la concentración más baja posible que se puede cuantificar con el espectrofotómetro de absorción atómica confiablemente es de 0,1450 mg/L en adelante, hasta un rango máximo de 25 mg/L. Mientras que la señal más baja que puede detectar el método es de 0,0435 mg/L para cromo total. De manera que toda concentración que este por debajo de 0,1450 mg/L no se puede cuantificar. Por esta razón, la concentración cuantificada de cromo total en la muestra de suelo proveniente del invernadero antes de la siembra (A.S), es menor al límite de cuantificación.

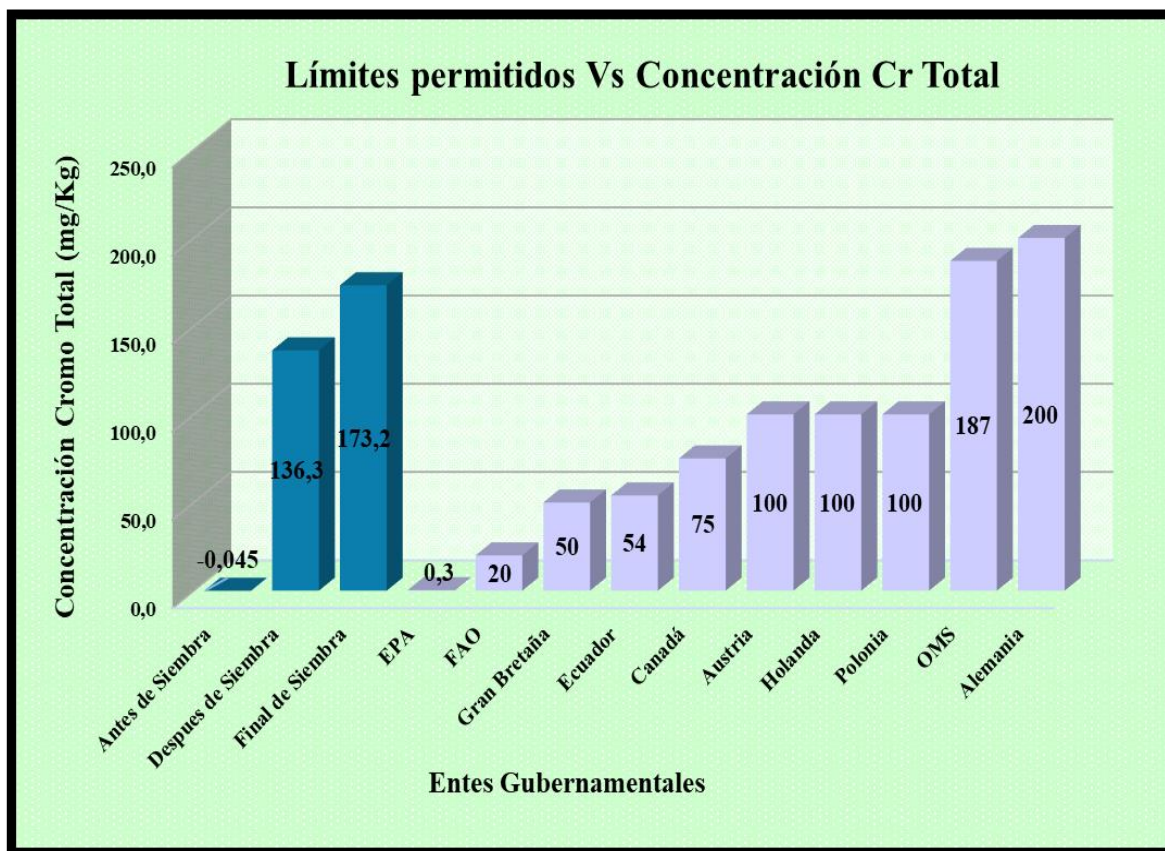
Ilustración 11. Puntos de muestreo para la determinación de cromo total en suelo.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 11), se puede evidenciar el registro fotográfico desde la ubicación de los puntos de muestreo, referente a las muestras de suelo, provenientes del invernadero y la vereda, hasta la cuantificación de cromo total.

Gráfico 17. Comparación entre la concentración obtenida de cromo total del suelo, en función de los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.




Nota. Autores (2023)

8.2.5. Determinación de cromo VI

A continuación, en la (Tabla 14) se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo VI, en cada una de las muestras analizadas de suelo, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 12.B).

Tabla 14. Determinación de cromo VI en suelo proveniente del invernadero y vereda.

CONCENTRACIÓN DE CROMO VI EN LAS MUESTRAS DE SUELO							
Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Procedencia de la muestra	Promedio [Cr] (VI) (mg/Kg)	Método Determinación	Norma Nacional	Norma Internacional
17/07/2023	8:00 a.m.	Compuesta	Invernadero (A.S)	-0,002	Método SM 3500-B Cr Adaptado	No Aplica	FAO (2,5 mg/Kg)
23/07/2023	8:00 a.m.		Invernadero (D.S)	1,8			Perú

5/11/2023	9:00 a.m.	Puntual	Vereda (F.S)	2,6		(0,4 mg/Kg) Ecuador (2,5 mg/Kg) UK (10,0 mg/Kg) Canadá (8,0 mg/Kg)
						

Nota. Autores (2023)

Tomando en cuenta las concentraciones obtenidas de cromo VI, se puede evidenciar que la concentración de la muestra de suelo que hace referencia al final de la siembra (F.S), incumple los niveles máximos permitidos y establecidos por FAO, Perú y Ecuador. Dado que sobrepasa la concentración de cromo VI, en un aproximado de 0,1 mg/Kg a 2,2 mg /Kg para los tres límites expuestos.

Ahora, con respecto a la concentración de cromo VI en la muestra de suelo, antes de la siembra (A.S), se puede decir que cumple con casi todos los niveles máximos permisibles expuestos en la Tabla 14, en excepción de Perú, puesto que su norma establece que, en suelos agrícolas, se debe tener una concentración máxima de 0,4 mg/Kg para cromo VI. Es importante resaltar que Colombia no registra hasta el momento un marco legal asociado con los límites máximos permisibles para cromo VI. Por esta razón, se toma como referencia las normas internacionales para la regulación y control de este metal pesado.

Finalmente, se concluyó que la concentración cuantificada de cromo VI en la muestra de suelo proveniente del invernadero antes de la siembra (A.S), es menor al límite de cuantificación. Debido a que este se determinó y arrojó un resultado de 0,0278 mg/Kg y para el límite de detección 0,0083 mg/Kg. Por esta razón, se podría decir que el suelo antes de la siembra no posee una concentración significativa de cromo VI porque su cuantificación da por debajo de lo que detecta el método analítico aplicado.

Ilustración 12. Puntos de muestreo para la determinación de cromo VI en suelo.

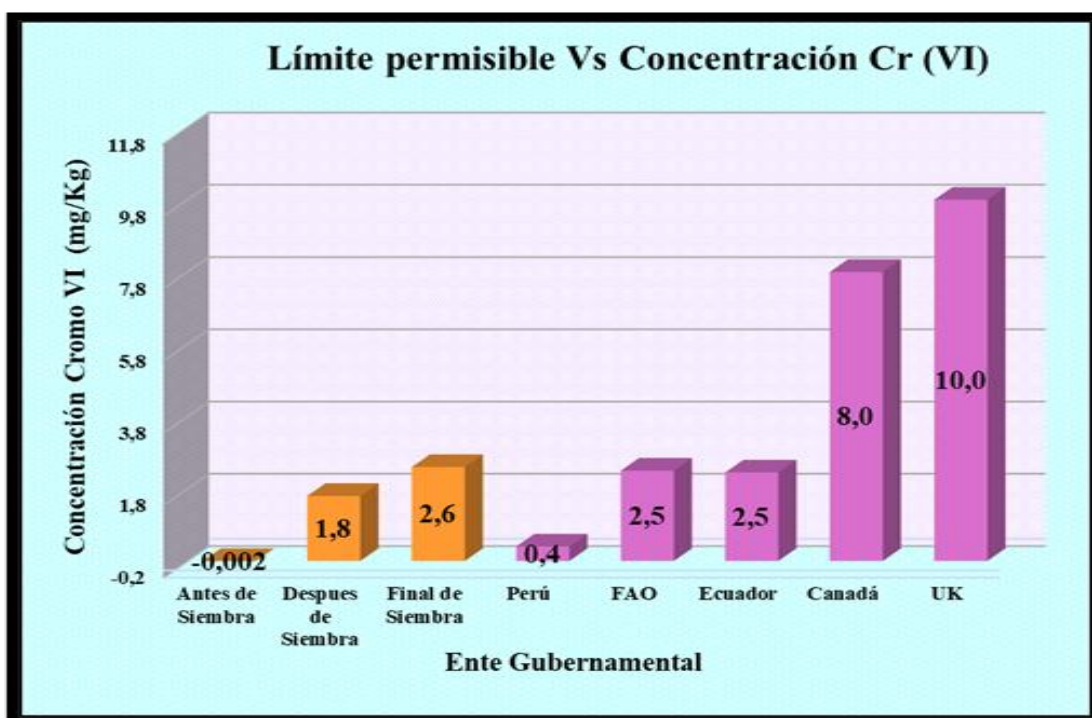


Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la ilustración 12, se puede evidenciar el registro fotográfico desde la ubicación de los puntos de muestreo, referente a las muestras de suelo, provenientes del invernadero y la vereda, hasta la cuantificación de cromo VI.

En este proceso investigación, se llevaron a cabo la recolección y análisis de muestras de suelo en la vereda de Bosatama. con el objetivo de determinar la presencia de cromo (VI) en el sustrato y, simultáneamente, evaluar la cantidad acumulada de este metal en dicha ubicación. La selección estratégica de Bosatama como área de muestreo se basó en su relevancia ambiental y en la necesidad de comprender el impacto potencial de la presencia de cromo en el suelo. Este enfoque integral no solo contribuirá a la identificación precisa de la contaminación por cromo, sino que también proporcionará información valiosa sobre las características del suelo y su capacidad para acumular este metal. Los resultados obtenidos fueron esenciales para evaluar la salud del ecosistema local y para diseñar medidas adecuadas de gestión ambiental que contribuyan a la preservación y restauración de los cultivos de la vereda Bosatama.

Gráfico 18. Comparación entre la concentración obtenida de cromo VI del suelo, en función de los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.2.6. Determinación de cromo III

Los resultados finales de la determinación de cromo III por el método de diferencia se muestran a continuación en la (Tabla. 15), para cada una de las muestras analizadas, las cuales se realizaron por triplicado. **Ver (Anexo 12.C).**

Tabla 15. Determinación de cromo III en suelo proveniente del invernadero y vereda.

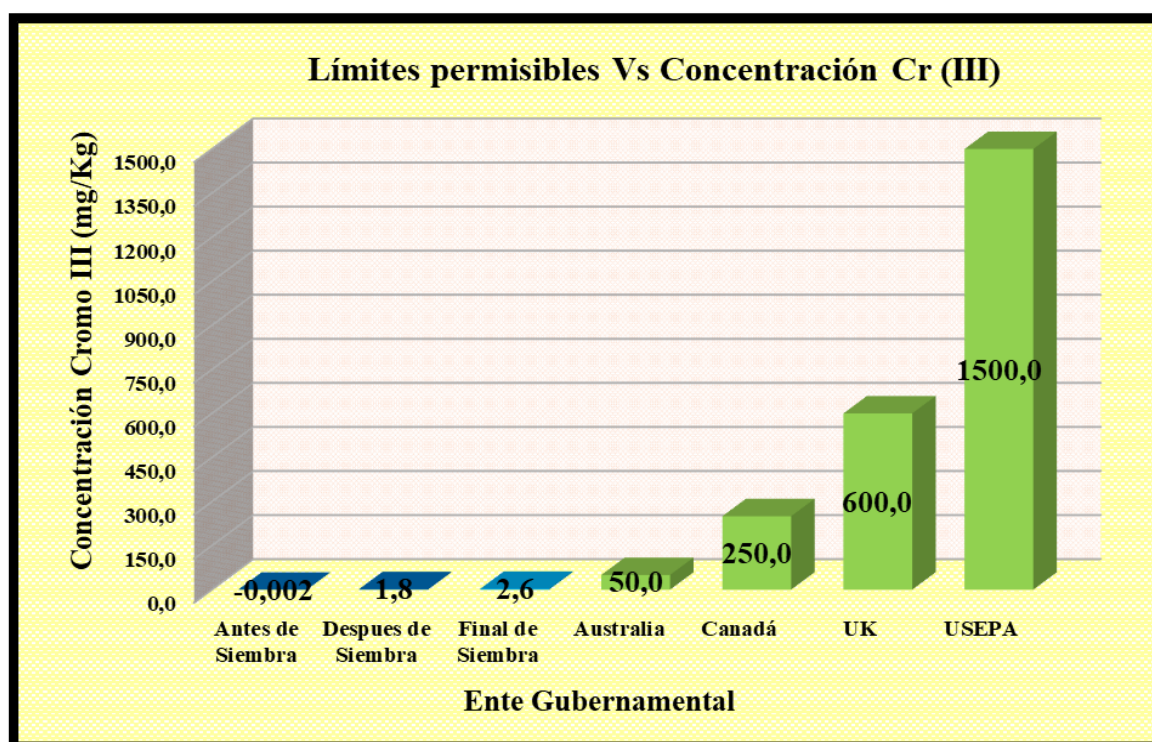
DETERMINACIÓN DE CROMO III EN LAS MUESTRAS DE SUELO						
Procedencia de la muestra	Promedio [Cr] Total (mg/Kg)	Promedio [Cr] (VI) (mg/Kg)	Promedio [Cr] (III) (mg/Kg)	Método Determinación	Norma Nacional	Norma Internacional
Invernadero (A.S)	-0,045	-0,002	-0,043	Por Diferencia	No aplica	Australia (50 mg/Kg)
Invernadero (D.S)	136,3	1,8	134,5			Canadá (250 mg/Kg)
Vereda (F.S)	173,2	2,6	170,6			UK (600 mg/Kg)
						USEPA (1500 mg/Kg)

Nota. Autores (2023)

En consecuencia, a la determinación de cromo Total y VI, se puede concluir que las concentraciones determinadas de cromo III en las dos últimas muestras de suelo analizadas, son relativamente altas con respecto a las concentraciones de cromo VI. Por esta razón, se considera que la especie mayoritaria de cromo presente en el suelo es la trivalente (III) para ambos casos. Sin embargo, las regulaciones asociadas a los niveles permisibles legales para cromo III en suelo agrícola, no están establecidas por las agencias gubernamentales, a nivel nacional, mientras que a nivel internacional se encuentran algunas que son exigidas por países desarrollados, las cuales parecen en la Tabla 15. Por esta razón, se tomaron como referencias entes gubernamentales como ANZECC / NHMRC (1992), CCME (1990), UK Department of Environment (1987) y USEPA (1993), los cuales fueron clasificados por Sinduja et al. (2022).

Finalmente, de este análisis se puede concluir que la concentración de cromo III para las dos últimas muestras de suelo, referentes al después y final de la siembra (D.S y F.S), sobrepasan el límite permisible establecido por Australia, mientras que en los demás casos los cumple, dado que son mucho más amplios los límites permisibles para cromo III en suelos agrícolas.

Gráfico 19. Comparación entre la concentración obtenida de cromo III del suelo, en función de los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.2.7. Determinación del índice de contaminación

Para evaluar el índice de contaminación del suelo proveniente del invernadero y la vereda, se calculó el Factor de Enriquecimiento (EF), el Factor de Contaminación (CF) y el Índice de Riesgo Ecológico Potencial (PERI). Cada uno se determinó tomando como referencia a Islam et al. (2020), el cual expone en *The International Journal: Marine Pollution Bulletin. Volumen 160*, la importancia que tiene los índices de contaminación, debido a que son herramientas valiosas y utilizadas para evaluar la magnitud de la contaminación y los posibles riesgos ecológicos asociados con la contaminación por metales pesados en sedimentos y ambientes acuáticos.

Tabla 16. Determinación del índice de contaminación del suelo proveniente del invernadero y vereda.

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN EN LAS MUESTRAS DE SUELO						
Procedencia de la muestra	[Cr] Total. (mg/Kg)	[Cr] Referencia suelo agrícola. (mg/Kg)	[Cr] Referencia preindustrial. (mg/Kg)	EF	CF	PERI
Invernadero (D.S)	136,3	100	90	1,36	1,51	3,02
Vereda (F.S)	173,2			1,73	1,92	3,84

Nota. Autores (2023)

Según la información expuesta en la (Tabla 16), se concluyó que el suelo del invernadero, después de la siembra (D.S), tiene un Factor de Enriquecimiento (EF) de 1,36, lo cual indica que la acumulación de cromo en este suelo es mínima porque de acuerdo con la clasificación propuesta por Islam et al. (2020), un valor de EF menor a 2,0 señala un enriquecimiento deficiente del metal pesado. Esto mismo ocurre para el suelo proveniente de la vereda, puesto que el EF arrojó un valor de 1,73. Sin embargo, se evidencia un incremento en estos dos valores, por lo que se podría asumir que existe una acumulación probablemente de cromo en el suelo de vereda, es decir al final de la siembra.

Ahora con respecto al Factor de Contaminación (CF), se dedujo que el suelo proveniente del invernadero posee un grado de contaminación moderado de cromo, porque según la clasificación de Islam et al. (2020), todo valor de CF que quede dentro del rango de 1,0 a 3,0, se clasifica como un suelo de magnitud moderada con respecto a la concentración del metal pesado en estudio. De igual manera, sucede con el suelo que es proveniente de la vereda, ya que su CF, corresponde a un valor que queda dentro del rango establecido. Pero si se comparan los dos CF, existe un aumento del grado de contaminación para dicho metal.

Por último, se infirió que el índice de Riesgo Ecológico Potencial (PERI) referente al suelo del invernadero es menor que el de la vereda, lo que significa que este último seguramente tiene

un índice de contaminación integral mayor debido al cromo que se acumula. En este caso el riesgo ambiental para este metal pesado en los dos suelos es bajo, según Islam et al. (2020), el cual dice que aquellos valores que den por debajo 40, se clasifican como de bajo Riesgo Ecológico Potencial.

En efecto a este análisis, es importante mencionar que la concentración de cromo para suelos agrícolas no contaminados se tomó de Vargas et al. (2004) y para la preindustrial a Hakanson (1979)

8.2.8. Análisis de tejido vegetal completo

En el análisis de tejido vegetal completo, se determinó el % de cenizas totales en base seca, y se cuantificó la presencia de cromo (VI y III), teniendo en cuenta que para cada análisis se utilizó muestras completas de la plántula, es decir suelo, raíz, tallo y hoja de la acelga, por semana, desde el inicio de la siembra que hace referencia a la semana 0 hasta la semana 14. Todas ellas fueron recolectadas en el invernadero Bosa San Bernardino de un mismo semillero de 200 plántulas.

8.2.9. Determinación de % de cenizas totales en base seca

A continuación, en la (Tabla 17) se evidencian los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas en cada una de las muestras analizadas; dado que, se hicieron lecturas por triplicado. Ver (Anexo 9.B).

Tabla 17. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal proveniente del invernadero.

DETERMINACIÓN DEL % CENIZAS EN TEJIDO VEGETAL COMPLETO							
Semana	Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Promedio % Cenizas Totales base seca	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
0	17/07/2023	7:00 a.m.	Compuesto	0,29	AOAC 923.023 Adaptado	No Aplica	No Aplica
1	24/07/2023	7:00 a.m.		2,28			
2	31/07/2023	7:00 a.m.		3,20			
3	7/08/2023	7:00 a.m.		3,78			
4	14/08/2023	7:00 a.m.		4,47			
5	21/08/2023	7:00 a.m.		8,40			
6	28/08/2023	7:00 a.m.		8,59			

7	4/09/2023	7:00 a.m.	8,99		
8	11/09/2023	7:00 a.m.	9,29		
9	18/09/2023	7:00 a.m.	9,73		
10	25/09/2023	7:00 a.m.	10,11		
11	2/10/2023	7:00 a.m.	10,59		
12	9/10/2023	7:00 a.m.	11,28		
13	18/10/2023	7:00 a.m.	11,78		
14	23/10/2023	7:00 a.m.	12,19		

Nota. Autores (2023)

Teniendo en cuenta la información planteada en la (Tabla 17), se puede apreciar que el porcentaje de cenizas totales en base seca es mayor a medida que se avanzó en las semanas. Por lo tanto, se podría concluir que el tejido vegetal completo, posee un significativo contenido de minerales y compuestos inorgánicos en el tejido vegetal de la acelga. Esto es debido posiblemente a los diferentes factores que se ven implicados durante el crecimiento de la acelga, como el tipo de abono que utilizan inicialmente para sembrar, el agua de riego y la aplicación de fertilizantes. No obstante, la calidad del agua de riego es relevante en este caso porque puede contener minerales disueltos que se acumulan en las plantas, afectando el porcentaje de cenizas.

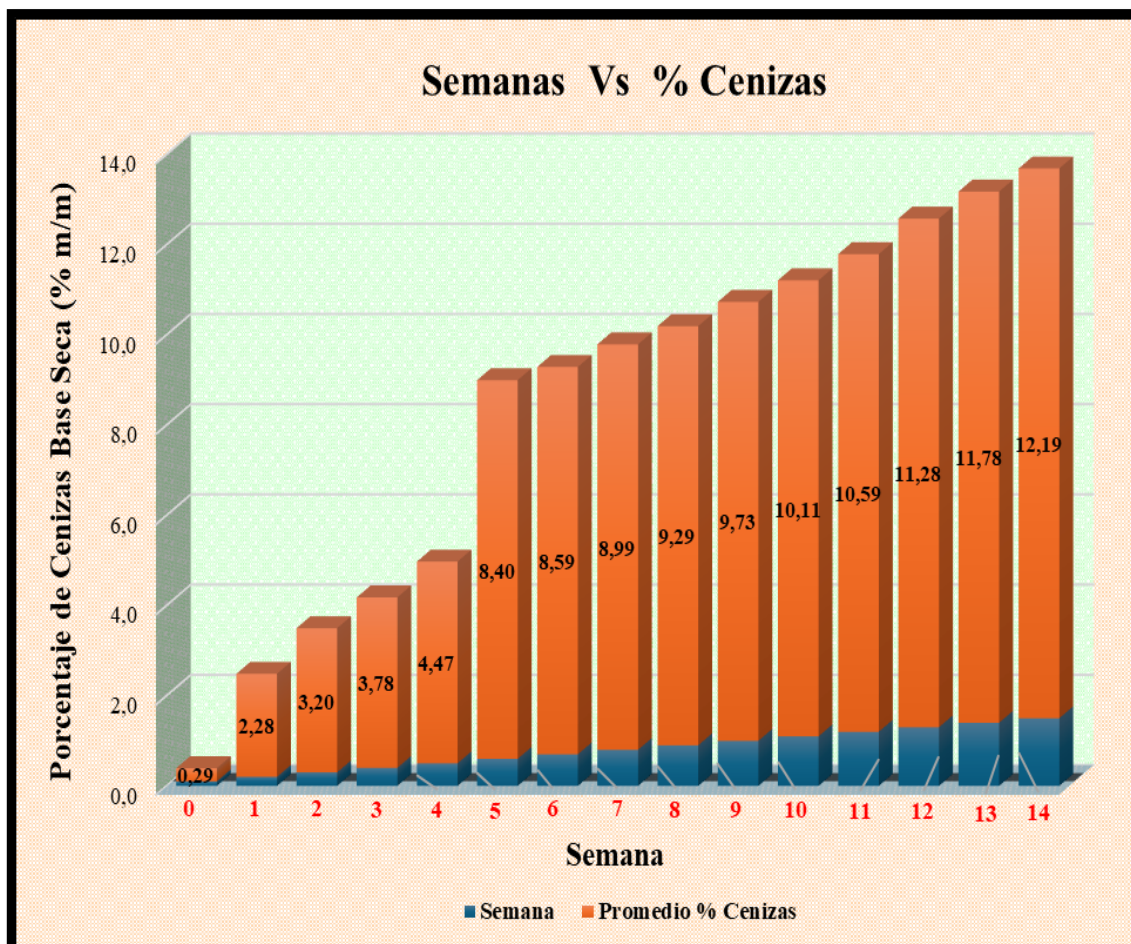
Ilustración 13. Puntos de muestreo para la determinación del % de cenizas totales en base seca.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 13), se puede evidenciar el registro fotográfico desde la ubicación de los puntos de muestreo, referente al tejido vegetal de la acelga proveniente del invernadero, hasta la cuantificación del porcentaje de cenizas totales en base seca.

Gráfico 20. Incremento del % de cenizas en función de las semanas de control.



Nota. Autores (2023)

8.2.9. Determinación de cromo total

A continuación, en la Tabla 18 se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo total, en cada una de las muestras analizadas de tejido vegetal, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (anexo 13.A). Dado que la semilla aportó 16,8 mg/ Kg y el suelo 136,3 mg/Kg, es importante mencionar que los siguientes resultados obtenidos son reportados anulando el aporte de cromo total de la semilla (semana 0) y el suelo (D.S), con el fin de analizar únicamente la acumulación de este metal pesado en el tejido vegetal compuesto por raíz, tallo y hoja. Ver (Anexo 13.D).

Tabla 18. Determinación de cromo total en el tejido vegetal proveniente del invernadero

DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL EN TEJIDO VEGETAL COMPLETO							
Semana	Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Promedio [Cr] Total (mg/Kg)	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
0	17/07/2023	7:00 a.m.	Compuesto	16,8	Método SM 3111-B 3030-E1 Adaptado	FAO/WHO (5,0 mg/Kg) CHINA (0,5 mg/Kg)	No Aplica
1	24/07/2023	7:00 a.m.		61,2			
2	31/07/2023	7:00 a.m.		101,8			
3	7/08/2023	7:00 a.m.		175,4			
4	14/08/2023	7:00 a.m.		221,2			
5	21/08/2023	7:00 a.m.		229,6			
6	28/08/2023	7:00 a.m.		247,0			
7	4/09/2023	7:00 a.m.		263,2			
8	11/09/2023	7:00 a.m.		287,5			
9	18/09/2023	7:00 a.m.		316,8			
10	25/09/2023	7:00 a.m.		334,9			
11	2/10/2023	7:00 a.m.		350,5			
12	9/10/2023	7:00 a.m.		374,7			
13	18/10/2023	7:00 a.m.		403,8			
14	23/10/2023	7:00 a.m.		445,4			

Nota. Autores (2023)

Los resultados expuestos en la (Tabla 18), demostraron un incremento de cromo total durante las 14 semanas analizadas. Lo que significa que probablemente el cromo se está fijando en el tejido vegetal de la acelga. Además, todos los valores reportados incumplen, debido a que son superiores a los dos límites de referencia establecidos por FAO/WHO tomado de Ametepey et al. (2018) y la Norma Nacional de Seguridad Alimentaria de China tomada de Yu et al. (2023).

Ilustración 14. Determinación de cromo total en el tejido vegetal completo.

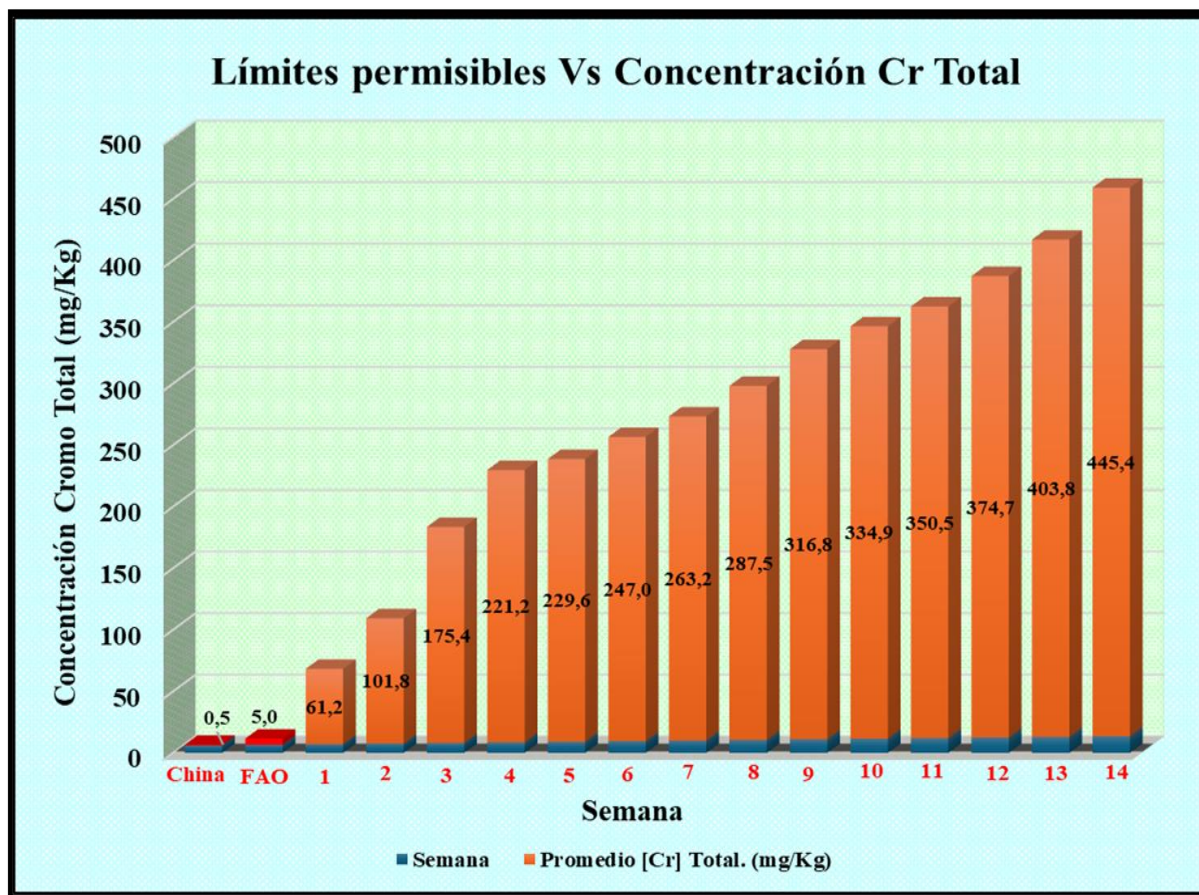


Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 14), se puede evidenciar el registro fotográfico referente al tejido vegetal de la acelga proveniente del invernadero, hasta la cuantificación de cromo total.

En este caso, se procedió a la recolección de todas las plántulas de acelga originadas en el invernadero Bosa San Bernardino. Dichas plántulas exhibieron variaciones significativas en su tamaño conforme avanzaba su proceso de crecimiento. Esta variabilidad dimensional podría atribuirse a diversos factores, tales como las condiciones ambientales del invernadero, la calidad del suelo utilizado o incluso posibles variaciones genéticas. La recolección exhaustiva de estas plántulas no solo facilitó el análisis detallado de su desarrollo, sino que también permitió obtener datos más representativos para evaluar la presencia de cromo y otros elementos en el tejido vegetal.

Gráfico 21. Comparación entre la concentración obtenida de cromo total del tejido vegetal, en función de las semanas y los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

8.3. Determinación de cromo VI

A continuación, en la (Tabla 19) se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo VI en cada una de las muestras analizadas de tejido vegetal, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 13.B). Dado que la semilla aportó 1,2 mg/ Kg y el suelo 1,8 mg/Kg, es importante mencionar que los siguientes resultados obtenidos son reportados anulando el aporte de cromo total de la semilla (semana 0) y el suelo (D.S), con el fin de analizar únicamente la acumulación de este metal pesado en el tejido vegetal compuesto por raíz, tallo y hoja. Ver (Anexo 13.D).

Tabla 19. Determinación de cromo VI en el tejido vegetal proveniente del invernadero

DETERMINACIÓN DE CROMO VI EN TEJIDO VEGETAL COMPLETO							
Semana	Fecha de recolección	Hora	Tipo de muestreo	Promedio [Cr] (VI) (mg/Kg)	Método Determinación	Norma Internacional	Norma Nacional
0	17/07/2023	7:00 a.m.	Compuesto	1,2	Método SM 3500-B Cr Adaptado	ELIKA (1,0 mg/Kg)	No Aplica
1	24/07/2023	7:00 a.m.		0,1			
2	31/07/2023	7:00 a.m.		0,3			
3	7/08/2023	7:00 a.m.		0,5			
4	14/08/2023	7:00 a.m.		0,8			
5	21/08/2023	7:00 a.m.		1,0			
6	28/08/2023	7:00 a.m.		1,3			
7	4/09/2023	7:00 a.m.		1,5			
8	11/09/2023	7:00 a.m.		1,7			
9	18/09/2023	7:00 a.m.		1,9			
10	25/09/2023	7:00 a.m.		2,3			
11	2/10/2023	7:00 a.m.		2,6			
12	9/10/2023	7:00 a.m.		3,5			
13	18/10/2023	7:00 a.m.		3,9			
14	23/10/2023	7:00 a.m.		4,3			

Nota. Autores (2023)

En este caso, se analizó que la concentración de cromo VI al igual que la concentración de cromo total aumento en el tejido vegetal de acelga durante toda la trazabilidad de su respectivo crecimiento. Por lo tanto, al comparar cada una de las concentraciones de cromo VI con la norma Vasca ELIKA y expedida por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), se concluyó que supera el límite máximo permitido la plántula a partir de la semana 6 hasta la semana 14. Lo cual quiere decir que no cumple con este parámetro de calidad y se asume que esta especie de cromo se está acumulando en las partes comestibles y no comestibles de la acelga.

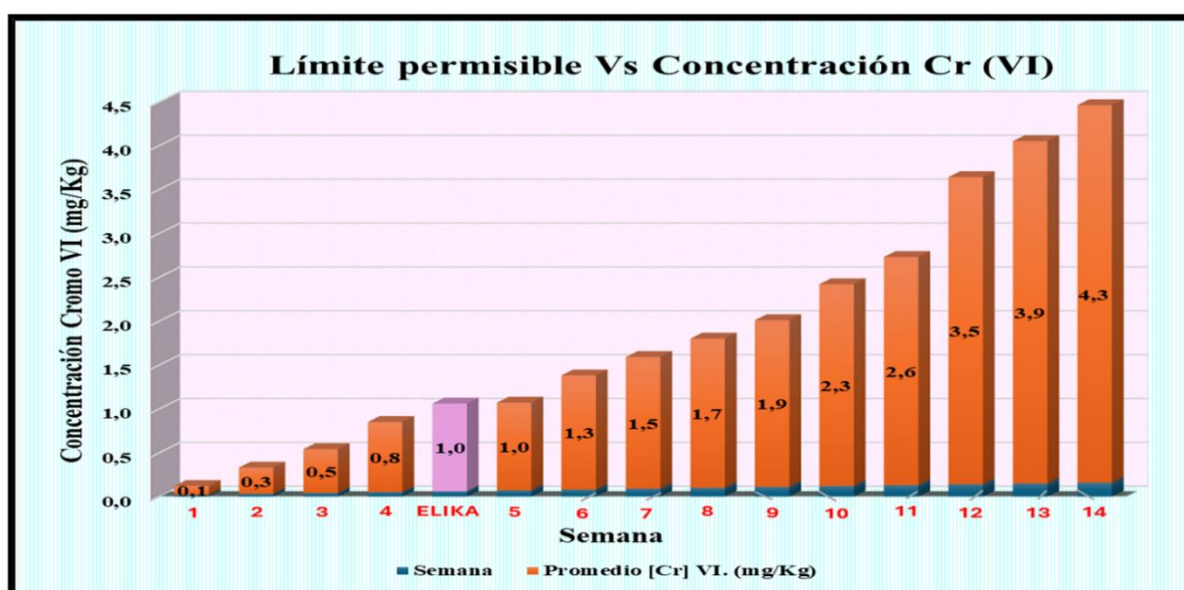
Ilustración 15. Determinación de cromo total en tejido vegetal completo.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 15), se puede evidenciar el registro fotográfico referente al tejido vegetal de la acelga proveniente del invernadero, hasta la cuantificación de cromo total.

Gráfico 22. Comparación entre la concentración obtenida de cromo VI del tejido vegetal, en función de las semanas y el límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.3.1. Determinación de cromo III

Finalmente, se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo III en cada una de las muestras de tejido vegetal correspondientes a la acelga. las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 13.C). Dado que la semilla aportó 15,6 mg/ Kg y el suelo 134,5 mg/Kg, es importante mencionar que los siguientes resultados obtenidos son reportados anulando el aporte de cromo total de la semilla (semana 0) y el suelo (D.S), con el fin de analizar únicamente la acumulación de este metal pesado en el tejido vegetal compuesto por raíz, tallo y hoja. Ver (Anexo 13.D).

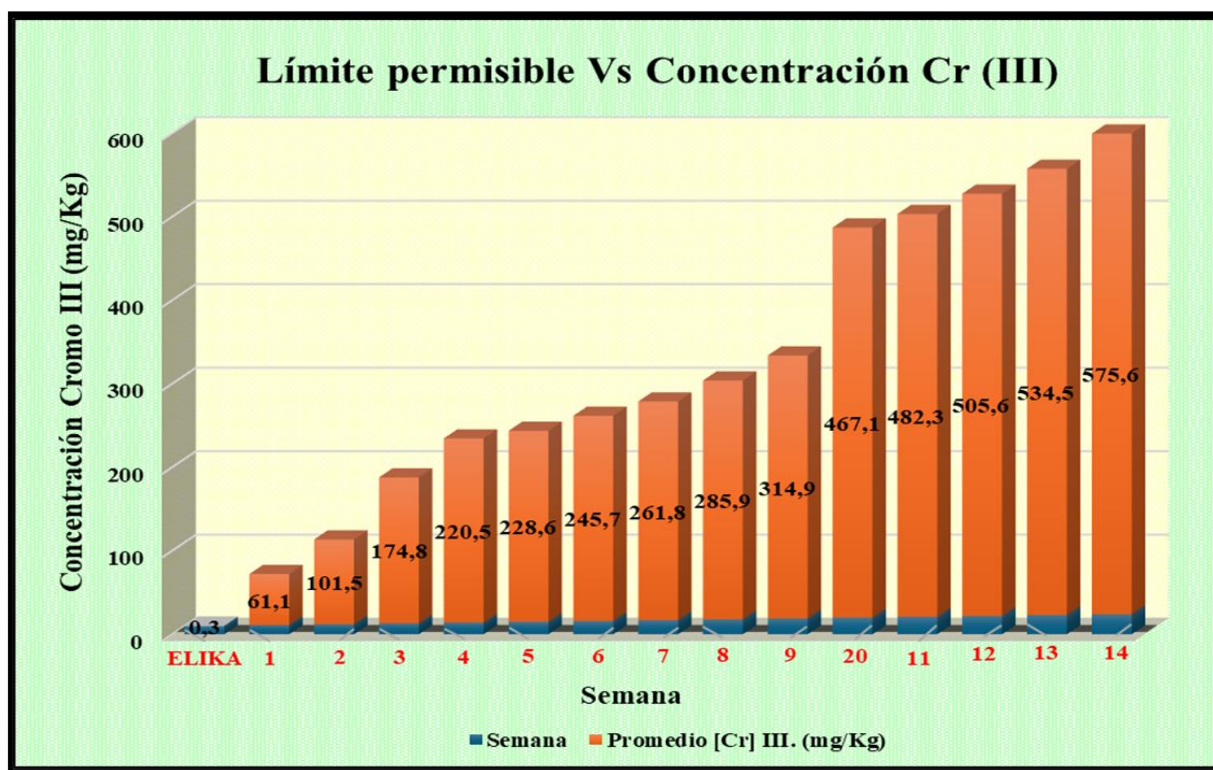
Tabla 20. Determinación de cromo III en el tejido vegetal proveniente del invernadero.

DETERMINACIÓN DE CROMO III EN TEJIDO VEGETAL					
Semana	Promedio [Cr] (Total) (mg/Kg)	Promedio [Cr] (VI) (mg/Kg)	Promedio [Cr] (III) (mg/Kg)	Método Determinación	Normas
0	16,8	1,2	15,6	Por Diferencia	Internacional ELIKA (0,3 mg/Kg) Nacional No Aplica
1	197,5	0,1	197,4		
2	238,1	0,3	237,8		
3	311,7	0,5	311,2		
4	357,5	0,8	356,7		
5	229,6	1,0	228,6		
6	247,0	1,3	245,7		
7	263,2	1,5	261,7		
8	287,5	1,7	285,8		
9	316,8	1,9	314,9		
10	334,9	2,3	332,6		
11	350,5	2,6	347,9		
12	374,7	3,5	371,2		
13	403,8	3,9	399,9		
14	445,4	4,3	441,1		

Nota. Autores (2023)

De acuerdo con las concentraciones de cromo III, expuestas en la (Tabla 20), se puede destacar que esta especie de cromo es la más abundante en el tejido vegetal de la acelga, en comparación de la hexavalente (VI). Sin embargo, se evidencian concentraciones significativamente elevadas de cromo III con respecto al límite estándar permitido por ELIKA, el cual define un valor de ingesta tolerable (IDT) de 0,3 mg/Kg de peso corporal por día para el cromo III. Por esta razón, no cumplen con este parámetro de calidad durante las 14 semanas, dado que entre ellas se observa un incremento de acumulación para este metal.

Gráfico 23. Comparación entre la concentración obtenida de cromo III del tejido vegetal, en función de las semanas y el límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.3.2. Análisis de tejido vegetal por partes

En este análisis, se determinó el % de cenizas totales en base seca, y se cuantificó de manera individual la presencia de cromo (VI y III), en la raíz, tallo y hoja de la acelga, correspondientes a la semana 15 y 16, es decir, durante su última etapa de crecimiento. En este caso se cocinó durante 30 minutos las partes comestibles de la acelga en la última semana, con el fin de analizar una existencia de reducción de cromo VI a cromo III. Se destaca que todas las muestras fueron recolectadas en la vereda Bosatama del mismo cultivo, en donde se continuo con el crecimiento de la acelga.

8.3.3. Determinación de % de cenizas totales en base seca

A continuación, en la (Tabla 21) se evidencian los resultados obtenidos del porcentaje de cenizas en cada una de las muestras analizadas; dado que, se hicieron lecturas por triplicado. Ver (Anexo 9.E).

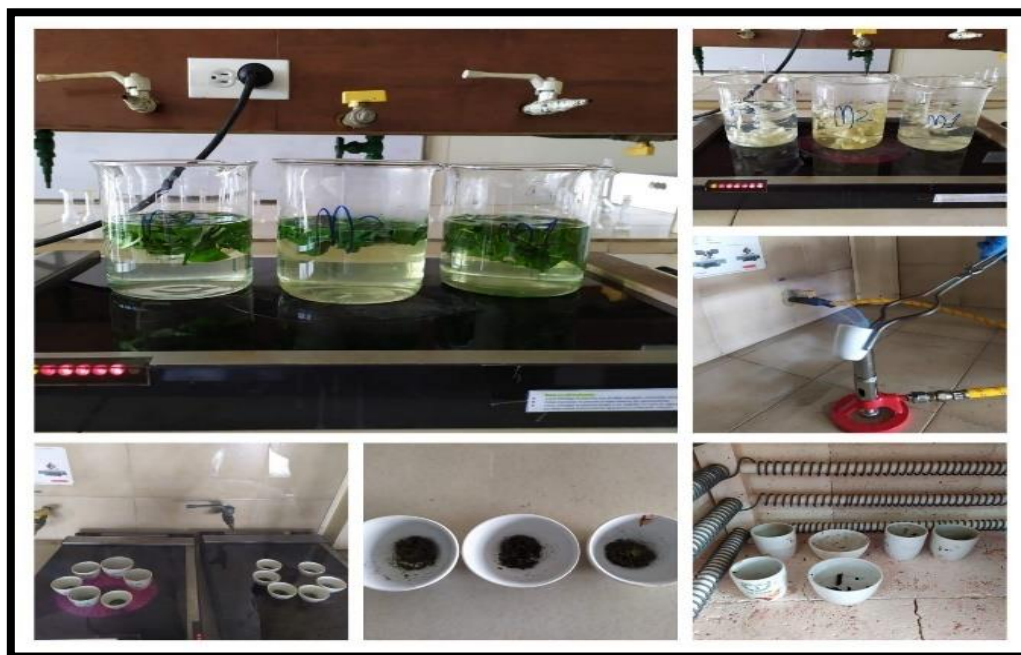
Tabla 21. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal por partes, proveniente de la vereda.

DETERMINACIÓN DEL % CENIZAS EN TEJIDO VEGETAL POR PARTES								
Semana	Fecha de recolección	Hora	Tejido Vegetal	Estado de cocción	Tipo de Muestreo	Promedio % Cenizas totales base seca	Método Determinación	Normas
15	30/10/2023	7:00 a.m.	Raíz	Crudo	Puntual	2,7	AOAC 923.023 Adaptado	Internacionales No Aplica Nacionales No Aplica
			Tallo			1,1		
			Hoja			1,3		
16	6/10/2023	7:00 a.m.	Raíz	Crudo	Puntual	3,0		
			Tallo			1,5		
			Hoja			1,6		
			Tallo	Cocido		1,2		
			Hoja			1,4		

Nota. Autores (2023)

Como se evidencia en la (Tabla 21), el porcentaje de cenizas del tejido vegetal con respecto a la semana 15 y 16, es mayor en la raíz en comparación con el tallo y la hoja de la acelga. Según Zumbado (2022), esto significa que la raíz de este alimento hortícola contiene proporciones relativamente altas de minerales inorgánicos en relación con su peso total. Además, se podría inferir que la acelga probablemente esta almacenado más minerales en la parte no comestible, dado que el proceso de nutrición en las plantas se distingue por la responsabilidad que tiene las raíces en absorber nutrientes del suelo, incluyendo los minerales. Sin embargo, Margulis y Sagan (2008), menciona que la raíz también absorbe agua y sales minerales por unas células particulares llamadas pelos absorbentes ubicados en la zona pilífera.

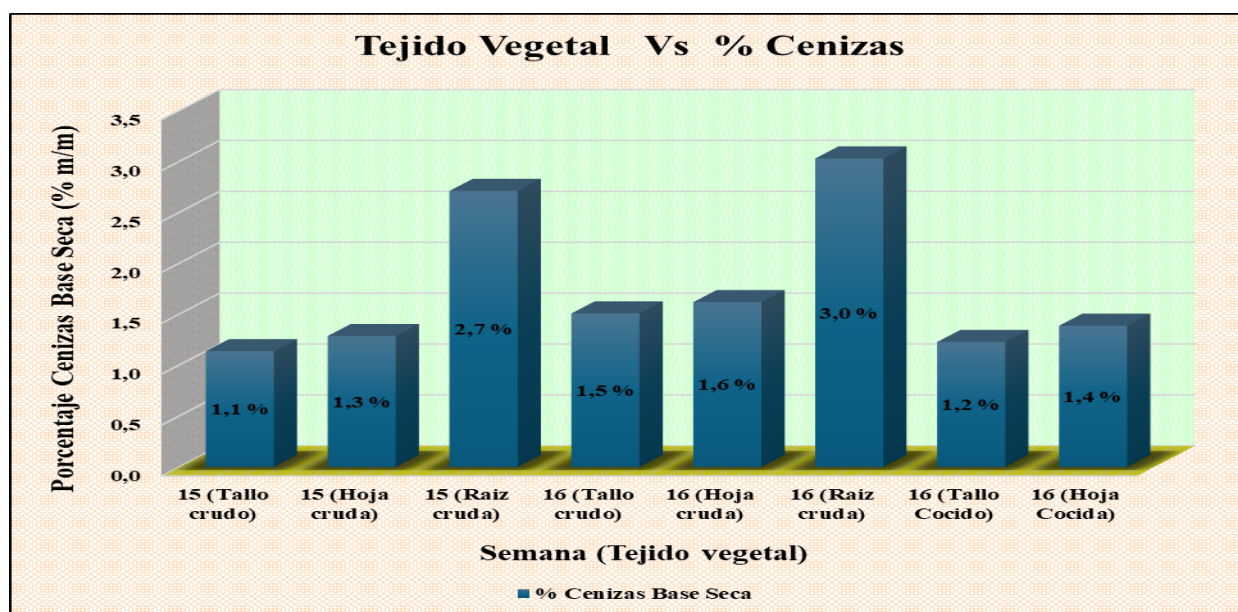
Ilustración 16. Tratamiento de la muestra para la determinación del % de cenizas totales en base seca.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 16), se puede evidenciar el registro fotográfico desde el tratamiento de la muestra, referente al tejido vegetal de la acelga recolectado en la vereda, hasta la cuantificación del porcentaje de cenizas totales en base seca.

Gráfico 24. Incremento del % de cenizas en función de las semanas 15 y 16.



Nota. Autores (2023)

8.3.4. Determinación de cromo total

A continuación, en la (Tabla 22) se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo total en cada una de las muestras analizadas de tejido vegetal por separado, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 16.A). En esta instancia como la semilla arrojó previamente 16,8 mg/Kg y el suelo de vereda 173,2 mg/Kg de cromo total. Se anularon estas dos concentraciones a la concentración total de la semana 15 y 16; con el objetivo de analizar cuanto cromo se acumula al momento de ser consumida la acelga. Ver (Anexo 16.D).

Tabla 22. Determinación de cromo total en el tejido vegetal por partes.

DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL EN EL TEJIDO VEGETAL POR PARTES								
Semana	Fecha de recolección	Hora	Tejido Vegetal	Estado de cocción	Tipo de Muestreo	Promedio [Cr] Total (mg/Kg)	Método Determinación	Normas
15	30/10/2023	7:00 a.m.	Raíz	Crudo	Puntual	178,3	Método SM 3111-B 3030-E1 Adaptado	Internacional FAO/WHO (5,0 mg/Kg)
			Tallo			22,3		
			Hoja			5,6		
			Total			16,3		
16	6/10/2023	7:00 a.m.	Raíz	Crudo	Puntual	181,2	Método SM 3111-B 3030-E1 Adaptado	CHINA (0,5 mg/Kg)
			Tallo			10,4		
			Hoja			60,6		
			Total			62,2		
		7:00 a.m.	Tallo	Cocido	9,6	Método SM 3111-B 3030-E1 Adaptado		Nacional No Aplica
			Hoja		59,7			

Nota. Autores (2023)

En términos generales, se puede evidenciar en la Tabla 22, que la concentración de cromo se está acumulando en las tres partes del tejido vegetal. Esto representa una fijación significativa de este metal pesado, el cual se está transportando en el sistema suelo-planta, debido a que las concentraciones de la raíz son las más afectadas. Además, las partes comestibles de la acelga también se están viendo afectadas porque no basta con cocinar el tallo y la hoja para reducir las concentraciones de cromo. Aunque se halla reducido 0,8 mg/Kg en el tallo cocinado y 0,9 mg/Kg en la hoja cocida en la semana 16, implica graves consecuencias en el consumidor porque incumple los niveles máximos permitidos y establecidos por la FAO y La Norma Nacional de Seguridad de Alimentos expedida en China. Es importante destacar que la Resolución 4506 de 2013, que regula la presencia de metales pesados y otros contaminantes de alimentos en Colombia, no proporciona límites máximos específicos para el cromo en alimentos, incluida la acelga. Ante la ausencia de normativas nacionales se recurrió a las normas internacionales previamente mencionadas.

De acuerdo con Jano (2017), las plantas han evolucionado mecanismos altamente especializados para la absorción, traslocación y acumulación de nutrientes. No obstante, algunos

metales y metaloides no esenciales para las plantas pueden ser absorbidos y acumulados debido a similitudes en su comportamiento electroquímico con elementos nutritivos esenciales. Por esta razón, La discrepancia en los niveles de cromo entre las muestras podría deberse a una variedad de factores, como las prácticas de cultivo, el tipo de suelo, las condiciones ambientales y las fuentes de riego.

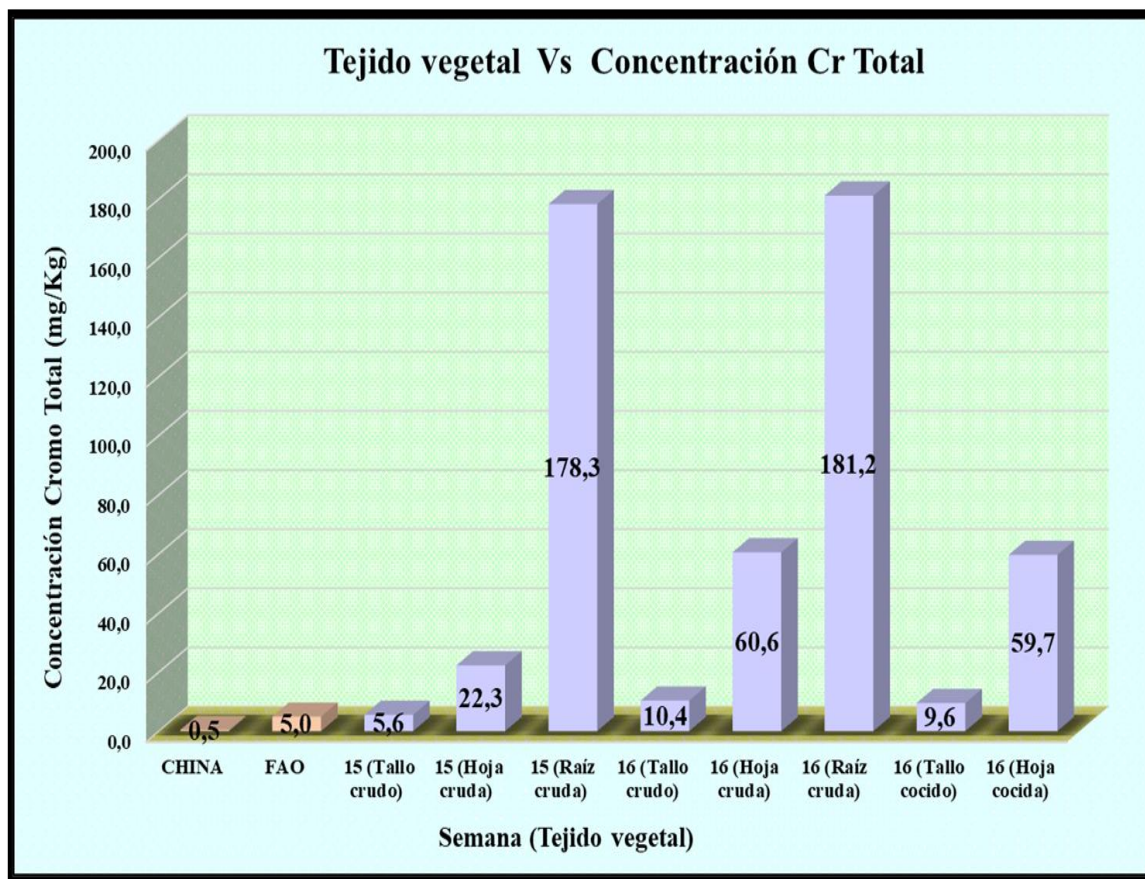
Ilustración 17. Determinación de cromo total en tejido vegetal por partes en la semana 15 y 16.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 17), se puede evidenciar el registro fotográfico desde el tratamiento de la muestra, referente al tejido vegetal de la acelga recolectado en la vereda, hasta la cuantificación de cromo total.

Gráfico 25. Comparación entre la concentración obtenida de cromo total del tejido vegetal por partes, en función de las dos últimas semanas y los límites máximos permitidos y establecidos por los entes gubernamentales a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.3.5. Determinación de cromo VI

A continuación, en la (Tabla 23) se evidencian los resultados obtenidos de la determinación de cromo VI en cada una de las muestras analizadas de tejido vegetal por separado, las cuales se realizaron por triplicado. Ver (Anexo 16.B). En este caso, como la semilla reporto previamente 1,22 mg/Kg y el suelo de vereda 2,60 mg/Kg de cromo VI. Se anularon estas dos concentraciones a la concentración total de la semana 15 y 16; con el objetivo de analizar cuanto cromo VI se acumuló en la acelga antes de ser consumida. Ver (Anexo 16.D).

Tabla 23. Determinación de cromo VI en el tejido vegetal por partes.

DETERMINACIÓN DE CROMO VI EN EL TEJIDO VEGETAL POR PARTES								
Semana	Fecha de recolección	Hora	Tejido Vegetal	Estado de cocción	Tipo de Muestreo	Promedio [Cr] (VI) (mg/Kg)	Método Determinación	Normas
15	30/10/2023	7:00 a.m.	Raíz	Crudo	Puntual	3,04	Método SM 3500-B	Internacional
			Tallo			0,22		

			Hoja		0,59	Cr Adaptado	ELIKA (1,0 mg/Kg) por peso corporal/ día
			Total		0,03		
			Raíz		3,09		
			Tallo		0,31		
16	6/10/2023	7:00 a.m.	Hoja		0,73		
			Total		0,31		
			Tallo	Cocido	0,28		
			Hoja		0,68		

Nota. Autores (2023)

Como se puede observar en la Tabla 23, la especie de cromo VI, probablemente se acumuló significativamente en las partes comestibles y no comestibles de la acelga. Esto señala que cada vez que se avanza en la semana las concentraciones de esta especie química aumentan, demostrando un riesgo para la salud humana. De acuerdo con García et al. (2020), uno de los principales mecanismos mediante los cuales los metales pesados ingresan al suelo agrícola y, consecuentemente, a las plantas cultivadas, es a través del agua utilizada en el riego. Por lo que se puede inferir que la presencia de este metal pesado en el tejido vegetal de la acelga está directamente relacionada con el tipo de agua que utilizan en el sistema o proceso de irrigamiento.

En efecto a lo anterior si se compara los resultados con la cantidad máxima diaria recomendada de cromo VI, expedida por la Fundación Vasca para la Seguridad Agroalimentaria (ELIKA) y aprobada en el 2020 por la red UFSA, se puede decir que quienes cumplen con este parámetro de calidad son las partes comestibles de la acelga tanto crudas como cocidas, mientras que la parte no comestible como la raíz, incumple debido a que supera el límite máximo establecido. Sin embargo, la población que consume este tipo de hortaliza debe tener precaución porque según ELIKA (2020), la ingesta de grandes cantidades de cromo VI de forma no moderada, ocasiona síntomas como vómitos, diarrea y anemia. A largo plazo, el consumo de dosis altas genera efectos significativos en diversos aspectos de la salud, incluyendo los neurológicos, hepáticos, renales, gastrointestinales, hematológicos, cardiovasculares y respiratorios. Además, diversos estudios científicos han detectado cáncer en pulmón y los senos nasales.

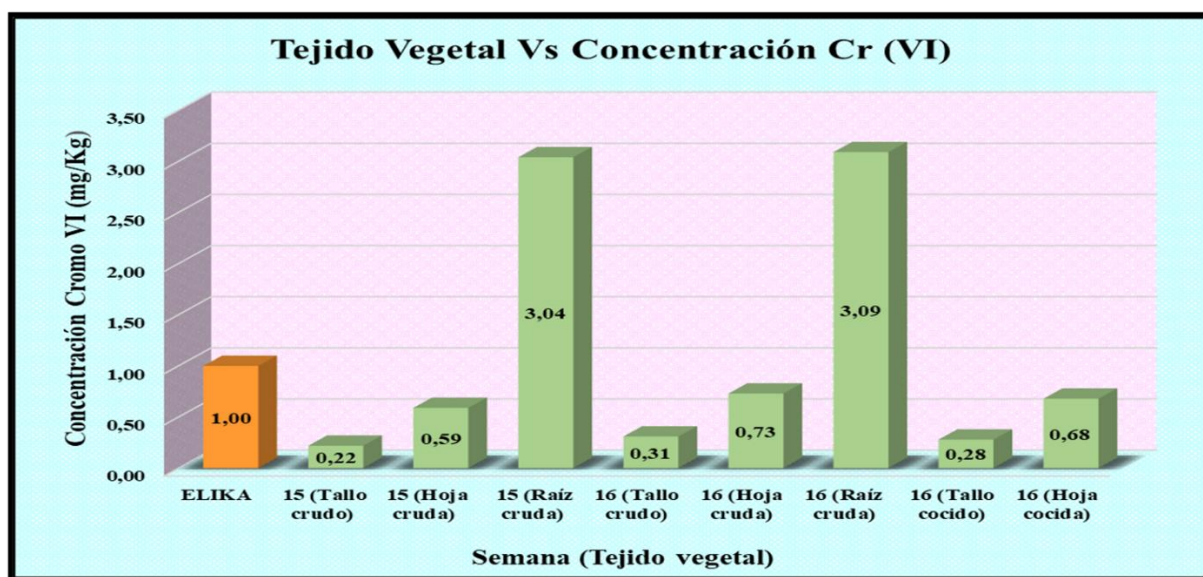
Ilustración 18. Determinación de cromo VI en tejido vegetal por partes en la semana 15 y 16.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

En la (Ilustración 18), se puede evidenciar el registro fotográfico desde el tratamiento de la muestra, referente al tejido vegetal de la acelga recolectado en la vereda, hasta la cuantificación de cromo VI.

Gráfico 26. Comparación entre la concentración obtenida de cromo VI del tejido vegetal por partes, en función de las dos últimas semanas y límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.3.6. Determinación de cromo III

Finalmente se presentan los resultados derivados de la cuantificación del cromo III en las muestras de tejido vegetal por partes, cada una de las cuales fue sometida a un análisis por triplicado, como se detalla en el (Anexo 16.C), es relevante destacar que, como la semilla previamente contribuyó con 15,60 mg/Kg y el suelo con 170,60 mg/Kg de cromo III, los resultados a continuación se exponen excluyendo la aportación total por parte de la semilla (semana 0) y el suelo de vereda (F.S); con el propósito de examinar exclusivamente la acumulación de esta especie química en el tejido vegetal por partes, antes de consumir la respectiva acelga. Consulte el (Anexo 16.D) para obtener más detalles.

Tabla 24. Determinación de cromo III en el tejido vegetal proveniente de la vereda.

DETERMINACIÓN DE CROMO III EN TEJIDO VEGETAL POR PARTES							
Semana	Tejido Vegetal	Estado de cocción	[Cr] Total (mg/Kg)	[Cr] (VI) (mg/Kg)	[Cr] (III) (mg/Kg)	Método Determinación	Normas
15	Raíz	Crudo	178,3	3,04	175,26	Por Diferencia	Internacional ELIKA (0,3 mg/Kg) por peso corporal/ día
	Tallo		5,6	0,22	5,38		
	Hoja		22,3	0,59	21,71		
	Total		16,2	0,03	16,15		
16	Raíz	Crudo	181,2	3,09	178,11		
	Tallo		10,4	0,31	10,09		
	Hoja		60,6	0,73	59,87		
	Total		62,2	0,31	61,87		
	Tallo	Cocido	9,6	0,28	9,32		
	Hoja		59,7	0,68	59,02		

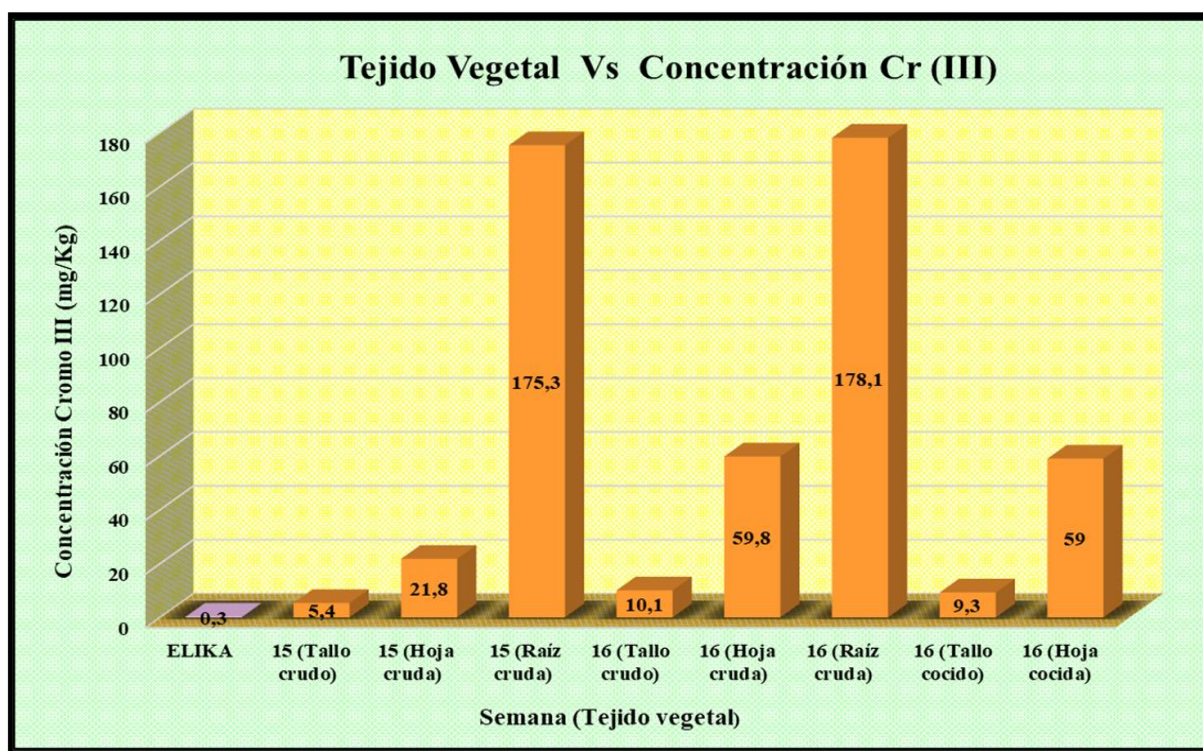
Nota. Autores (2023)

Según las concentraciones de cromo III, presentadas en la Tabla 24, se observa que esta especie química de cromo es la que más prevalece en el tejido vegetal de la acelga, en comparación con la especie hexavalente (VI). No obstante, se detectaron niveles de cromo III significativamente superiores al límite estándar establecido por ELIKA. Por lo tanto, ninguno de los valores reportados cumple con este criterio de calidad. lo cual indica que posiblemente la parte comestible de la acelga que incluye hoja y tallo tiene un exceso de cromo III, el cual podría verse bioacumulado de forma perjudicial en quienes consumen esta hortaliza. De acuerdo con lo que menciona Kapil y Keogh (2006), el cromo III es un nutriente esencial y a veces también considerado como un oligoelemento que puede llegar a ser toxico en grandes dosis, por esta razón la dosis diaria recomendada es de 0,05 mg a 0,2 mg. Sin embargo, hasta el momento no se

ha evidenciado que genere cáncer, pero si complicaciones agudas como gastrointestinales y renales.

Por otro lado, aunque parezca seguro cocinar los tallos y las hojas de las acelgas antes de consumirla por higiene, se concluye que no es suficientemente viable, puesto que no se suele eliminar por completo ninguna especie química de cromo. Realmente lo que se reduce en los tres casos es muy poco porque se evidencia valores significativamente altos después del proceso de cocción.

Gráfico 27. Comparación entre la concentración obtenida de cromo III del tejido vegetal por partes, en función de las dos últimas semanas y el límite máximo permitido y establecido por el ente gubernamental UFSA a nivel internacional.



Nota. Autores (2023)

8.3.7. Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

Por último, se trabajó un análisis de varianza de un solo factor al 95 % de probabilidad para analizar la bioacumulación de cromo en la acelga durante toda su etapa de crecimiento en el invernadero y la vereda, es decir desde la semana 1 hasta la semana 16. Teniendo en cuenta el triplicado de los datos previamente reportados de Cromo (VI y III). Así mismo, se realizó una segunda comparación con el proceso de cocción y finalmente con las acelgas provenientes de los diferentes supermercados de cadena, las cuales fueron analizadas por los futuros docentes de

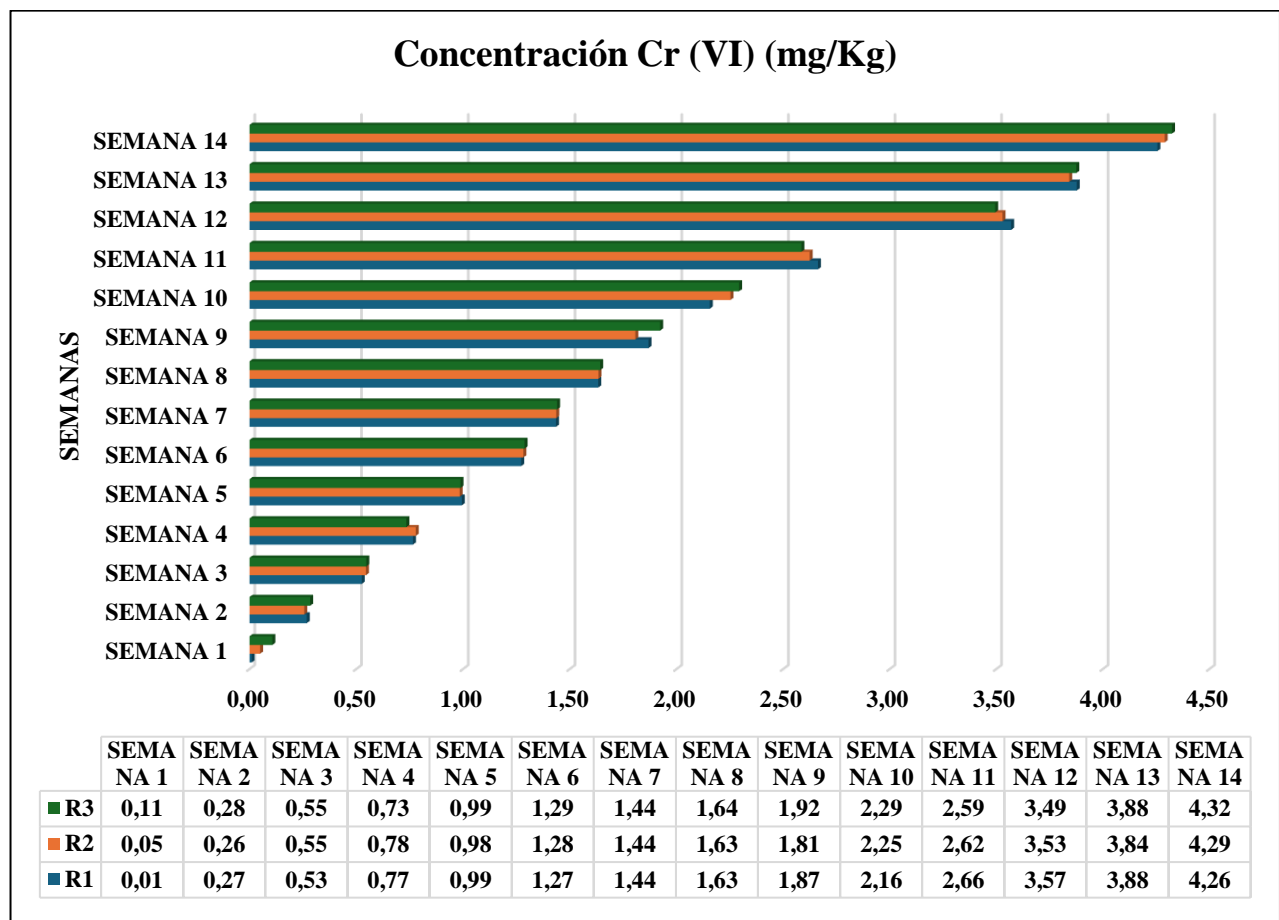
química en la etapa experimental. Ver (Anexo 18.A). Sin embargo, en este caso solo se presenta la comparación de la semana 0 hasta la semana 14 y de la semana 15 hasta la semana 16 en función del cromo VI, debido a que es la especie más toxica, la cual genera graves enfermedades en la población para las demás comparaciones ver (Anexo 17.A)

Tabla 25. Parámetros iniciales para la aplicación del ANOVA.

TIPO DE PRUEBA	ANOVA CLÁSICO DE UN FACTOR
H ₀	Todas las medias son iguales
H ₁	Una de las medias es diferente a las demás
Variante	Prueba de una cola
N.C	95%
a	0,05

Nota. Autores (2023)

Gráfico 28. Determinación de ANOVA desde la semana 1 hasta la semana 14 para cromo VI.



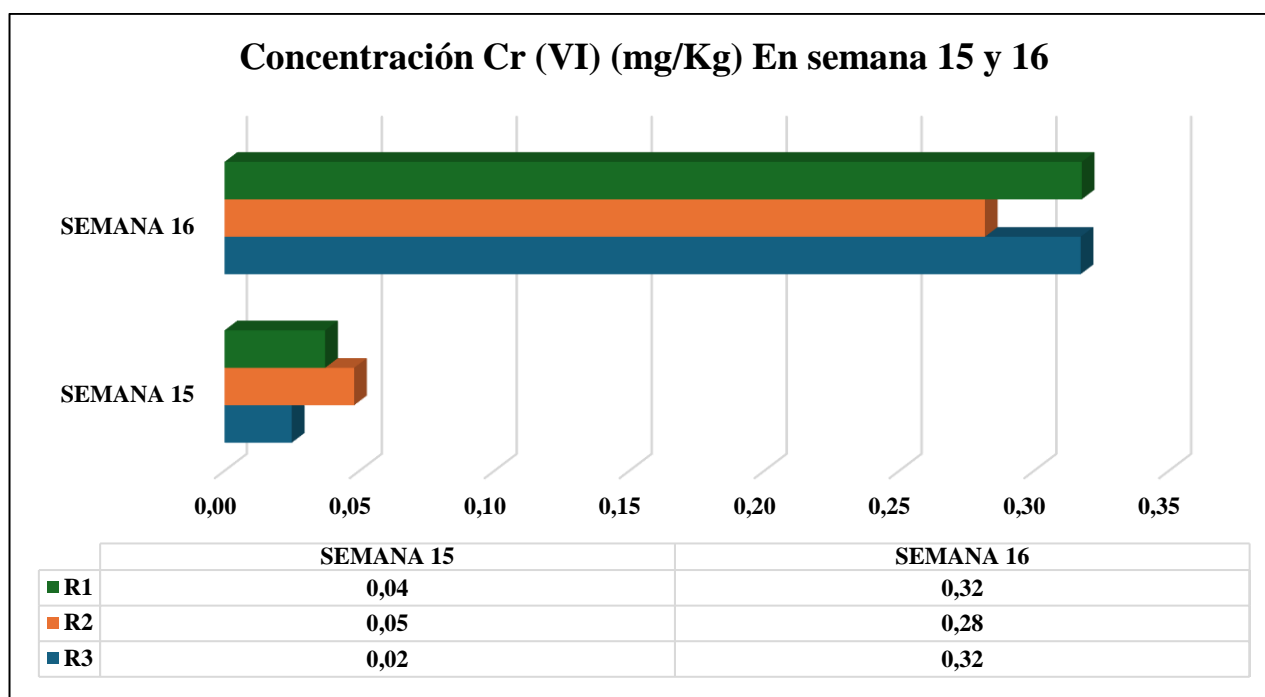
Nota. Autores (2023)

Tabla 26. Análisis de varianza de un factor para las concentraciones de cromo VI desde la semana 1 hasta la semana 14.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F _(Experimental)	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	70,42493	13	5,41730242	4688	3,99 x10 ⁻⁴³	2,08893
Dentro de los grupos	0,032356	28	0,00115556			
Total	70,45729	41				

Nota. Autores (2023)

Gráfico 29. Determinación de ANOVA desde la semana 15 hasta la semana 16 para cromo VI.



Nota. Autores (2023)

Tabla 27. Análisis de varianza de un factor para las concentraciones de cromo VI desde la semana 15 hasta la semana 16.

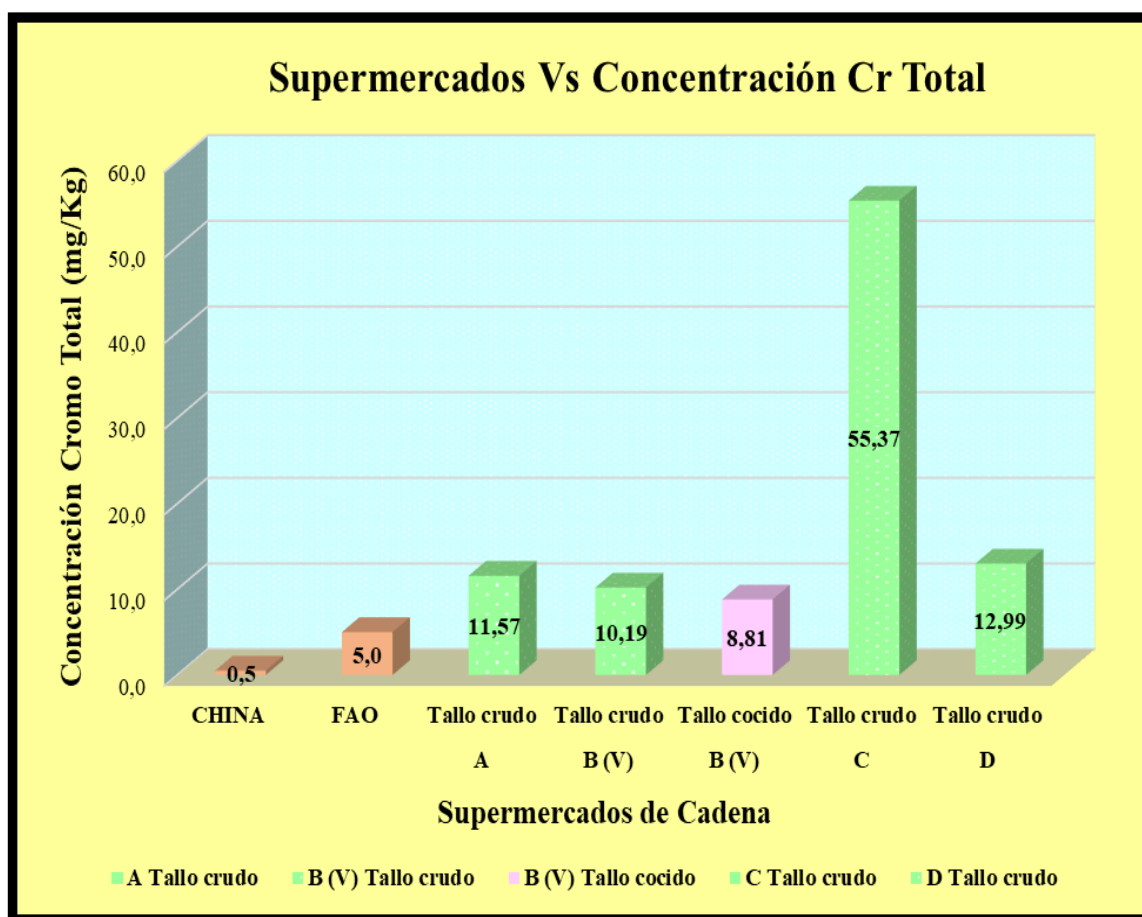
ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F _(Experimental)	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,10840	1	0,10841	387,89	3,92 x10 ⁻⁵	7,70865
Dentro de los grupos	0,00111	4	0,00028			
Total	0,10952	5				

Nota. Autores (2023)

8.3.8. Determinación de cromo total en acelgas de supermercados de cadena

En este apartado, se evidencia gráficamente el reporte de los resultados obtenidos por los futuros docentes de química durante la práctica de laboratorio. En este ejercicio, determinaron y evidenciaron en cuatro grupos de laboratorio la presencia de cromo total en el tejido vegetal de la acelga provenientes de reconocidos supermercados de Bogotá, centrándose específicamente en el tallo y la hoja, debido a que los supermercados comercializan de esta manera la respectiva hortaliza. Sin embargo, el supermercado B (V), hace referencia a la acelga proveniente de la vereda en su semana 16, mientras que en las demás si desconoce el tiempo, porque no se sabe con seguridad el tiempo que llevan en los supermercados de cadena.

Gráfico 30. Determinación de cromo total en tallo de acelga proveniente de supermercados.

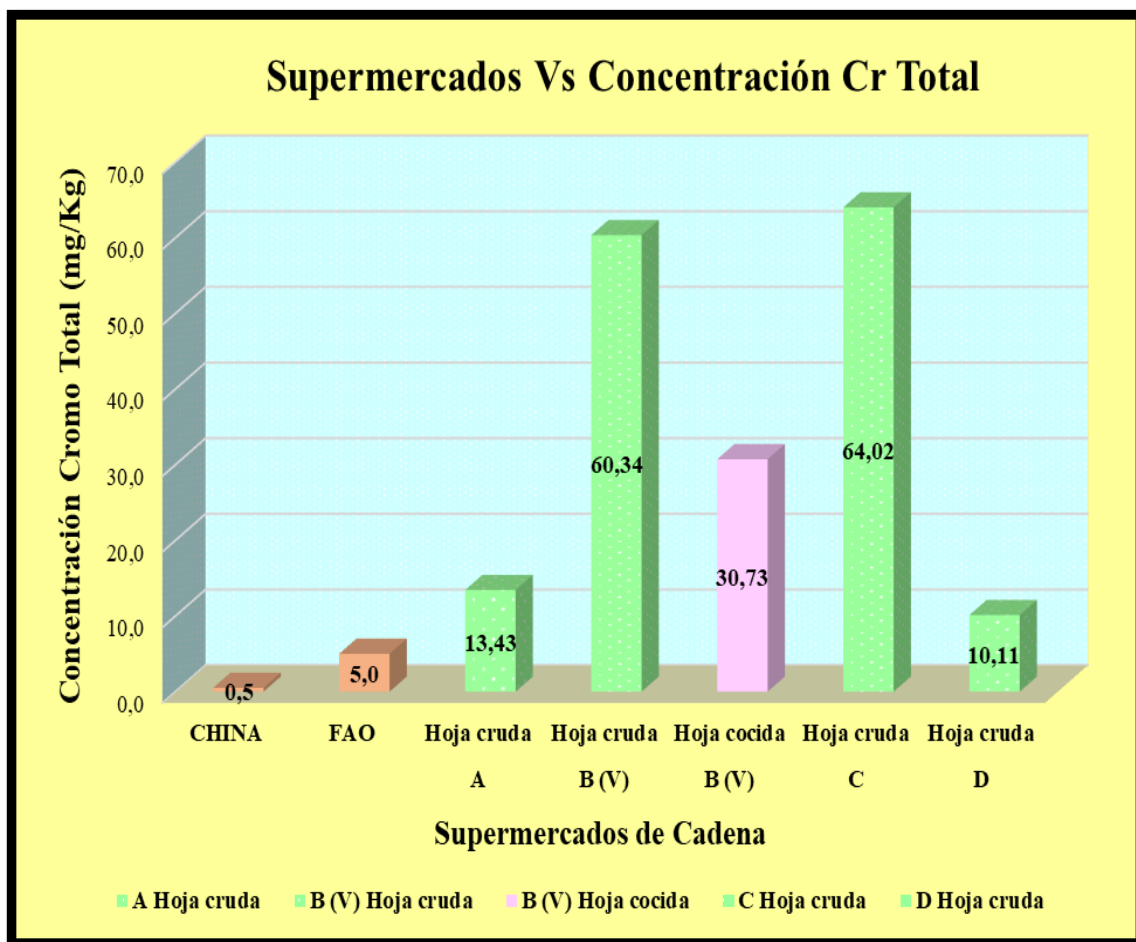


Nota. Autores (2023)

Analizando los diferentes resultados se observa que las acelgas de los supermercados de cadena poseen significantes concentraciones de cromo total en el tallo, superando los límites legales permisibles de la Norma alimentaria de China y de la FAO. Además, si evidencia que no

es suficiente cocinar el tallo, dado que es posible en su totalidad su reducción o eliminación de este metal pesado.

Gráfico 31. Determinación de cromo total en hoja de acelga proveniente de supermercados.



Nota. Autores (2023)

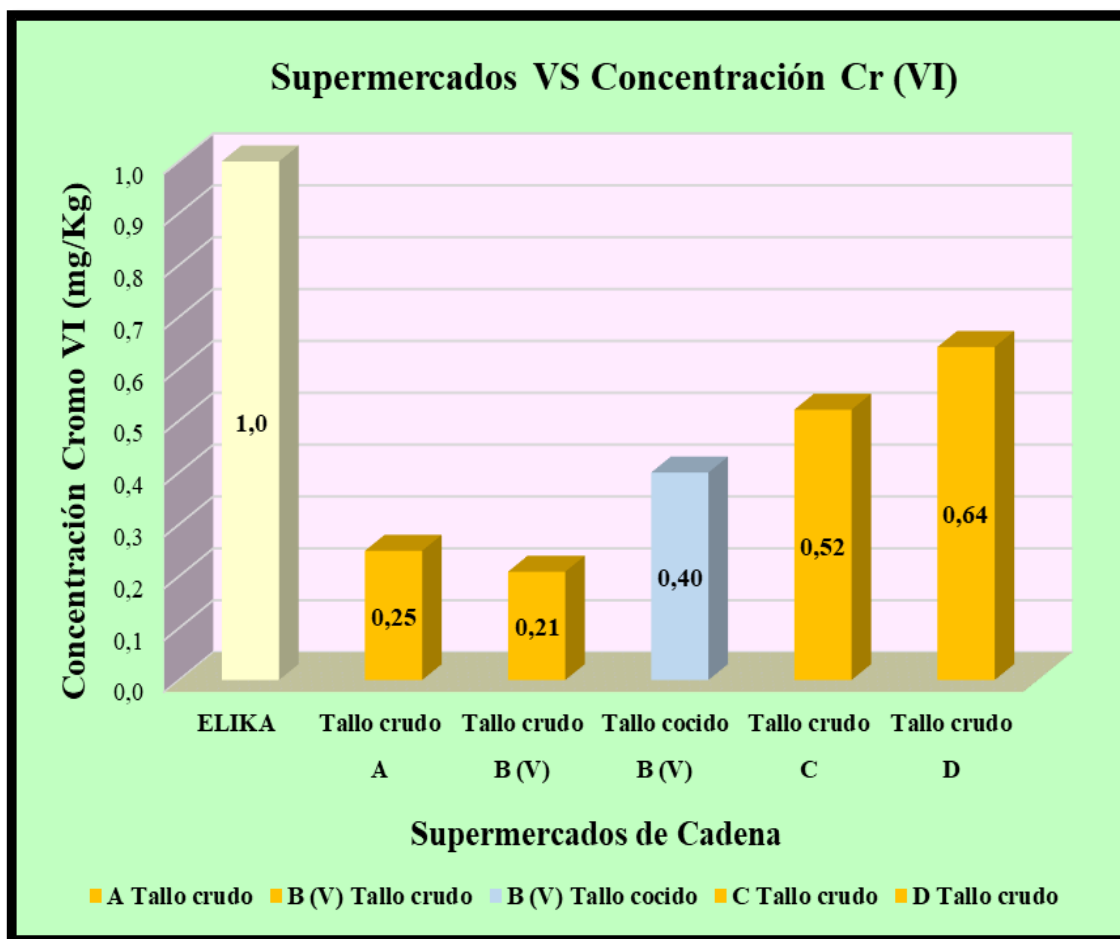
Analizando los diferentes resultados se observa que las acelgas de los supermercados de cadena tienen concentraciones mucho más altas de cromo total en la hoja que en el tallo, superando asimismo los límites legales permisibles de la Norma alimentaria de China y de la FAO. Además, tampoco es suficiente cocinar la hoja, porque es casi imposible eliminar por completo la presencia de cromo.

8.3.9. Determinación de cromo (VI) en acelgas de supermercados de cadena

A continuación, se presenta de manera gráfica el informe que documenta los resultados obtenidos por los futuros docentes de química durante la ejecución de la práctica de laboratorio. En la cual, se identificó y demostró la presencia de cromo (VI) en el tejido vegetal de la acelga, enfocándose específicamente en el tallo y la hoja, dado que los supermercados comercializan la

hortaliza de esta manera. No obstante, el supermercado B (V), hace referencia a la acelga proveniente de la vereda en la semana 16, a diferencia de los demás supermercados, donde se desconoce el periodo de distribución, ya que no se tiene certeza sobre el tiempo que han permanecido en los diferentes supermercados de cadena.

Gráfico 32. Determinación de cromo (VI) en tallo de acelga proveniente de supermercados.

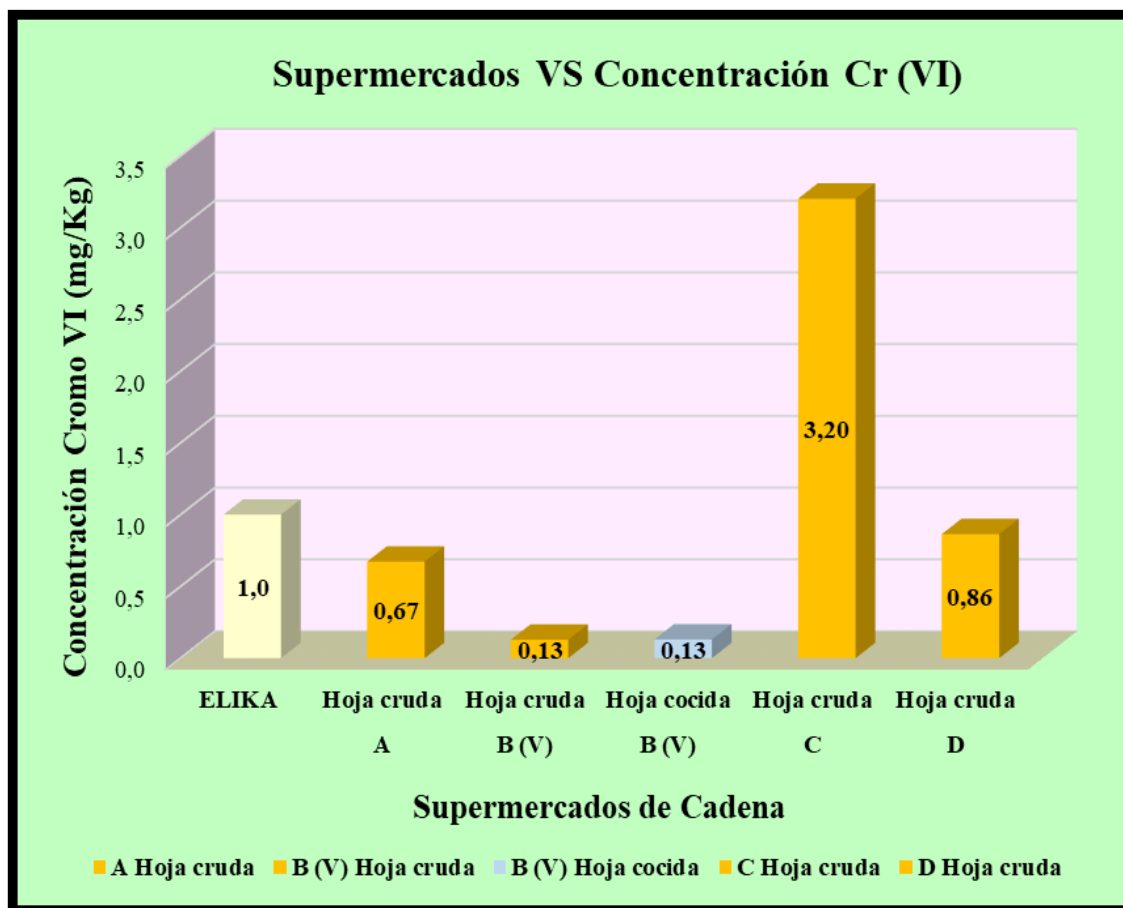


Nota. Autores (2023)

En el gráfico 32, se puede evidenciar que las concentraciones de cromo (VI) presente en el tallo de diferente procedencia, no supera el límite permisible legal y establecido por la Norma Vasca (ELIKA). En este sentido, se afirma que la especie más toxica de cromo se está bioacumulando en pequeñas cantidades que pueden llegar a ser toxicas para el ser humano si se consume muy seguido. Sin embargo, en este caso la concentración más alarmante es la del tallo que proviene del supermercado D. puesto que es la más alta en comparación con las demás y también es la que más se aproxima al nivel máximo permisible. Por último, si se observa la concentración del tallo cocido B(V) y se comparan con la concentración del tallo crudo B(V), no es ideal que aumente cuando este es sometido al calor, por esta razón se podría asumir que

posiblemente ocurrió algún error humano en el momento de preparar la muestra y determinar el analito de interés.

Gráfico 33. Determinación de cromo (VI) en hoja de acelga proveniente de supermercados.



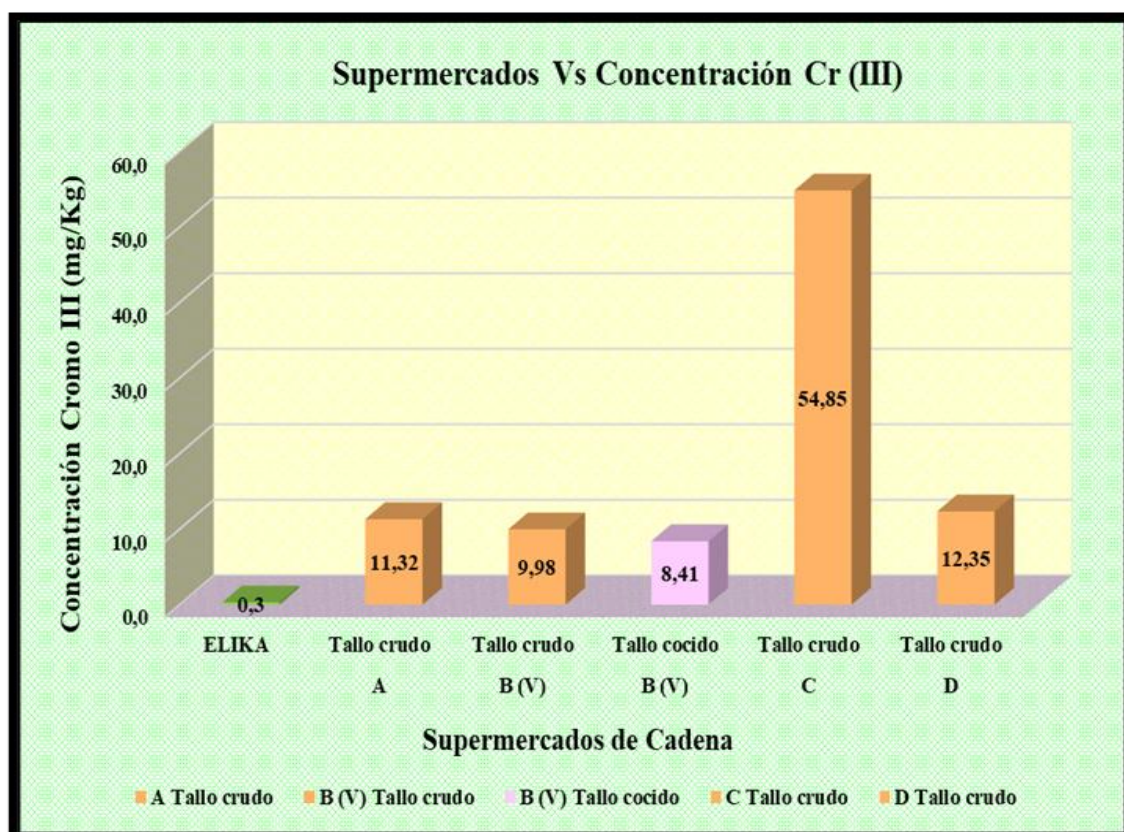
Nota. Autores (2023)

En el gráfico 33, se observa que la concentración de cromo (VI) en la hoja de acelga cruda proveniente del supermercado C supera el límite máximo legal y establecido por la Noma Vasca (ELIKA). Esto realmente contradice la idea de que los alimentos o productos hortícolas provenientes de un reconocido supermercado de cadena no contienen metales pesados ni cualquier otro tipo de sustancia toxica. Sin embargo, esto se vuelve algo preocupante para los consumidores de hortalizas, ya que desconocen las implicaciones ambientales, más allá de la producción y distribución de alimentos, sin contar con un concomimiento previo del control de sanidad que indique las condiciones óptimas para cultivar este tipo de alimentos. Por último, Se asevera que la bioacumulación de Cr (VI) es más ostensible en los tallos de las respectivas acelgas que en las hojas, las cuales también poseen esta especie tóxica, pero en bajas concentraciones.

8.4. Determinación de cromo (III) en acelgas de supermercados de cadena

A continuación, se evidencia gráficamente el informe que resume los resultados de los futuros docentes de química durante la práctica de laboratorio. En donde determinaron la concentración de cromo (III), a partir de la diferencia entre las concentraciones de Cr total y (Vi) previamente halladas.

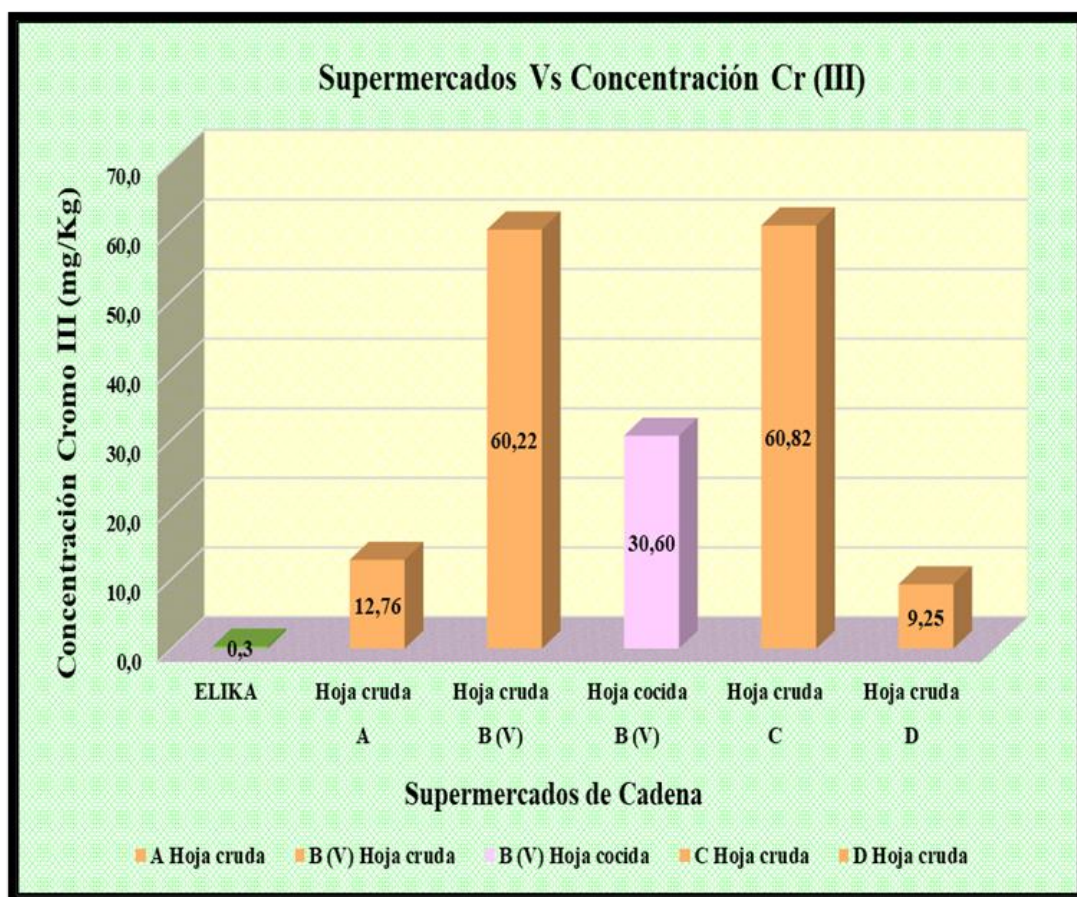
Gráfico 34. Determinación de cromo (III) en tallo de acelga proveniente de supermercados.



Nota. Autores (2023)

En el gráfico 34, se logra observar que todas las concentraciones de Cr (III), presentes en el tallo de acelga, superan el límite máximo legal, establecido por la Norma Vasca (ELIKA). Además, se evidencia que se reduce tan solo 1,57 mg/ Kg de Cr (III) en el tallo cocido B (V) en comparación con el tallo crudo B (V). Lo cual significa que el proceso de cocción en ninguno de los casos contribuye a la eliminación total de cromo (III y VI), lo que eventualmente sucede es una reducción mínima parcial de estas especies en los tejidos vegetales de la respectiva acelga.

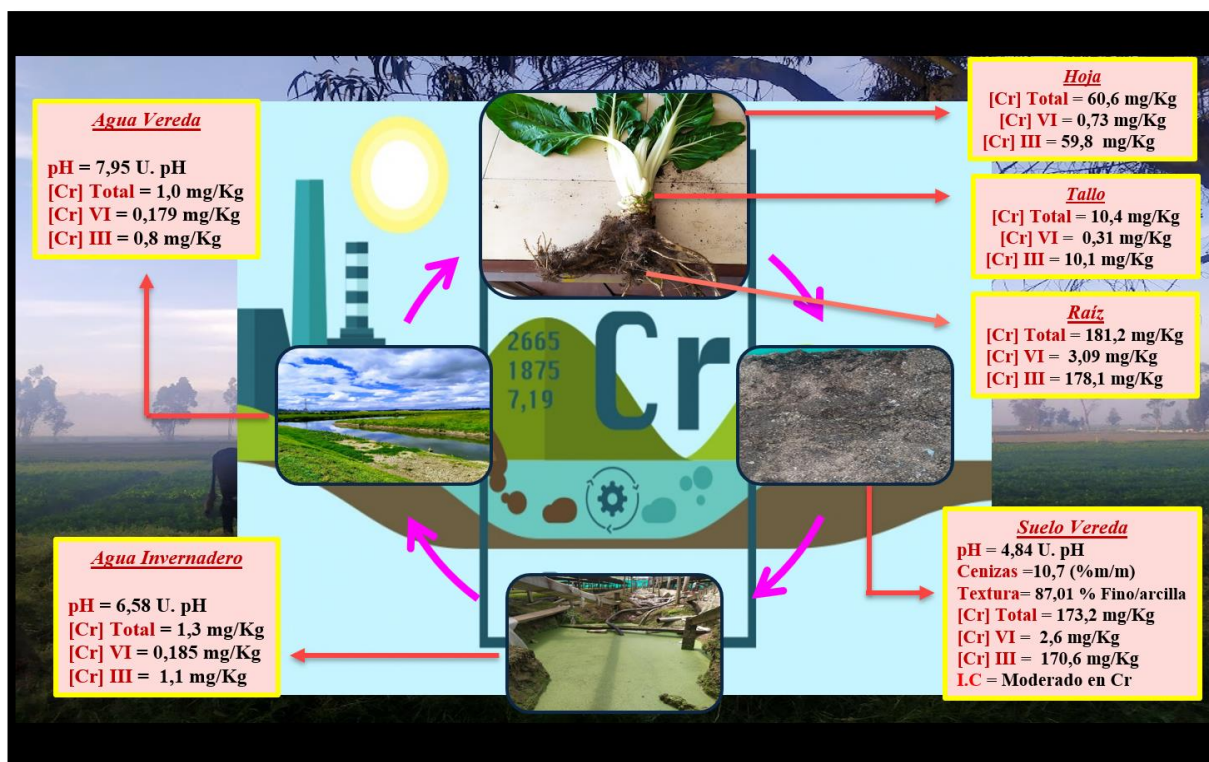
Gráfico 35. Determinación de cromo (III) en hoja de acelga proveniente de supermercados.



Nota. Autores (2023)

En el gráfico 35, se evidencia claramente que la concentración de Cr (III), en todos los casos de la hoja de acelga, supera el nivel máximo exigido y establecido por la Norma Vasca (ELIKA). En este caso se observa que la especie mayoritaria de cromo es la trivalente (III) y es la que más se bioacumula en las hojas de acelga en comparación con los tallos. Es importante saber que esta especie de cromo es un oligoelemento necesario para el ser humano y según la Norma Vasca (ELIKA), presenta baja toxicidad al ser ingerido, ya que su capacidad de absorción es mínima y se elimina de manera rápida a través de la excreción urinaria. Asimismo, muestra una limitada capacidad para penetrar en las células. Por esta razón, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) establece un límite permitido de ingesta diaria tolerable de 0,3 mg Cr III /Kg por peso/día. Si se supera este valor declarado, vendrán serias complicaciones por sobredosis de este micronutriente, ya que este se encuentra naturalmente presente en el organismo y desempeña un papel esencial en el metabolismo de la glucosa, el colesterol y los ácidos grasos, participando activamente en diversos procesos biológicos (Inca et al., 2022).

Gráfico 36. Resumen parcial del análisis químico y físico de las matrices analizadas.



Nota. Autores (2023)

Finalmente, se concluye que todos los resultados del análisis de varianza tienen diferencias significativas entre los grupos de datos, puesto que en todas las comparaciones el F experimental es mayor que el F crítico ver (Anexo 17.A), por esta razón, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se afirma con un nivel de confiabilidad del 95% que una de las medias es distinta o diferente a las demás.

En este estudio existe diferencias significativas, debido al aumento de las concentraciones de cromo (VI y III), que se evidenciaron durante toda la etapa de crecimiento de la acelga, incluyendo aquellas provenientes de los diferentes supermercados de cadena (Ver anexo). Aunque se registra una disminución de las concentraciones de cromo (VI) en la semana 15 en comparación con las primeras semanas, se evidencia un incremento significativo en la semana 16. Esta situación podría tener consecuencias graves en quienes consumen este tipo de hortaliza porque se ve reflejado una bioacumulación de este metal pesado. Otra razón por la cual se reflejan diferencias significativas en el análisis de varianza es porque hay concentraciones por encima de los límites máximos permitidos por las normas nacionales e internacionales y esto hace que el suelo valla acumulando cromo y afecte las acelgas que son de consumo humano. En el caso de los supermercados de cadena no sabemos exactamente la procedencia de las acelgas ni

tampoco el agua que utilizan como fuente de irrigamiento. Según Estupiñan (2016), argumenta que la contaminación de metales pesados se atribuye a las prácticas de riego con agua procedente del río Bogotá y sus fluentes, incluido el río Tunjuelo. Asimismo, un aspecto preocupante es que estos alimentos se comercializan en los centros de abastos, supermercados e hipermercados de la ciudad y sus alrededores.

En este trabajo investigativo se demuestra consecutivamente como el cromo desde el agua, el suelo y finalmente el tejido vegetal de la acelga, se ven afectados debido a que la principal causa en este caso es utilizar como fuente de irrigamiento el agua del río Tunjuelo, porque se observó que las concentraciones de cromo (VI y III) sobrepasan los límites máximos permitidos y establecidos por lo diferentes entes gubernamentales a nivel nacional e internacional. Aunque el pH del agua sea óptimo para el uso agrícola, no se debe utilizar este tipo de agua para irrigar, puesto que no se tiene un tratamiento convencional, sin embargo, este cuerpo de agua superficial contiene cantidades de metales pesados según los reportes solicitados y enviados por la Secretaria Distrital de Ambiente en el año 2022. Además, el suelo al tener un pH ácido tiene concentraciones altas de cromo (VI), sin embargo, quien prevalece es la especie trivalente (III). Según Sotelo (2012), menciona que el cromo tiene la posibilidad de transformarse en especies de cromo (VI). Esta situación plantea una preocupación sobre el riesgo asociado a esta especie química debido a su elevada movilidad y biodisponibilidad, lo que le permite desplazarse fácilmente a través del suelo, contaminando cuerpos de agua y generando así un riesgo ambiental y sanitario debido a su toxicidad. También si se observa la textura Fina-arcillosa del suelo de vereda, indica que tiene una alta retención de agua en donde los iones de cromo posiblemente se almacenan y no permite una mayor absorción de nutrientes y es aquí donde se comienza a acumular el cromo en la hortaliza.

Por otra parte, la acelga puede contaminarse de cromo por distintos factores, en este caso el principal factor es debido al tipo de riego que utilizan tanto en el invernadero como en la vereda, ya que en ambos lugares emplean la técnica por aspersión para la producción de las hortalizas que producen a diario. Por ende, esta circunstancia provoca que las partes comestibles de la acelga, como las hojas y los tallos, entren en contacto directo con el agua de riego debido a la técnica de irrigación, sin embargo, la parte no comestible de la acelga también se ve seriamente afectada como se logró evidenciar en los resultados obtenidos. Por lo que se puede concluir que es evidente que esta problemática contribuye a aumentar el riesgo para la salud de la población, ya que están expuestos a consumir hortalizas contaminadas por cromo (VI y III), que ni siquiera

por el hecho de someterlas a un proceso de cocción se pueda reducir en su totalidad esta bioacumulación de cromo.

En síntesis, se puede decir que a nivel nacional e internacional existen diversos estudios de metales pesados en agua, suelo y otras matrices relacionadas con el campo alimentario, por ende, este trabajo contribuye valiosamente a diferentes investigaciones que no han trabajado acerca de la bioacumulación de cromo (VI y III) en hortalizas y especialmente en la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), dado que no se reporta hasta el momento un estudio similar que investigue toda la procedencia del cromo y sus especies durante toda la etapa de crecimiento de esta hortaliza, incluyendo el proceso de cocción, el cual es utilizado en algunos casos para eliminar o reducir algunos agentes patógenos microbianos que podrían estar presentes en las hortalizas crudas.

8.4.1. Fase de finalización

En la fase de finalización se implementó y se analizó la secuencia didáctica elaborada en relación con alcanzar los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica teniendo como punto de inicio el nivel de **Alfabetización Científica Nominal** diagnosticado previamente con una prueba Likert, y también con los respectivos análisis experimentales en la identificación de cromo en la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), suelo y agua de riego.

8.4.2. Etapa de contextualización

Después de la aplicación del Pre-test, se continuo con la sesión 2 enfocada a la etapa de contextualización, en la cual se presenta la problemática de estudio a los futuros docentes de química. Por lo tanto, se realizó una presentación mediante el recurso didáctico de Power point que fue dirigida por los docentes investigadores. En este sentido la presentación estuvo primero orientada en realizar una contextualización del río Tunjuelo desde su nacimiento en la laguna de la regadera hasta su desembocadura con el río Bogotá, su historia relacionada con la tribu indígena Muisca, como se encuentran dividido los tramos del río y la contaminación que presenta cada uno por las aguas residuales depositadas. Adicionalmente se explicó cuáles son las industrias más contaminantes que perjudican al río como lo son: galvanoplastia, minería, metalurgia y la más perjudicial las curtiembres ubicadas en el barrio San Benito de la Localidad de Tunjuelito de la ciudad de Bogotá.

Luego de lo anterior, se realizó el primer reconocimiento de los lugares de estudio, como primer lugar tuvimos el invernadero ubicado en el barrio de Bosa San Bernardino de la Localidad de Bosa de la ciudad de Bogotá, en el cual se cultivan todo tipo de plántulas de hortalizas, pero específicamente la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), desde su semana 0 a su semana 14 de

desarrollo, sus trabajadores son mujeres madres cabeza de hogar las cuales son las encargadas de realizar todo tipo de labores en relación con el buen manejo de las hortalizas cultivadas, se presentó la problemática que se origina con la irrigación de las hortalizas con el agua del río Tunjuelo previamente con una gran carga contaminante de metales pesados específicamente el cromo adquirida por las aguas residuales de las curtiembres del barrio San Benito de la Localidad de Tunjuelito de la ciudad de Bogotá. Esta agua contaminada presenta un olor a fétido y le ocasiona a las trabajadoras diferentes tipos de alergias en la piel al no utilizar ningún tipo de protección a la hora del irrigamiento.

Este invernadero se ubica a la orilla del río, para más exactitud en el tramo 4 siendo este el último y el más contaminado. Las trabajadoras construyeron un vallado o canal de riego que conecta con el río detrás del invernadero para luego almacenar esta agua en un pozo donde más adelante se utilizara para el irrigamiento.

Ilustración 19: Riego e interior del invernadero Bosa Sambernardino.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Como segundo lugar tuvimos a la vereda Bosatama ubicada a las afueras de la Localidad de Bosa de la ciudad de Bogotá, esta vereda se destaca por su producción de leche y hortalizas de la sabana de Bogotá.

Las plántulas cultivadas en el invernadero completan su crecimiento y desarrollo en el campo abierto de esta vereda. Las plántulas de la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*), son sembradas desde la semana 14 en campo abierto hasta la semana 16 siendo esta la última semana de desarrollo para ser vendida y consumida. Los cultivadores son campesinos de la región siendo los encargados del último desarrollo de la planta. Las fincas se encuentran ubicadas antes de la desembocadura con el río Bogotá en el tramo 4 de la orilla del río Tunjuelo utilizando esta agua para el irrigamiento de las hortalizas, por ende, para que el agua pueda ser distribuida a lo largo de sus cultivos realizan una especie de vallados o canales de riego, aparte de esto utilizan el tipo de riego por aspersión diariamente para distribuir el agua con mayor facilidad entre los cultivos.

Otra problemática que se evidencia es la de los pastos forrajeros que son irrigados con esta agua y son utilizados como alimento para el ganado, además de eso el agua situada en los canales o vallados es utilizada como agua para beber por parte del ganado.

Luego de que la hortaliza está en su última semana de crecimiento, es recogida por los campesinos para ser vendidas y distribuidas en diferentes mercados como Corabastos en la ciudad de Bogotá o sus alrededores para después ser consumidas por los consumidores.

Ilustración 20: Vereda Bosatama y ubicación de los cultivos con los docentes investigadores.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Teniendo claro el contexto trabajado, procedimos con la explicación sobre las generalidades de los metales pesados entendiéndose como un elemento químico de la tabla periódica que presenta una densidad mayor a 4 g / cm^3 y son muy tóxicos en concentraciones muy pequeñas siendo perjudiciales para la salud humana. Por otra parte, se nombraron algunos metales pesados como: mercurio, cadmio, plomo, cobre y por supuesto el cromo.

Explicando las generalidades de los metales pesados, nos centramos en la contaminación del agua por este tipo de sustancias, explicando los orígenes de la contaminación por las aguas residuales, lixiviados o minería.

En relación con lo anterior, procedimos a las generalidades del cromo explicando una definición general sobre que es un metal pesado ubicado en el grupo 6 de la tabla periódica con número atómico 24, se puede encontrar en el agua y suelo. Algunos minerales del cromo como la cromita siendo el principal mineral con un 46% de composición de cromo.

El cromo se puede encontrarse en diversos estados de oxidación como Cr (III) y Cr (VI). El Cr (III) es considerado un micronutriente esencial para el cuerpo humano importante en las funciones coronarias y ayuda a controlar el metabolismo de la azúcar, pero en grandes cantidades puede ser tóxico para el organismo. El Cr (VI) es considerado el más tóxico para el ser humano y para el medio ambiente específicamente ocasiona grandes problemas en la flora y fauna. Algunos productos de consumo en los que se utiliza el Cr (VI) son en la industria de las curtiembres, aglomerados y prótesis de caderas.

El cromo se puede encontrar en el aire, suelo y agua después de ser liberados por las diferentes industrias nombradas anteriormente, el cromo en el aire generalmente no pertenece a la atmósfera si no se deposita en el suelo y agua, generalmente los trabajadores de curtiembres pueden estar expuestos a grandes concentraciones en el aire. El cromo en suelo se puede producir de 2 formas: contaminación local y difusa. La contaminación local está dada por las actividades económicas como la minería, y la contaminación difusa está dada por plaguicidas y fertilizantes depositados en los cultivos por los campesinos. El cromo en el agua es depositado generalmente por las aguas residuales, y cuando este llega al agua puede tener efectos sobre los peces afectando su respiración y generando tumores, el cromo también puede llegar por medio de infiltración a las aguas subterráneas.

Se acentuó acerca de los parámetros permisibles legales que los entes gubernamentales nacionales e internacionales de la salud y de la seguridad alimentaria, tienen establecidos para controlar o regular los contaminantes tóxicos que no son propios de los alimentos de consumo

humano. Así mismo se resaltaron algunos límites o niveles permisibles estándar de cromo, como, por ejemplo: la FAO-OMS tiene establecido como límite máximo para agua potable 0,05 mg / L, para suelo 125 mg / Kg en promedio, aunque puede aumentar hasta 250 mg / Kg, para alimentos la ingesta diaria no debe exceder de 0,03-0,1 mg / día.

Según la EPA ha establecido un nivel de contaminación máximo de 0,1 mg / L para la cantidad total de cromo en agua potable. En cambio, la resolución colombiana 2115 de 2017, tiene un nivel permisible de cromo total en agua potable de 0,05 mg / L.

Por otro lado, para el caso de Cr (VI) la Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria (ELIKA) y la autoridad europea de seguridad alimentaria (EFSA), tienen establecido un valor como límite estándar permisible de un 1,0 mg / Kg de peso corporal por día y para Cr (III) es de 0.30 mg / Kg de peso corporal por día. Finalmente, la norma nacional de seguridad alimentaria de China (GB 2762-2017), tiene establecido como nivel máximo estándar permisible 0,5 mg / Kg de cromo para hortalizas, productos vegetales y vegetales frescos.

Teniendo esto claro, relacionamos las principales enfermedades causadas por las vías de exposición de cromo en el cuerpo humano. El problema de salud más grande en la salud ocurre bajo la exposición de los trabajadores que realizan diferentes funciones relacionadas con cromo, los órganos más afectados son el estómago y el intestino causando úlceras estomacales, las vías renales causando necrosis tubular, las vías respiratorias causando revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, problemas para respirar y cáncer de pulmón.

Para finalizar se explicó como el cromo abandona el cuerpo humano, una de las principales formas es por la orina, las heces fecales y en el peor de los casos cuando una mujer posee cromo en su cuerpo lo puede expulsar por la leche materna.

Ilustración 21: Contextualización sobre la problemática sesión 1



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Continuando con la sesión 3 de la etapa de contextualización, se presentó 2 recursos audiovisuales elaborados por los docentes investigadores para complementar lo anterior, y en relación con los recursos audiovisuales se realizó un cuestionario científico a los futuros docentes de química.

8.4.3. Aplicación del recurso audiovisual

Se realizó por parte de los docentes investigadores 2 recursos audiovisuales de aproximadamente 30 minutos cada uno, los cuales presenta y explica la problemática estudiada más detallada sobre el invernadero y la vereda. Previamente a esto se solicitó una autorización para poder realizar los respectivos recursos audiovisuales a las trabajadoras del invernadero y a los campesinos de la vereda reservando su identidad por cuestiones legales ante la secretaria de Ambiente y el Ministerio de Salud. Según lo anteriormente mencionado, los recursos audiovisuales no pudieron ser subidos a ninguna página de internet para ser publicados. Estos recursos audiovisuales se realizaron ya que no fue aprobada la salida de campo por los entes administrativos de la Universidad Pedagógica Nacional.

8.4.4. Recurso audiovisual 1 (Invernadero)

Este elaborado con videos reales sobre las diferentes funciones que realizan las trabajadoras, con el fin de informar el manejo y tratamiento de las hortalizas. Este video consistió en realizar

primero un recorrido corto del río Tunjuelo, descripción desde que años estaban situados en Bosa San Bernardino, clase de hortalizas cultivadas, proceso de siembra, proceso de irrigamiento, cantidad de años que llevan irrigando con agua del río Tunjuelo, cantidad de veces que irrigan diariamente y elementos de protección adecuados para el irrigamiento.

Ilustración 22: Video didáctico e ilustrativo del invernadero.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

8.4.5. Recurso audiovisual 2 (Vereda)

Esta elaborado con videos reales sobre la vereda, se realizó un recorrido de 1.0 Km desde el inicio de la vereda hasta la finca de estudio por la orilla de la carretera. En este recorrido se pueden evidenciar las fincas ganaderas, y luego más adelante las fincas cultivadoras de hortalizas.

En las fincas cultivadoras de hortalizas, podemos encontrar: lechuga, cilantro, zucchini amarillo y verde, calabacín, acelga, entre otras. En estas fincas se puede evidenciar el sistema de riego por aspersión, reservas de agua de río Tunjuelo, cultivos en la última semana de crecimiento para ser vendidas y distribuidas en Bogotá y sus alrededores.

Ilustración 23: Video didáctico e ilustrativo de la vereda.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

8.4.6. Cuestionario científico

De acuerdo con lo anterior, se aplicó un cuestionario científico, (Anexo 2) de manera individual, para evaluar la situación problema de estudio planteada desde los 2 recursos audiovisuales presentados, para medir el avance de nivel de Alfabetización Científica y Tecnológica para su respectiva clasificación. (Anexo 3)

Para el análisis respectivo, se citan algunas respuestas de las preguntas correspondientes a cada categoría de manera aleatoria.

En este orden de ideas la categoría **Analfabetismo Científico** estuvo focalizada en las preguntas 1 y 7. En las cuales se observa que los futuros docentes de química evidencian cual es la problemática ambiental de estudio con relación a la toxicidad de cromo en hortalizas.

Pregunta 1

¿Que está sucediendo en el problema presentado? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A: Se observa en la vereda de Bosatama y el invernadero, varios cultivos de hortalizas como la acelga, lechuga, etc., las cuales son regadas con agua del río Tunjuelo, que podría ser muy perjudicial para la salud humana por el grado de contaminación que presenta el río y por qué estas hortalizas están absorbiendo cantidades de metales pesados como el cromo, arsénico, entre otros. además, se evidencia que las personas que realizan el riego no utilizan ningún tipo de protección y la falta de higiene en este tipo de fincas, el descuido en las veredas con los animales y que no se hace el control por parte de las entidades encargadas, para tratar de mitigar esta problemática que se está presentando a causa de la irrigación que se está haciendo a las hortalizas por la procedencia del agua y el descuido con la fauna.

Futuro docente B: Sucede que no se están implementando medidas de tratamiento de aguas con las que se hace el riego de las hortalizas, que garantice que no posee contaminantes de cualquier tipo por ejemplo metales pesados. El problema se vuelve más grave debido a que las aguas del río Tunjuelo poseen características organolépticas que impedirían en primera medida usarla para el riego de cualquier alimento comercializable.

Pregunta 7

¿Crees que este tipo de problemáticas ambientales se pueden ver reflejadas igual o diferente en otra parte del mundo? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A: Si, en México, el riego con aguas residuales es una práctica que va en aumento especialmente esto se logra observar en las arias metropolitanas, ya que las mismas presentan mayor demanda alimenticia. Generando así una serie de políticas de regulación y control de los metales pesados provenientes de estas aguas, como lo son el aluminio, manganeso y cobre.

Futuro docente B: Si, sobre todo en países en desarrollo que no poseen un rubro destinado para que desde la producción de alimentos se garanticen valores aceptados con relación a la toxicidad de diferentes sustancias químicas como por ejemplo los metales pesados. Otros países primermundistas cuentan con todo un sistema que procura tener en cuenta estos aspectos medio ambientales.

Según las respuestas de los futuros docentes de química, hacen alusión a la categoría **Analfabetismo Científico**, comprenden cual es el problema presentado en los 2 recursos audiovisuales sobre los 2 sitios de estudio, especificando el problema central ocurrido en la irrigación de las hortalizas con agua proveniente del río Tunjuelo que contiene en gran parte metales pesados y también como puede afectar en el consumo de estos tipos de alimentos.

También identifican que este tipo de problema se puede ocasionar en otras partes del mundo específicamente en países en desarrollo que no posean un control alguno sobre el tratamiento de aguas utilizadas para riego ya que no cuentan con los recursos económicos para irrigar con agua de buena calidad, en relación con lo anterior los futuros docentes de química no presentan una deficiencia en conceptos relacionados con la problemática central evidenciado en la redacción de las respuestas, y también se obtuvo la percepción de un tipo de entendimiento claro y conciso sobre lo presentado sobre la contaminación por metales pesados y la toxicidad de estos en las hortalizas. Por lo tanto, según Bybee (1997) para clasificarse en esta categoría deben de no presentar un manejo insuficiente de conceptos e identifican cuestionamientos dentro del dominio de la ciencia en este caso la toxicidad de cromo en hortalizas.

Teniendo en cuenta esto, no cumplen con las características propuestas por Bybee que deben poseer para cumplir con esta categoría y por lo tanto se no clasifican en la categoría de **Analfabetismo Científico**, por que como se evidencian los futuros docentes de química presentan el uso de conceptos sobre la ciencia específicamente de la toxicidad de cromo.

Analizando la categoría de **Alfabetización Científica Nominal** que estuvo dirigida bajo las preguntas 5 y 6. En las que se puede visualizar que los futuros docentes de química no poseen un dominio claro sobre el planteamiento, pero entienden la problemática de cromo en hortalizas.

Pregunta 5:

¿Cuáles son los argumentos que pueden estar a favor o en contra de irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A:

A favor: es una población abandonada por el estado, no les han brindado alternativas y es su fuente de ingresos. Además, que la concentración de cromo no es tan alarmante como para generar consecuencias de forma inmediata.

En contra: si el cromo aumenta en el río, habrá consecuencias graves para la salud desde los campesinos hasta el consumidor.

Futuro docente B:

Argumentos a favor:

Costo: El agua del río Tunjuelo es una fuente de agua gratuita o de bajo costo, lo que puede reducir los gastos de producción para los agricultores.

Acceso: El río Tunjuelo es una fuente de agua accesible para los agricultores que se encuentran en la región.

Cercanía: El río Tunjuelo se encuentra cerca de las áreas de cultivo, lo que reduce los costos de transporte.

Argumentos en contra:

Contaminación: El agua del río Tunjuelo está contaminada con una amplia gama de contaminantes, incluyendo coliformes fecales, bacterias, virus, metales pesados, pesticidas y productos farmacéuticos. Estos contaminantes pueden representar un riesgo para la salud humana si se consumen en alimentos contaminados.

Efecto en la calidad del agua: El riego de hortalizas con agua contaminada puede empeorar la calidad del agua del río, lo que puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública.

Efecto en los cultivos: La contaminación del agua puede afectar el crecimiento y la calidad de los cultivos.

Pregunta 6

¿Qué argumento puede ser válido para empezar una adecuada forma de remover cromo del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A: El argumento más válido para empezar una adecuada forma de remover cromo del río Tunjuelo es el impacto negativo que este metal pesado tiene en la salud humana y el medio ambiente. El cromo es un carcinógeno humano conocido, y puede causar una serie de problemas de salud, incluyendo cáncer, problemas de piel y respiratorias, y daños al sistema nervioso. Además, el cromo puede contaminar el suelo y el agua, lo que puede tener un impacto negativo en la vida silvestre y los ecosistemas. Por lo tanto, la remoción del cromo del río Tunjuelo es una medida necesaria para proteger la salud humana y el medio ambiente.

Futuro docente B: El importante remover cromo del río Tunjuelo porque este es considerado un metal pesado que puede llegar a ser muy tóxico, que puede ocasionar problemas de salud humana, así mismo afectar, también sería favorable para el medio ambiente, la flora y la fauna del lugar. por ende, remover cromo del río, podría mejorar la calidad del agua y ser también muy beneficioso en general para toda la población.

Conforme a las respuestas de las preguntas 5 y 6 que pertenecen a la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**, los futuros docentes de química presentan un dominio de la temática presentada identificando que se puede presentar este fenómeno en otros sitios, bien sea mejor o peor dependiendo las situaciones económicas, sociales y legales del lugar, y en relación con lo anterior fomenta un pensamiento más crítico sobre lo afirmativo y negativo de irrigar con este tipo de agua contaminada por diversos agentes presentando los diferentes riesgos que se pueden ocasionar. Por ende, presentan un buen manejo de conceptos de la ciencia profundizando y utilizando de la manera adecuada los conceptos adquiridos hasta el momento para explicar la problemática presentada sobre las preguntas realizadas. En este sentido según lo planteado por Bybee (1997) los futuros docentes de química deben de comprender o identificar una pregunta, un concepto o un tema dentro del dominio de la ciencia; sin embargo, su entendimiento se caracteriza por la presencia de ideas erróneas, teorías ingenuas o conceptos inexactos.

Teniendo en cuenta lo anterior en este análisis los futuros docentes de química identifican los conceptos químicos relacionados con los metales pesados y sus daños ocasionados teniendo como resultado un dominio de la temática. Pero sin embargo, los futuros docentes de química presenta una claridad mejorada de los conceptos sobre la ciencia en este caso sobre la toxicidad del cromo. En esta situación el entendimiento no se caracteriza por la presencia de ideas erróneas, si no todo lo opuesto, ya que presentan una comprensión sobre los conceptos explicados sobre la ciencia, y no van a presentar conceptos o ideas erróneas sobre el tema.

En relación con lo anterior, se considera que se efectúa con lo propuesto por Bybee para cumplir con esta categoría y por lo tanto se clasifican en la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**.

Por otra parte, en la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica** se dirigió a las preguntas 3 y 9. En las que se evidencia uso de vocabulario científico con una comprensión superficial sobre la problemática, pero también se observa que algunos docentes de química no presentan este tipo de comprensión sobre la temática de la toxicidad de cromo en hortalizas.

En cada pregunta, se va a colocar las respuestas que corresponde y las que no, con la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**.

Respuestas que corresponden con la categoría.

Pregunta 3

¿Qué solución óptima y justificable considera para esta problemática de estudio? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A:

Para mitigar estos problemas, es necesario que se realicen acciones para mejorar la calidad del agua del río Tunjuelito. La educación y sensibilización sobre el impacto ambiental del riego con aguas residuales, es importante que los agricultores y la población en general sean conscientes del impacto ambiental del riego con aguas residuales.

Futuro docente B:

Sería buscar alternativas de riego o que se haga una técnica de remoción de esos metales pesados, buscando así garantizar la seguridad alimentaria, así mismo que las entidades encargadas realicen sus controles pertinentes, logrando así mejorar en la población las condiciones higiénicas para asegurar el bienestar de quienes cultivan y así mismo consumen las hortalizas.

8.4.7. Respuestas que no corresponden con la categoría.

Futuro docente D:

Se debe realizar tratamiento en el agua y dar charlas a los pobladores sobre los peligros a los que se están exponiendo.

Futuro docente E:

Que el riego de estos cultivos sean provenientes de la agua lluvia.

Pregunta 9

¿Qué argumento puede ser valido para empezar una campaña para no irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta

8.4.8. Respuestas que corresponden con la categoría.

Futuro docente A:

Yo en primera instancia estoy de acuerdo que se haga con el agua del río, pero no sin tratamiento.

Debe ser necesario hacer una campaña para el NO uso el argumento más válido para mi es que los invernaderos no cuentan con plantas de tratamiento para garantizar su uso y que debido a esto contienen sustancias toxicas para los humanos y que además afectan el medio ambiente.

Futuro docente B:

El argumento más válido para empezar una campaña para no irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo es el riesgo para la salud humana. El río Tunjuelo está contaminado con una amplia gama de contaminantes, incluyendo coliformes fecales, bacterias, virus, metales pesados, pesticidas y productos farmacéuticos. Estos contaminantes pueden representar un riesgo para la salud humana si se consumen en alimentos contaminados.

8.4.9. Respuestas que no corresponden con la categoría.

Futuro docente D:

Se podría realizar desde una perspectiva de salud pública para los trabajadores y la comunidad en general.

Futuro docente E:

La seguridad alimentaria, la exposición por parte del campesino a estos metales.

De acuerdo con las respuestas de las preguntas 3 y 9 que corresponden a la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**, en la mayoría de los futuros docentes de química hacen alusión a un buen manejo sobre la temática expuesta en los recursos audiovisuales, observando que han adquirido de manera significativa un buen dominio sobre la problemática de la toxicidad de cromo en hortalizas, en tal sentido que realizan un análisis más detallado sobre argumentos científicos comprendiendo la temática y utilizando conceptos tecnológicos sobre un contexto específico, evidenciándose en el sentido que proponen soluciones óptimas para la problemática de estudio y también propone estrategias de como mitigar este tipo de problemáticas en la sociedad, esto se puede evidenciar en las respuestas de los futuros docentes A y B.

Pero también se ponen en evidencia las respuestas como la de los futuros docentes D y E que no están argumentadas de la mejor forma, significando que no han adquirido un buen dominio sobre la problemática de la toxicidad de cromo en hortalizas, esto se observa porque no hay un análisis completo sobre las preguntas realizadas y no se utiliza un vocabulario científico y tecnológico a la hora de contestar las preguntas.

Dicho lo anterior, según Bybee (1997) se caracteriza por la incorporación de vocabulario científico y tecnológico asociándolo con el conocimiento memorístico y superficial. Los futuros docentes de química comprenden y escriben con un vocabulario científico y tecnológico de forma sencilla.

En relación con lo anterior, podemos decir que, 8 se clasifican en la categoría **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**, y 3 no se clasifican en esta categoría, y por ende se siguen clasificando en la categoría **Alfabetización científica Nominal**.

Continuando con el análisis de la categoría de **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental** se dirigió a las preguntas 4 y 10. En las que no se evidencia una adecuada interpretación sobre la globalidad de las ciencias con los procedimientos o métodos de la investigación.

Pregunta 4

¿Cuál sería la forma de orientar a las empleadas y campesinos para que usen protección adecuada a la hora del proceso de riego? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A:

Unas charlas donde se muestre los peligros a los que están expuestos.

Futuro docente B:

Capacitación, adaptando el lenguaje para su entendimiento fácil, utilizar imágenes, videos y otras alternativas didácticas. (NO CRITICAR).

Pregunta 10

¿Qué podrías concluir de la problemática central de estudio, expuesta en los 2 recursos didácticos audiovisuales? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A:

La gente no es consciente de los peligros que se expone, además que algo tan simple como usar agua contaminada puede traer problemas a toda la población.

Futuro docente B:

La problemática presentada nos puede afectar directamente y no estaríamos enterados al respecto, lo que puede desempeñarse en problemas de salud en un futuro. Ya que estas aguas no se les da un tratamiento óptimo para ser agua de reusó.

Con respecto a las respuestas obtenidas de las preguntas 4 y 10 que corresponden a la categoría **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental**, no cumplen con lo establecido en esta categoría, en relación según lo planteado por Bybee (1997) para cumplir esta categoría se deben de relacionar los conceptos científicos con la globalidad de una disciplina

científica, con los métodos y procedimientos de investigación. Por lo cual los futuros docentes de química no presentan una relación de conceptos con la globalidad de la problemática de la toxicidad de cromo en hortalizas, y por ende no presentan habilidades críticas en la investigación científica.

En relación con lo anterior, según las respuestas de las preguntas, presentan un entendimiento y se reconoce que saben sobre el tema de estudio, pero no presentan una relación global del tema para la resolución de un problema o situación presentada desde la disciplinariedad científica en la forma de no presentar un argumento sobre la problemática central del irrigamiento.

Respecto a lo analizado en esta categoría, los futuros docentes de química se siguen clasificando en las categorías de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica y Alfabetización Científica Nominal**, por lo que no lograron superar esta categoría.

En relación con las preguntas 2 y 8 de la categoría de **Alfabetización Científica Multidimensional**, no se demuestra por parte de los futuros docentes de química una comprensión de la ciencia basadas en dimensiones filosóficas de la ciencia y la tecnología.

Pregunta 2

¿Qué información de la problemática actual, encuentra relevante para poder diseñar un folleto de divulgación científica para la población? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A:

Divulgación de datos experimentales, dando también un espacio de reflexión.

Futuro docente B:

Encontraría vital las condiciones en las que se viven y como afectan al cotidiano. Debido al tipo de población a la que va a llegar el material de divulgación, es importante que sea conciso, claro y de un lenguaje apropiado para ellos.

Pregunta 8

Desde su posición como docente de química, ¿Cuál sería la forma adecuada de implementar una enseñanza de tipo ambiental, sustentable y sostenible en un grupo de estudiantes teniendo en cuenta la problemática presentada? Justifica tu respuesta.

Futuro docente A:

Explicando los peligros y como una pequeña acción daña a millones de personas.

Futuro docente B:

Hace conciencia de las aguas residuales desde la casa, no verter ningún tipo de aceites o grasas, y entre otros para ello hay compartimientos en la ciudad, otro factor son las basuras en estos afluentes de agua.

Conforme a los resultados obtenidos de las preguntas 2 y 8 que pertenecen a la categoría **Alfabetización Científica Multidimensional**, los futuros docentes de química no responden con lo establecido en esta categoría según lo descrito por Bybee (1997), el cual establece que para pertenecer a esta categoría se debe poseer una comprensión más profunda sobre los conceptos de disciplinas científicas y de los procedimientos de investigación incluyendo las dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología.

Relacionando lo anterior, en este sentido, con las respuestas obtenidas no presentan una comprensión bajo los conceptos filosóficos e históricos de la ciencia, ya que al tener un dominio en los conceptos de las disciplinas científicas se espera que en esta categoría se presente una reflexión más profunda sobre los conceptos de las dimensiones filosóficas de la ciencia en relación sobre la problemática social de la toxicidad de cromo en las hortalizas y como esta puede llegar afectar al ser humano.

En consecuencia, a lo anterior esto se evidencia, con la aplicación del cuestionario científico, por lo tanto, se analizaron las respuestas correspondientes a las categorías realizadas según los niveles de **Alfabetización Científica y Tecnológica** propuestos por Bybee (1997). Los análisis presentaron un avance de nivel desde la aplicación del Pre-test diagnosticándose en un nivel inicial de **Alfabetización Científica Nominal**, hasta la aplicación del cuestionario científico que podemos decir, 8 se clasifican en la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica** y 3 se siguen clasificando en la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**.

8.5. Etapa de reconocimiento

Posteriormente a la aplicación de la etapa de conocimiento, se dio continuidad con la sesión 4 y 5 de la etapa de reconocimiento, la cual está enfocada principalmente a la identificación de cromo en la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*). Por medio de los métodos espectrofotométricos: Absorción atómica y Ultravioleta visible.

En la sesión 4, se les pidió que se organizaran en 4 grupos de laboratorio. Luego se realizó una presentación mediante el recurso didáctico de Power Point dirigida por los docentes investigadores, para explicar de que se iba a tratar la práctica de laboratorio.

Esta práctica consistía en la identificación de cromo en acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*) en su última semana de crecimiento, para esto se decidió realizar los análisis a matrices de acelgas provenientes de diferentes supermercados de cadena de la ciudad de Bogotá y compararlos con la matriz de acelga proveniente de la vereda. Esto con el fin de realizar una comparación sobre que concentración de cromo (VI) y total que posee la acelga de los diferentes supermercados de cadena, si es menor o no la concentración de la acelga proveniente de la vereda. De manera aleatoria se asignó una matriz de acelga diferente a cada grupo de trabajo

A cada grupo de laboratorio para mayor seguridad se les exigió cumplir con las normas básicas de laboratorio, que son: Bata limpia, gafas de seguridad y guantes de nitrilo para realizar la práctica de laboratorio.

Las determinaciones de cromo (VI) y total, se realizaron en hoja y tallo, porque son la parte comestible de la acelga.

Luego de lo anterior, a cada grupo se le entregó una guía de laboratorio sobre el procedimiento de determinación de cenizas nombrado anteriormente en la metodología.

En este procedimiento se debe tener en cuenta que se deben dejar 2 cenizas por cada parte de la acelga analizar, en este caso 2 cenizas de hoja y 2 cenizas de tallo, ya que estas cenizas se van a utilizar para la determinación de cromo (VI) y total en cada una de las partes de la acelga.

El grupo de laboratorio número 4 que le correspondió la matriz acelga de la vereda, debió de realizar un procedimiento adicional. Este procedimiento consistió en cocinar en agua por separado en 2 vasos de precipitados las hojas y los tallos de la acelga por 30 minutos, y luego realizar el procedimiento de determinación de cenizas. Este procedimiento adicional, se realizó con el fin de analizar si las concentraciones de cromo se veían afectadas al momento de cocinarla.

Ilustración 24. Primera parte práctica experimental.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Continuando con la identificación de cromo, en la sesión 5, los docentes investigadores hacen entrega de la segunda parte de la guía relacionada con la determinación de cromo (VI) y total. Conforman los grupos de trabajos anteriores con las muestras previamente llevadas a cenizas y realizan los procedimientos de cromo (VI) y total nombrados en la metodología. Igual que en la sesión pasada, a cada grupo de laboratorio para mayor seguridad se les exigió cumplir con las normas básicas de laboratorio.

Ilustración 25. Segunda parte práctica experimental.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

8.5.1. Taller argumentativo

Según lo observado en las 2 prácticas de laboratorio, por grupos de trabajo contestaron un taller argumentativo orientado en la identificación de cromo, este se contesta teniendo en cuenta las diferentes matrices analizadas en el laboratorio.

Por lo tanto, en la categoría **Analfabetismo Científico** estuvo orientada con base a la pregunta 2. En la cual como se evidencia en los instrumentos anteriores, los futuros docentes de química evidencian que existe un problema critico-ambiental identificando una posible procedencia.

Pregunta 2

¿Con base a la cantidad de cromo cuantificada en la Beta vulgaris var cicla (Acelga) asignada, de donde crees que sea su procedencia? Justifica tu respuesta.

Grupo de laboratorio 1

Es difícil hacer una suposición sobre la procedencia del metal puesto que no se conoce el lugar en donde se realiza el cultivo de esta hortaliza, además también se desconoce la calidad de las aguas con las que se riegan estos cultivos, con base en lo anterior, se podría decir que es por la irrigación con agua desconocida de ríos de la ciudad de Bogotá o municipio aledaños que no cumple con los parámetros de la calidad del agua.

Grupo de laboratorio 2

Suelo contaminado: El cromo puede estar presente en el suelo como resultado de la contaminación industrial o de actividades agrícolas pasadas. La acelga puede absorber el cromo presente en el suelo a través de sus raíces.

Agua de riego: Debido al uso de agua de riego procedente de ríos cercanos a la zona cultivo, el cual es sometido a desechos de actividades industriales, que no son debidamente tratados, las plantas pueden absorberlo a través de sus raíces.

Grupo de laboratorio 3

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se infiere que la procedencia del cromo deriva directamente del agua con la que se realiza el riego, la cual puede afectar la concentración de cromo, acumulándose en los cultivos y las plantas de acelga, puesto que por lo general se puede inferir que los cultivos están siendo regados con agua de curtiembre “residual” que contiene metales pesados y después estos se bioacumulan en los suelos agrícolas. Autores como García et. al (2000) y Hettiarchchi (2002) concuerdan en que en los sitios donde se utiliza agua residual para el riego de cultivos o riego agrícola, se reporta un incremento en las concentraciones de metales pesados. Mencionado lo anterior, lo más probable es que una de las principales fuentes de ingreso del cromo a la Beta Vulgaris Var. Cicla sea el agua.

Grupo de laboratorio 4

Esta procedencia de cromo en las hortalizas es debido a que en el río desembocan las aguas residuales provenientes de San Benito industrias de curtiembres, principalmente del tramo 3 del río Tunjuelo. Para luego ser utilizadas como aguas para irrigar hortalizas.

Teniendo en cuenta las respuestas anteriores que hacen referencia a la categoría **Analfabetismo Científico**, comprenden y analizan una posible procedencia de los metales pesados en las hortalizas con conceptos suficientes para identificar y responder la pregunta, por

ende presentan un entendimiento sobre la temática presentada y en la identificación de cromo en acelga para comprobar el problema que se ocasiona por irrigación con agua del río Tunjuelo, aparte de eso realizan suposiciones sobre la procedencia de las hortalizas y del cromo en estas.

Según Bybee (1997) para poseer esta categoría deben de presentar un manejo insuficiente de conceptos sobre el dominio de la ciencia en este caso la toxicidad de cromo en hortalizas. Teniendo en cuenta lo anterior, según los planteado los futuros docentes de química superan esta categoría

Procediendo con el análisis de la categoría de **Alfabetización Científica Nominal** que estuvo enfocada en la pregunta 1. En la que se observa que los futuros docentes de química presentan un dominio claro sobre la temática de cromo en hortalizas.

Pregunta 1

¿En qué parte del tejido vegetal de la Beta vulgaris var cicla (Acelga) asignada se bioacumula el cromo? Justifica tu respuesta.

Grupo de laboratorio 1

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y el análisis de estos, se puede establecer que la bioacumulación de este metal pesado se da en las hojas esto se debe a que esta parte de la planta es la que se encuentra más expuesta al exterior, pues el reporte de cromo total, trivalente y hexavalente, siempre se mantuvo más alto que el reportado en el tallo.

Grupo de laboratorio 2

La muestra de acelga analizada, según los datos recolectados, presenta la capacidad de bioacumular cromo en diferentes estados de valencia en sus tejidos, con una preferencia por el estado hexavalente en el tallo y el estado trivalente en las hojas. Teniendo una predominancia en concentración la especie trivalente, reflejando así que, en los datos de cromo total, se bioacumula mayormente en las hojas.

Grupo de laboratorio 3

Para la acelga asignada se evidencia que el cromo se bioacumula mayoritariamente en la hoja, esto es respaldado bajo los procedimientos realizados en el laboratorio y los resultados, los cuales arrojan una mayor concentración en cromo (total, hexavalente y trivalente) en esa parte de la planta, y es expresada en ppm, esto puede ser debido al agua de riego que se utiliza para los cultivos, puesto que el cromo al ser un metal derivado de la actividad industrial, puede estar

presente en el agua y suelo; al regar los cultivos, el cromo proveniente del agua de riego, empieza a bioacumularse en las hojas, la fuente más externa de la planta y en la raíz que es la que absorbe el agua. Así mismo es importante recalcar que por lo general es más común que esté presente en el suelo, puesto que su absorción es rápida y su movilidad muy baja, lo que implica que afecte los cultivos, aumentando la concentración de cromo en raíz, tallo y posteriormente en hoja.

Grupo de laboratorio 4

En relación con los resultados obtenidos de la acelga analizada, podemos establecer que el cromo hexavalente se bioacumula en la hoja, y el cromo total y trivalente en el tallo de la acelga, esto se ve reflejado en los datos obtenidos de los 2 practica experimentales. El cromo hexavalente es la especie de cromo más tóxica y a su consumo puede causar diferentes tipos de enfermedades como cáncer que son irreversibles de curar.

Conforme a las respuestas anteriores que pertenecen a la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**, los futuros docentes de química presentan un dominio con relación a los datos obtenidos experimentalmente sobre la determinación de las especies de cromo en acelga. Se reconoce que los futuros docentes de química presentan un manejo adecuado de conceptos reconociendo por medio de un análisis experimental identifican donde hay una posible bioacumulación de cromo en la acelga, y a partir de eso argumentan dentro de un dominio de la ciencia. Por este motivo según lo expuesto por Bybee (1997) deben de comprender una pregunta, un concepto de relacionado con el dominio de la ciencia, pero su inteligencia se basa de ideologías incorrectas.

Relacionándolo con lo anterior, reconocen los conceptos químicos relacionados con la ciencia, específicamente con la determinación de las especies de cromo, obteniendo como resultado un buen aprendizaje sobre el cromo en la acelga. En tal sentido la inteligencia de los futuros docentes de química no se basa en ideologías incorrectas, ya que presentan un aprendizaje sobre los conceptos relacionados con las practicas experimentales por esta razón su comprensión no se identifica por ideologías incorrectas, ya que presentan un entendimiento sobre los conceptos relacionados con la química del cromo.

En este sentido, se considera pertinente lo establecido por Bybee para clasificarse en la categoría de **Alfabetización Científica Nominal**, pero teniendo en cuenta que no presentan ningún conocimiento erróneo.

Continuando con el análisis, en la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica** que se dirigió a la pregunta 3, prevalece y se evidencia el uso de un vocabulario científico y tecnológico con una comprensión superficial de asociaciones basadas sobre la problemática de toxicidad de cromo en hortalizas.

Pregunta 3

¿La ingesta de las 3 especies de cromo a través de la Beta vulgaris var cicla (Acelga) asignada, alcanza a ser perjudicial para la salud humana? Justifica tu respuesta.

Grupo de laboratorio 1

No, la ingesta de las tres especies de cromo a través de la Beta vulgaris var cicla (acelga) no alcanza a ser perjudicial para la salud. De hecho, el cromo es un mineral esencial para el organismo, que ayuda a regular el azúcar en sangre, el metabolismo de las grasas y los carbohidratos, y la función cognitiva. La acelga es una verdura rica en cromo, que contiene aproximadamente 10 microgramos por 100 gramos. Esta cantidad es suficiente para cubrir las necesidades diarias de cromo de un adulto, que son de 20 a 35 microgramos; Sin embargo, es importante tener en cuenta que las personas con problemas renales deben tener precaución al consumir acelga, ya que el cromo puede ser tóxico para los riñones en grandes cantidades.

Grupo de laboratorio 2

En base a la teoría reportada por la ELIKA y Australian New Zealand Food Standard Code, las concentraciones de cromo en sus dos especies resultan ser muy elevadas, comparadas con la teoría. Resultando ser un producto que, en una ingesta continua, puede llegar a tener efectos adversos para la salud. Estos niveles excesivos de las especies de cromo recaen principalmente en la especie trivalente, que, a pesar de ser el elemento necesario en procesos del cuerpo humano, en elevadas concentraciones puede tener interferencia con otros minerales, efectos negativos en la función renal o alergia o sensibilidad al cromo.

Grupo de laboratorio 3

Las tres especies de cromo pueden encontrarse en la planta Beta Vulgaris Var Cicla y por ende ser perjudicial para la salud humana, teniendo en cuenta lo dicho por ELIKA (2020) donde da a conocer que los valores máximos de ingesta diaria tolerable de cromo trivalente son de 0,3mg/kg por peso corporal / día y de cromo hexavalente de 1mg/kg por peso corporal / día y la ingesta estimada de cromo en alimentos según la EFSA (2014) que se da a conocer en la siguiente tabla:

Población	Ingesta media diaria mg/kg
Niños de 0 a 3 años	0,015 a 0,036
Niños entre los 3 y 10 años	0,016 a 0,049
Adolescentes entre los 10 y 18 años	0,009 a 0,025
Adultos entre los 19 a 65 años	0.008 a 0.016
Adultos mayores de 65 años	0,006 a 0.014

Tabla: Ingesta cromo en alimentos (elaboración propia)

Al revisar nuestros resultados se evidencia un incremento en estos valores permitidos, por ende, se infiere que este tipo de acelga si pudiera ser perjudicial para la salud si se consume en altas cantidades y más si es el cromo hexavalente que es el que es más perjudicial y puede causar:

Toxicidad aguda: Es causada por el exceso de cromo hexavalente y puede ocasionar tanto vomito como diarrea.

Toxicidad crónica: Se da a medio o largo plazo, su consumo en grandes cantidades puede causar daño renal, cardiovascular, respiratorios, entre otros.

Cáncer: El cromo hexavalente puede llegar a causar cáncer de pulmón en los humanos, puesto que, aunque el cromo hexavalente al entrar al cuerpo humano se transforma en cromo trivalente, una cantidad mínima es distribuida en el organismo y puede acumularse en varios tejidos y desarrollando células cancerígenas

Grupo de laboratorio 4

No debería por su presencia de cromo hexavalente, este es el principal causante de grandes enfermedades perjudiciales como cáncer entre otras, sin embargo, se puede examinar previo su consumo, debido a que los parámetros colombianos e internacionales no son claros por medio de las regulaciones del INVIMA y el ELIKA entre otras.

En cuanto a las respuestas que se corresponden a la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**, los futuros docentes de química presentan un adecuado manejo sobre los criterios adquiridos para tomar por decisión propia, si es adecuado el consumo de acelga o de hortalizas que posean una concentración de cromo en niveles muy altos, en tal sentido que no todas las especies del cromo no son perjudiciales para la salud. El cromo (III) es un micronutriente esencial para el cuerpo humano que según la edad de la persona tiene que ser la cantidad que se consume, en cambio el cromo (VI) puede generar enfermedades letales por su bioacumulación en el cuerpo humano. Por lo tanto, se evidencia que involucran el vocabulario científico y tecnológico de forma sencilla y concisa a lo largo de las respuestas de las preguntas,

indagando e informando según las normas nacionales e internacionales sobre cromo permisible en la acelga y principalmente en la ingesta diaria, teniendo claro esto los futuros docentes incorporan un vocabulario científico y tecnológico para tomar la decisión de si se consume en su totalidad o solo la parte que se reportó más concentración de cromo.

En cuanto a lo postulado por Bybee (1997), esta categoría se determina por la incorporación de vocabulario científico y tecnológico asociándolo con el conocimiento memorístico y superficial en este caso en la toxicidad de cromo en hortalizas. Los futuros docentes de química comprenden y escriben con un vocabulario científico y tecnológico de forma sencilla y presentan un conocimiento memorístico a partir de situaciones explicadas y estudiadas.

En concordancia con lo anterior, podemos decir que se clasifican en la categoría **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**, ya que cumplen con todo lo postulado por Bybee, en tal sentido que presentan un vocabulario científico y tecnológico con relación a un aprendizaje memorístico.

Del mismo modo se continuo con el análisis de la pregunta 4 correspondiente a la categoría de **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental**. Esta categoría comprende la globalidad de la disciplina científica para identificar y desarrollar nuevos conocimientos.

Pregunta 4

¿Cómo analistas del control de calidad de alimentos aprobarían que la Beta vulgaris var cicla (Acelga) asignada para el consumo humano, es óptima para la venta y distribución en los diferentes supermercados y plazas de mercado? Justifica tu respuesta.

8.5.2. Respuestas que corresponden con la categoría.

Grupo de laboratorio 1

Se recomendaría hacer un estudio detallado en el cual se parametrize características fisicoquímicas en los suelos y aguas de riego en el lugar donde se da el cultivo de acelga que se comercializa en el almacén de cadena del cual procede la muestra de acelga, ya que se debe establecer el origen del cromo hexavalente presenta en la muestra analizada.

Grupo de laboratorio 2

La decisión de aprobar la venta de acelga con valores altos de cromo ya sea en su forma hexavalente o trivalente, en ausencia de regulaciones específicas para cromo, sería un tema

delicado y requeriría una evaluación cuidadosa de los riesgos para la salud pública y la seguridad alimentaria.

Grupo de laboratorio 3

Conociendo los resultados obtenidos y la información sobre los límites permitidos de ingesta, claramente se evidencia que la acelga no se entrega a los supermercados y plazas de mercado en condiciones adecuadas para su posterior venta y consumo humano, dado los datos en concentración de las 3 especies de cromo que son superiores a los “permitidos” según varias entidades que se encargan de “supervisar” a nivel mundial y nacional los límites de contaminación de metales pesados. Por ende, antes de distribuirse tocaría repetir los ensayos de laboratorio para corroborar datos, así mismo se tendría que hacer un seguimiento a estos cultivos para verificar que cumplen con todos los estándares de calidad de sus alimentos para poder ser distribuidos para su venta y así mismo un monitoreo que permita conocer cuál es la calidad del suelo en el que se está cultivando, pues el dónde se encuentra en mayor proporción el cromo, él puede migrar a la planta de acelga e incrementar su concentración.

8.5.3. Respuestas que no corresponden con la categoría.

Grupo de laboratorio 4

Conociendo los cálculos obtenidos no debería por su presencia de cromo hexavalente, sin embargo, se puede aprobar previo el consumidor de la hortaliza, debido a que los parámetros colombianos no son claros por medio de las regulaciones.

De acuerdo con la respuesta de la pregunta 4 que pertenece a la categoría **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental**, podemos decir que en gran proporción los futuros docentes de química comprenden y analizan hacen uso de su aprendizaje adquirido, por lo tanto relacionan el aprendizaje con la globalidad de las ciencias químicas y con métodos, procedimientos y conocimientos especializados para la investigación de que si la acelga *Beta vulgaris var. cicla L* es óptima o no para el consumo humano, esto se puede evidenciar en las respuestas de los grupos 1,2 y 3.

En cambio las respuestas correspondientes al grupo 4, se puede apreciar que no desarrollaron una argumentación adecuada, identificando que no presenta un buen crecimiento en los conceptos relacionados con la globalidad de las ciencias química en relación con los conocimientos procedimentales especializados con relación a la distribución y consumo de la acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*) sea el adecuado para el consumo humano, no presentan una buena argumentación y no se justifican los conceptos utilizados.

En relación con lo anterior, según Bybee (1997) en este tipo de alfabetización los conceptos científicos se relacionan con la globalidad de una disciplina científica, siendo relevantes los conocimientos procedimentales encargados de una investigación.

Dicho lo anterior, podemos decir, que de 11 futuros docentes de química, 9 se clasifican en la categoría **Alfabetización Científica y Procedimental**, y 2 no se clasifican en esta categoría, y por ende se siguen clasificando en la categoría **Alfabetización Funcional y Tecnológica**.

Conforme a la pregunta 5 de la categoría de **Alfabetización Científica Multidimensional**, en la cual no se evidencia que los futuros docentes de química presentan un entendimiento hacia las disciplinas científicas y de dimensiones filosóficas de la ciencia.

Pregunta 5

¿Por qué muchos de los productos hortícolas que llegan a las plazas de mercado y supermercados no realizan protocolos de monitoreo para verificar límites de contaminación de metales pesados? Justifica tu respuesta.

Grupo de laboratorio 1

En el caso específico de las plazas de mercado de nuestro país, estas suelen estar conformadas por pequeños productores (campesinos) y comerciantes que no tienen los recursos para realizar los análisis de metales pesados. Además, las plazas de mercado suelen ser un punto de venta de productos de origen local, que pueden estar expuestos a una mayor contaminación por metales pesados debido al riego con aguas contaminadas por el sector industrial.

Grupo de laboratorio 2

La falta de protocolos para monitorear y verificar los niveles de contaminación de metales pesados en los productos que llegan a las plazas de mercado es un problema arraigado de larga data.

Grupo de laboratorio 3

Los agricultores o campesinos son personas que no han sido capacitadas para realizar este tipo de pruebas y también es por la falta de regulación, pues puede que no se esté controlando por los entes encargados que son asignados a nivel nacional.

Grupo de laboratorio 4

Una parte es debido a que la literatura y la comunidad científica no establece con claridad los niveles máximos permitidos y se esperaba que tanto el riego y los terrenos que se usan para la siembra no tengan.

Acorde a los resultados obtenidos en la pregunta 5, hace alusión a la categoría **Alfabetización Científica Multidimensional**, podemos decir, que los futuros docentes de química no corresponden con lo consolidado en esta categoría, ya que las respuestas obtenidas no presentan los conceptos disciplinares relacionados con las teorías científicas acerca de poseer una comprensión alguna con las dimensiones filosóficas de la ciencia. En esta categoría se espera tener una comprensión más profunda en el sentido de las ciencias filosóficas, en la variedad de que impliquen la reflexión de problemas sociales como lo es la toxicidad de cromo en hortalizas específicamente en la acelga. Por ende, no corresponde con lo propuesto por Bybee (1997) en el cual se debe desarrollar un entendimiento de conceptos sobre las disciplinas científicas con dimensiones filosóficas a cerca de las problemáticas sociales de la ciencia y de la tecnología.

Por lo tanto, las respuestas obtenidas no permiten evidenciar un aprendizaje con base a los planteamientos filosóficos desde una problemática planteada en como los productos hortícolas llegan a ser vendidos y distribuidos, sabiendo que el uso de agua contaminada con metales pesados son perjudiciales para la salud.

Conforme a lo anterior, esto se observa con la aplicación de las 2 prácticas de laboratorio y el taller argumentativo, por lo tanto, se examinaron las respuestas según la clasificación de las categorías realizadas según los niveles de **Alfabetización Científica y Tecnológica** propuestos por Bybee (1997). Estos análisis evidenciaron un avance de nivel desde la aplicación del cuestionario científico situándose en los niveles de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica** con 8 y en la **Alfabetización Científica Nominal** con 3 futuros docentes de química, hasta la aplicación del taller argumentativo posicionándose en la categoría **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica** con 2 y en la categoría **Alfabetización Científica y procedimental** con 9 futuros docentes de química.

8.5.4. Etapa de finalización

Continuando con la aplicación, se siguió con la etapa de finalización que corresponden a las sesiones 6 y 7. Esta etapa está orientada en realizar el cierre de la secuencia didáctica, por tal motivo se propone un caso simulado como estrategia didáctica sobre un problema planteado en este caso sobre la toxicidad de cromo en hortalizas, siendo los futuros docentes de química los que proponen una solución próxima. También, se evalúa la secuencia didáctica por medio de un Post-test en forma de prueba Likert, la cual nos va a dar una la medición del nivel alcanzado de Alfabetización Científica y Tecnológica de los futuros docente de química.

La sesión 6 se realizó el día 24 de octubre de 2023, la intervención se dio inicio a la 1:30pm y finalizo a la 2:30pm, se enfocó en una observación en relación con un caso simulado como actividad de cierre de la secuencia didáctica. Nuevamente se ordenó a los futuros docentes de química que se organizaron en los grupos conformados anteriormente. A cada grupo se les entrego un material impreso con un caso simulado y un rol planteado que fue asignado por los docentes investigadores (Tabla 13). Con base en este rol cada grupo debería plantear sus argumentos en relación con unas preguntas orientadoras que se encontraban en el material impreso, teniendo un tiempo de 25 minutos para luego comenzar con la actividad.

Principalmente el caso simulado “consiste en una articulación educativa de controversias publicas relacionadas con desarrollos tecnocientíficos con implicaciones sociales o medioambientales” (Osorio & Martin, s.f). Por lo tanto, se entiende como una estrategia didáctica al comprenderse como un medio por el que se obtiene un producto que los futuros docentes de química construyen siguiendo un orden a la hora de realizar la actividad.

Para la construcción del caso simulado, se realizó con base a los análisis de los resultados del diseño experimental realizado por los docentes investigadores sobre la determinación de cromo en acelga (*Beta vulgaris var. cicla L*). Finalmente se construyó con relación a la problemática de la toxicidad de cromo y como afecta a los seres humanos.

Tabla 28. Asignación de roles en la actividad del caso simulado.

GRUPOS	ROLES
1	INVIMA
2	Campesinos
3	Distribuidores
4	Consumidores

Nota. Autores (2023)

Ilustración 26. Futuros docentes de química preparando sus argumentos.



Nota. Registro fotográfico. Autores (2023)

Esta observación se grabó con un teléfono celular y posteriormente se transcribieron a computador. Para poder determinar el avance de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica.

8.5.5. Observación caso simulado

A continuación, se evidencia la respectiva ficha de observación, que muestra los respectivos análisis (Anexo 7) que realizaron los futuros docentes de química ante la problemática presentada en el caso simulado. (Anexo 6)

Tabla 29. Observación caso simulado.

FICHA DE OBSERVACIÓN		
Fecha: 24/10/2023	Lugar: Universidad Pedagógica Nacional	Hora: 1:30pm
Ejes temáticos	Descripción y Análisis	
	Los docentes investigadores realizan la primera intervención sobre cuál sería una posible solución en lo cual se puede destacar: <i>Rol de Campesinos</i>	

<p>Soluciones ante la problemática</p>	<p>Nosotros como campesinos solicitamos de manera encarecida una forma de ayuda para nosotros que nos enseñan nuevas alternativas para poder realizar nuestro riego sin que nos veamos afectados económicamente, también que deberían multar a los que arrojan basura al río generando regulaciones en las curtiembres.</p> <p><i>Rol de Distribuidores</i> Según lo que se ha observado con el tratamiento de las aguas residuales provenientes de industrias no es el adecuado, propondríamos que los campesinos recolecten aguas lluvias para realizar el riego.</p> <p><i>Rol de Consumidores de hortalizas</i> Campañas de concientización tanto para campesinos como para distribuidores, pero principalmente para las industrias de curtiembres del barrio San Benito, ya que son unos de los principales responsables de la contaminación de metales pesados en el río.</p> <p><i>Rol de INVIMA</i> Desde nuestro punto de vista como INVIMA, exigimos que los campesinos y puntos de ventas de hortalizas, cumplan con los parámetros estipulados en la resolución 002155 de 2012 desde el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible nosotros hicimos unos lineamientos para solucionar e intervenir en la irrigación de hortalizas con aguas contaminadas.</p>
<p>Prevención a la población</p>	<p>Los futuros docentes de química identifican como prevenir a la población de las concentraciones de cromo en las hortalizas, además postulan alternativas de cuidado.</p> <p><i>Rol campesino</i> Creando nuevos sistemas de riego, como aguas lluvias para que las hortalizas no posean concentraciones de cromo previniendo la presencia de metales pesados en el organismo, pero también nosotros como campesinos hacer llegar al distribuido una descripción de cómo fue la cosecha de esa hortaliza.</p> <p><i>Rol distribuidor de hortalizas</i> Informado sobre la problemática ambiental que sucede con el río Tunjuelo, pero a raíz de tratar de prevenir a la población, se puede ver afectado nuestro comercio y nuestras ventas de hortalizas ya que al no saber la procedencia se podría ver afectado económicamente nuestros negocios causando grandes pérdidas.</p> <p><i>Rol consumidor</i> Lo que propondríamos nosotros como consumidores, es que al igual de como se hace con los productos como son los paquetes</p>

	<p>que se muestra su alto contenido de sal o de azúcar, se hiciera lo mismo con estas etiquetas en este tipo de productos, puesto que el consumidor desconoce eso. Por ejemplo, nosotros desconocíamos los altos niveles de cromo y de metales pesados que estaban acumulándose en mi cuerpo no sé qué me pueda pasar a mediano o a largo plazo pueda presentar alguna enfermedad y lo desconocía.</p> <p><i>Rol INVIMA</i></p> <p>El INVIMA tiene publicado en su página web unos documentos de carácter de fácil acceso para cualquier persona, los cuales establece cuales son las zonas de cultivos de hortalizas de la sabana de Bogotá que irrigan con agua del río Tunjuelo y muy probablemente posean concentraciones altas de cromo.</p>
<p>Afectación directa o indirecta</p>	<p>A partir de las intervenciones anteriores, comprenden y proponen de manera coherente como ve ven afectados por la problemática de toxicidad de cromo.</p> <p><i>Rol campesino</i></p> <p>Me veo afectado de forma indirecta ya que como campesino esta problemática puede dañar mi sustento diario, además algunas alergias en la piel y los ojos que presentan algunos campesinos pueden ser producto de esta agua. Por otra parte, es a lo que nos dedicamos y no tenemos otro ingreso, entonces de un momento a otro terminar con nuestro cultivo porque prioriza nuestros niños, nuestra vida y nuestra familia.</p> <p><i>Rol distribuidor de hortalizas</i></p> <p>Por otra parte, de los distribuidores se evidencia una afectación indirecta, teniendo en cuenta que ellos saben la procedencia y manejo del cultivo lo cual demostraría afectación moral. Nosotros como distribuidores también necesitamos tener una seguridad alimenticia y no solo también nosotros tenemos que mantener el producto en el mercado sea como sea, porque es un alimento en la canasta familiar. Entonces es fundamental mantener esa relación debido a teniendo presente los controles que se están haciendo porque esto también nos asegura el consumo de hortalizas por parte de los consumidores tenido esa seguridad alimenticia que se debe mantener.</p> <p><i>Rol consumidor</i></p> <p>Nos vemos afectados de manera directa, debido a que nosotros los consumidores de estas hortalizas y a los que a mediano o largo plazo nos veremos afectados por las enfermedades provenientes de la acumulación de metales pesados. A pesar de que se realiza el monitoreo de calidad microbiológica de los cultivos y los resultados arrojan niveles altos para los metales</p>

	<p>pesados, se siguen comercializando este tipo de hortalizas en plazas de mercado y supermercados de cadena.</p> <p>Rol INVIMA Nosotros como INVIMA nos vemos afectados indirectamente, debido a que tenemos que garantizar que se cumplan las buenas prácticas de manufactura que fueron estipuladas en el decreto 3075 de 1997, el cual estipula que todos los productos se deben vender con una calidad excelente afectando directamente al consumidor, llegando a cerrar su establecimiento, y también, prohibiendo la venta de este en toda la ciudad directamente al campesino porque no tiene de donde sacar su producto.</p>
<p>Acuerdos entre autores sociales</p>	<p>En relación de cómo se ven afectados proponen entre entidades unos posibles acuerdos en los cuales, si puede ver reflejada la posición de cada uno, en solución a venta y comercialización de hortalizas.</p> <p style="text-align: center;">Rol INVIMA - Rol campesino</p> <p>Rol INVIMA Nosotros como entes de control junto al Ministerio de Salud y protección social, solicitamos de manera oportuna, nos den el permiso de realizar los respectivos análisis y estudios reglamentario para las hortalizas y al agua de riego. Porque es importante saber la trazabilidad de cómo se bioacumula el cromo en la planta, para poder así establecer unos requisitos sanitarios los cuales se deberán cumplir para límites máximos permisibles de cromo en hortalizas, y más adelante dar unas capacitaciones de las buenas prácticas de manufactura a los campesinos para establecer cultivos de muy buena calidad.</p> <p>Rol campesino Ante lo planteado por el INVIMA, nosotros los campesinos accedemos a que el INVIMA realice los estudios que sean necesarios, pero sin afectar nuestros cultivos y también nuestras ventas, ya que es lo único que tenemos de entrada económica para sostener a nuestras familias y aparte de eso poder vender nuestros productos tranquilos. Con lo respecto al agua de riego, es el único recurso que tenemos para irrigar nuestras hortalizas ya que si utilizamos agua del acueducto no tenemos como responder por el recibo tan costoso.</p> <p style="text-align: center;">Rol campesino- Rol distribuidor</p> <p>Rol campesino Como pueden observar el INVIMA está realizando diferentes análisis en nuestras fincas, principalmente en nuestros cultivos para mirar lo que pasa con los metales pesados que se encuentran en el agua de riego del río Tunjuelo. Nosotros vamos a seguir vendiéndoles nuestras hortalizas en las condiciones que ustedes ya conocen hasta que el INVIMA nos proporcione una solución, ya que nosotros no contamos con los recursos óptimos para entregar el producto con los</p>

aseguramientos de calidad. Pero si no están interesados en comprar, nosotros vamos a buscar otro comprador.

Rol distribuidor

Ustedes como campesinos deberían de entregar el producto realizando el aseguramiento de calidad, en este se estipularía a partir del manejo de fertilizantes, agua de riego y cuantificación de metales pesado. Bajo este parámetro nosotros podríamos vender nuestras hortalizas a los consumidores. Por lo tanto, no vamos a seguirles comprando.

Rol distribuidor - Rol consumidor

Rol distribuidor

Debido a los estudios de análisis que se están realizando a las hortalizas que provienen de la sabana de Bogotá, es muy probable que contengan metales pesados específicamente el cromo, por tal razón no estamos seguros, a raíz de lo anterior lo que hicimos fue cambiar de proveedor de campesinos para estar más seguros de que estas hortalizas no contienen cromo.

Rol consumidor

A raíz de los escuchado, no vamos a volver a comprar estas hortalizas así sean de otro tipo de cultivo, hasta que el INVIMA dé a conocer los resultados de los estudios realizados, ya que nosotros los consumidores no hemos visto afectados en la salud por el consumo las hortalizas.

Rol consumidor - Rol INVIMA

Rol consumidor

Porque ustedes como el INVIMA, permiten este tipo de comercialización de hortalizas, deberían tener más control sobre el adecuado manejo de las hortalizas, pero también deberían sancionar a las industrias que contaminan el río con este tipo de contaminantes ya que gracias a estas industrias el agua se contamina dañando el medio ambiente y afectando tanto en la económica de campesino y distribuidores y en la salud humana del consumidor.

Rol INVIMA

Nosotros nos caracterizamos por ser un ente de control muy estricto con el cumplimiento de las normas encargadas a las manufacturas de alimentos, nos encontramos realizando diferentes análisis químicos y microbiológicos para que se pueda dar una solución próxima a la problemática evidenciada, por lo tal vamos a ser cumplir con los requisitos de manufactura estipulados en el decreto 3075 de 1997 tanto a campesinos como a distribuidores. En tal sentido vamos a pensar la forma de ayudar a los campesinos ya que por cuestiones económicas no pueden cumplir con lo estipulado en el decreto. Por los resultados obtenidos en los análisis hemos informado a la

	secretaria de Ambiente para que se ponga en contacto con estas industrias y se puedan evitar los vertimientos de estas aguas residuales con cromo al río Tunjuelo.
--	--

Nota. Autores (2023)

Como se evidencia en la tabla 14, en el caso de los futuros docentes de química, se destaca que poseen un buen manejo de la problemática, por lo que se observa una relación equilibrada entre los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica. Estos resultados dan a conocer que los futuros docentes de química se enfocan en ejecutar una relación e integración de los conocimientos adquiridos a lo largo de la aplicación de la secuencia didáctica evidenciando que las ciencias se encuentran al servicio de poder analizar una problemática que afecta a una comunidad. Según Bybee (1997), “La Alfabetización Científica y Tecnológica hace alusión a que los estudiantes deben alcanzar una cierta comprensión y apreciación de la ciencia y la tecnología que son parte de una cultura”.

Así mismo, se verifica que poseen una alfabetización consecutiva desde su nivel de diagnóstico en tal sentido que pueden dar argumentos constructivos y coherentes desde un lenguaje cotidiano hasta un lenguaje técnico a la hora de identificar una posible problemática, solución y posibles diálogos con la comunidad.

8.5.6. Aplicación del Post-test

En la sesión 7, es la última sesión orientada a evaluar la efectividad de la secuencia didáctica, para eso los docentes investigadores entregan un material impreso con una prueba tipo Likert a los futuros docentes de química. Esta prueba Likert (Anexo 1) es la misma que se utilizó previamente en la sesión 1 para diagnosticar el nivel inicial de Alfabetización Científica y Tecnológica. Se utiliza de nuevo como Post-test para verificar si se efectuó el avance de nivel según la aplicación de la secuencia didáctica y medir el nivel final de Alfabetización Científica y Tecnológica de los futuros docentes de química. En esta sesión también se realizó una retroalimentación sobre las sesiones aplicadas para llevar a cabo la alfabetización.

Igualmente, que en el Pre-test, se clasifican y se citan las mismas afirmaciones de cada categoría, para realizar la comparación del nivel inicial con el nivel de finalización.

En este orden de ideas, la categoría de **Analfabetismo Científico** se orientó en las afirmaciones 18, 6, 12 y 1. En las cuales se presentan los resultados de las afirmaciones 18 y 1 (Gráficos 1 y 2) en donde se observa que los futuros docentes de química presentan un conocimiento básico sobre conceptos relacionados con la química y además reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en el ambiente y en la salud humana. Lo nombrado

anteriormente también se evidencia en la aplicación de la secuencia didáctica y por ende no han presentado variación en las respuestas de las afirmaciones. En tal sentido según Bybee (1997) los futuros docentes de química no presentan una falta de vocabulario insuficiente de los conceptos relacionados con la ciencia de la química sobre la toxicidad del cromo en hortalizas y por lo tanto, como se evidencia a los largo de la aplicación de la secuencia didáctica no se clasifican en la categoría de **Analfabetismo Científico**.

Continuando con el análisis, la categoría de **Alfabetización Científica Nominal** se oriento en las afirmaciones 19, 14, 4, 8 , 7 y 3 . En las que se presenta los resultados de las afirmaciones 8,14 y 4 (Gráficos 3,4 y 5). Se observa que desde la aplicación del Pre-test, y con la aplicación de la secuencia didáctica no han presentado cambios significativos en las respuestas de las preguntas, por lo tanto los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en las hortalizas. Según lo planteado por Bybee (1997) identifican los futuros docentes de química los conceptos relacionados con la ciencia obteniendo una enseñanza y aprendizaje en relación con un dominio de la ciencia clasificándose en esta categoría de **Alfabetización Científica Nominal**.

Siguiendo con la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**, estuvo dirigida a las afirmaciones 16, 5, 17, 10 y 11. En las que se orientó en las respuestas de las afirmaciones 15, 11 y 10. En las que se observa que los futuros docentes de química interpretan y hace uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del cromo en hortalizas. A partir de los anterior se evidencia que con la aplicación de la secuencia didáctica se presenta un avance de nivel de Alfabetización Científica y Tecnológica en los futuros docentes de química.

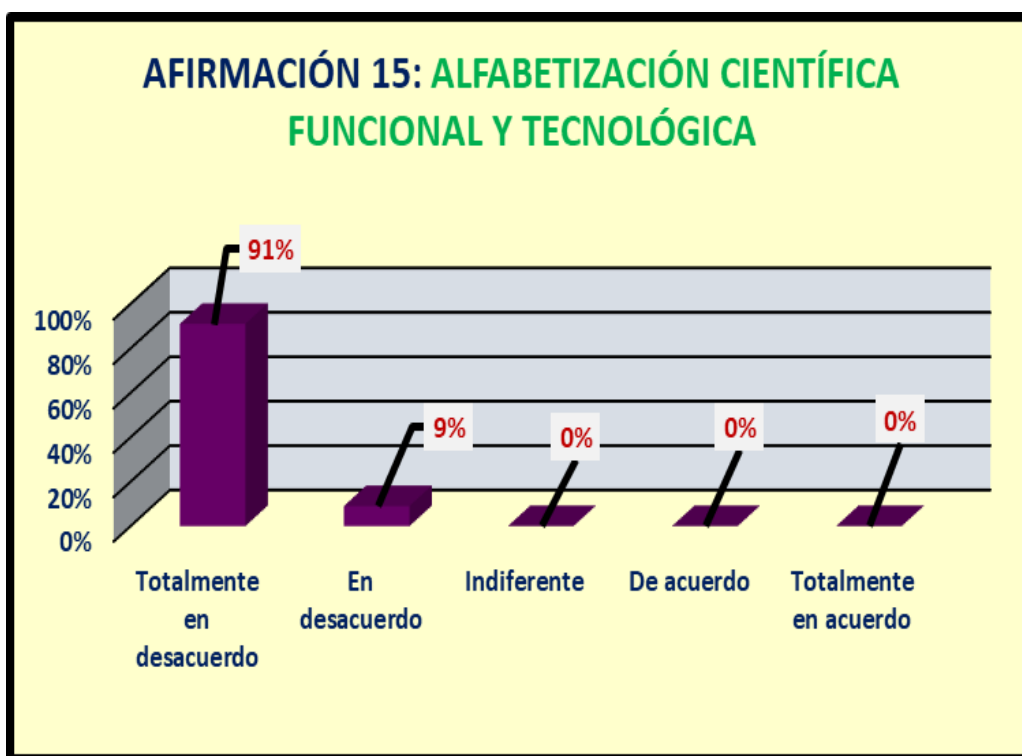
De acuerdo con las afirmaciones 15, 11 y 10, se evidencian que los futuros docentes de química comprendan los conceptos químicos relacionados con el cromo.

Afirmación 15:

“El cromo (III) es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano”.

En esta afirmación, se observa que el cromo (III) no es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano, por lo que un 91% está totalmente en desacuerdo y un 9% en desacuerdo (Gráfico 37.). En cuanto a la aplicación del Pre-test obtuvimos que un 36% respondieron indiferente, un 54% están de acuerdo y solo un 9% están en totalmente en desacuerdo (Gráfico 6). Por lo que se evidencia que hay una diferencia de 10 futuros docentes de química que aprendieron que cromo (III) no es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano.

Gráfico 37. Afirmación 15 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica (Post-test).



Nota. Autores (2023)

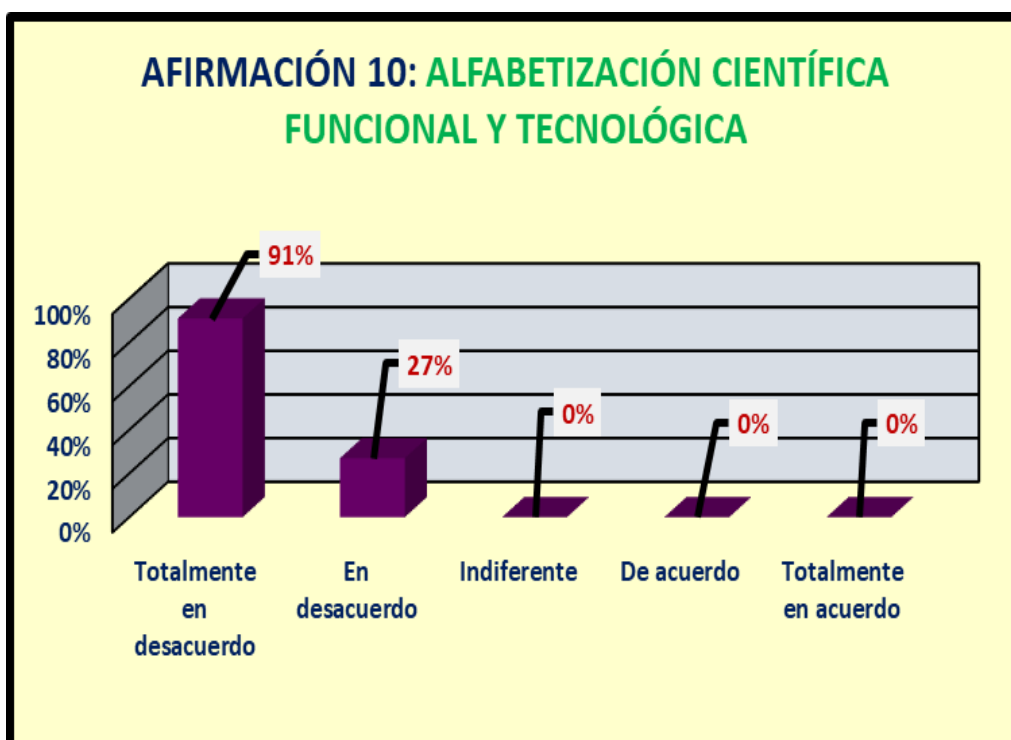
En relación con las afirmaciones 10 y 11 se observa que los futuros docentes comprenden que los alimentos están expuestos a concentraciones de cromo.

Afirmación 10:

“La población en general tiene una mayor probabilidad de exposición a niveles muy altos de cromo en los alimentos”.

En esta afirmación se identifica que la población se encuentra expuesta a niveles altos de cromo, por lo que un 73% se encuentra totalmente en de acuerdo y un 27% en de acuerdo (Gráfico 38). Anteriormente con la aplicación del Pre-test se observó que un 64% estaba en totalmente en desacuerdo, un 27% respondieron indiferente y un 9% estaba en totalmente de acuerdo. (Gráfico 7). En tal sentido se evidencia que hay una diferencia de 10 futuros docentes de química que aprendieron que la población puede estar expuesta a niveles de cromo.

Gráfico 38. Afirmación 10 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica (Post-test)



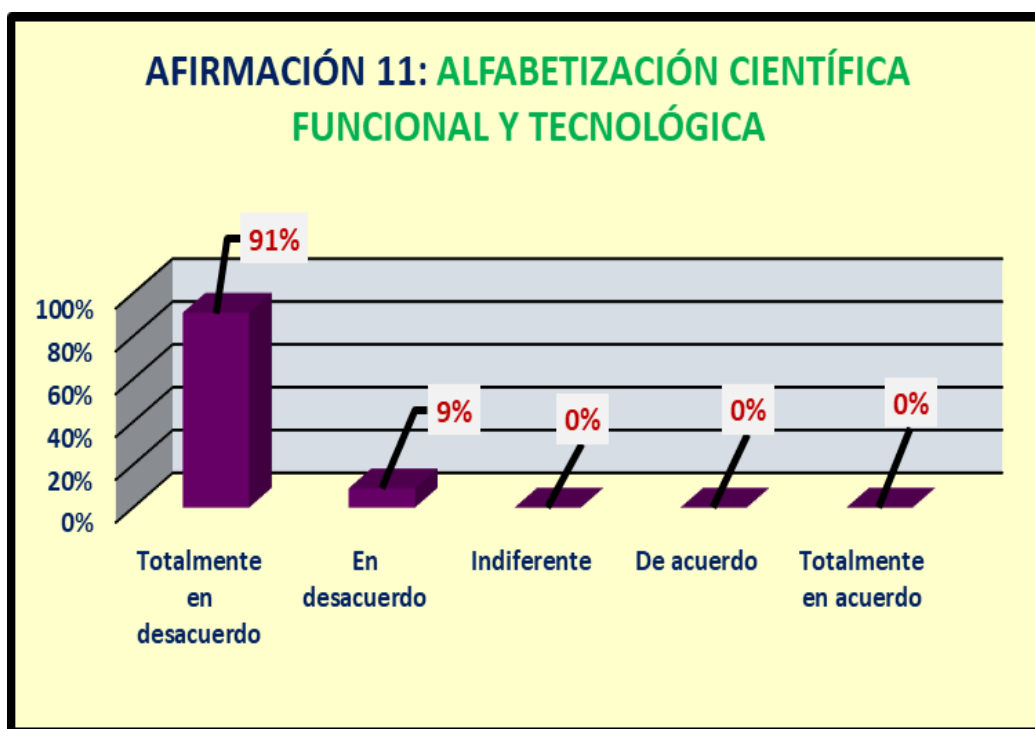
Nota. Autores (2023)

Afirmación 11:

“Cree que una variedad de alimentos tales como frutas, hortalizas, verduras, carnes y derivados lácteos, poseen concentraciones de cromo”.

Esta afirmación se identifica que un 91% están en totalmente de acuerdo y un 9% en desacuerdo en que la variedad de alimentos como frutas, hortalizas, verduras, carnes y derivados lácteos, poseen altas concentraciones de cromo (Gráfico 39). En comparación con la aplicación del Pre-test se observa que hubo un avance por lo que 73% están en desacuerdo y un 27% respondieron indiferente (Gráfico 8), por lo que los futuros docentes de química en su totalidad aprendieron que los alimentos traen o poseen concentraciones de cromo, ya sea por el manejo o la procedencia del alimento o por el porcentaje de cromo (III) que posee como micronutriente.

Gráfico 39. Afirmación 11 Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica (Post-test)



Nota. Autores (2023)

Conforme a lo anterior, se evidencia un avance en los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica, en comparación con el Pre-test, identifican los conceptos básicos del cromo y también que los alimentos específicamente las hortalizas pueden tener concentraciones de cromo. En relación con los planteamientos de Bybee (1997) los futuros docentes interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico en relación con la problemática de la toxicidad del cromo en hortalizas, incorporando las habilidades de investigación científica con el fin de proponer una posible resolución del problema presentado. Teniendo en cuenta lo anterior, los futuros docentes de química se clasifican en la categoría de **Alfabetización Científica Funcional y Tecnológica**.

Siguiendo con el respectivo análisis correspondiente a la categoría de **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental**, la cual se enfoca en las afirmaciones 13 y 18. En las que se logra apreciar que comprenden los conceptos científicos relacionados con la disciplina para la resolución del problema de la contaminación de cromo en hortalizas.

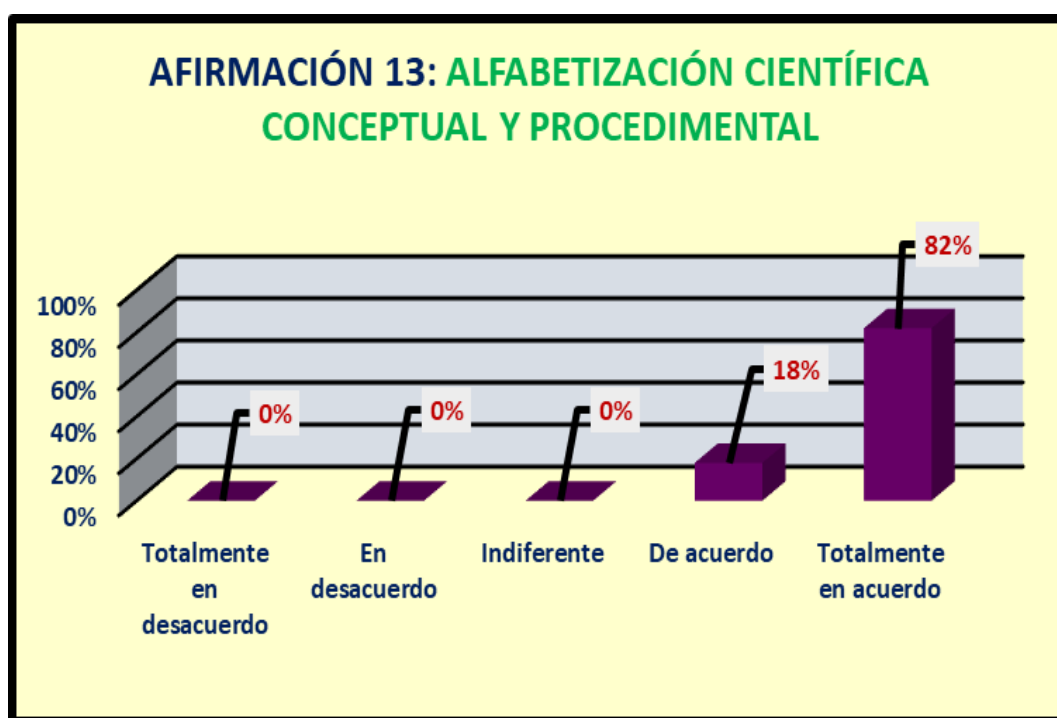
De acuerdo con las afirmaciones 13 y 18 se observa que establecen un conocimiento sobre procedimientos científicos para la detección de la bioacumulación de cromo en el organismo.

Afirmación 13:

“El cromo por ingestión se puede monitorear mediante un examen clínico de sangre, orina, cabello y leche materna”.

Se observa que esta afirmación se aprecia que un 82% está totalmente de acuerdo y un 18% en de acuerdo por lo cual se entiende que por medio de exámenes clínicos de sangre, orina, cabello y leche materna se puede detectar el cromo presente en el organismo de una persona que estuvo expuesta a concentraciones de este metal (Gráfico 40). En contraste con la aplicación del Pretest se evidencia un avance por lo que se encontraban en un porcentaje de 73% estando en totalmente en desacuerdo, un 9% en indiferente y un 18% en desacuerdo. (Gráfico 16), según lo anterior se evidencia que los futuros docentes de química comprenden e interpretan la forma adecuada de detectar cromo en el organismo

Gráfico 40. Afirmación 13 Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental (Post-test).



Nota. Autores (2023)

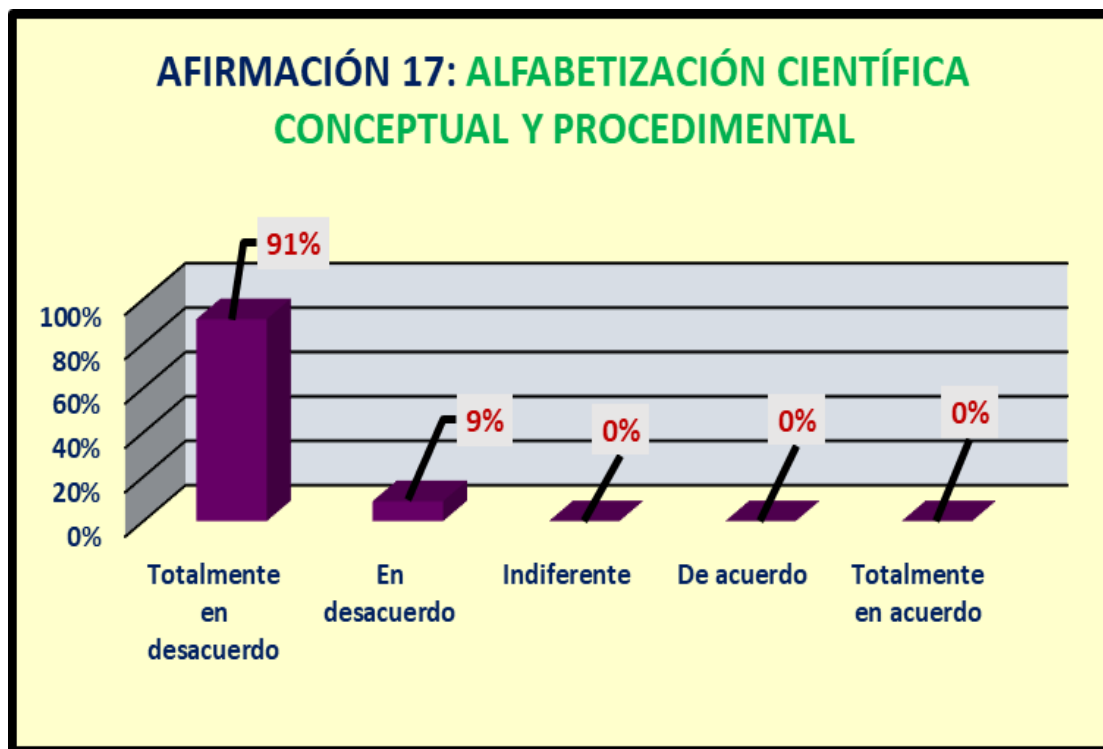
Afirmación 17:

“El agua de riego proveniente del río Tunjuelo puede afectar en la bioacumulación de metales pesados en hortalizas”.

Se evidencia que en esta afirmación un 91% están de acuerdo y un 9% en totalmente de acuerdo, por lo que entienden y asumen que el agua proveniente del río Tunjuelo afecta por la

irrigación en la bioacumulación de cromo en las hortalizas (Gráfico 41). En comparación con la aplicación del Pre-test se percibe un progreso ya que se encontraban un 64% están en desacuerdo y un 36% indiferente (Gráfico 17), en relación con lo anterior se evidencia que identifican la procedencia de la bioacumulación de metales pesados en la hortaliza.

Gráfico 41. Afirmación 18 Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental (Post-test).



Nota. Autores (2023)

En relación con lo analizado, se observa un avance en los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica, en comparativo con el pre-test, entienden la procedencia de la bioacumulación de metales pesados en las hortalizas dado por la irrigación con agua del río Tunjuelo y también que estas concentraciones de cromo que se presentan en el organismo pueden ser monitoreadas por medio de exámenes clínicos. Por lo tanto, en relación con lo descrito por Bybee (1997) son importantes los conocimientos procedimentales y las destrezas que desarrollan de la investigación científica y la solución de problemas relacionados con lo tecnológico. Por lo cual, los futuros docentes de química se clasifican en la categoría de **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental**.

Para finalizar con el análisis respectivo relacionado con la categoría de **Alfabetización Científica Multidimensional** se orientó a las afirmaciones 9, 2 y 20. En las que se evidencia

que un porcentaje de un 27% presentan una comprensión de procesos de investigación con las disciplinas científicas con alusión de la contaminación de las hortalizas por cromo.

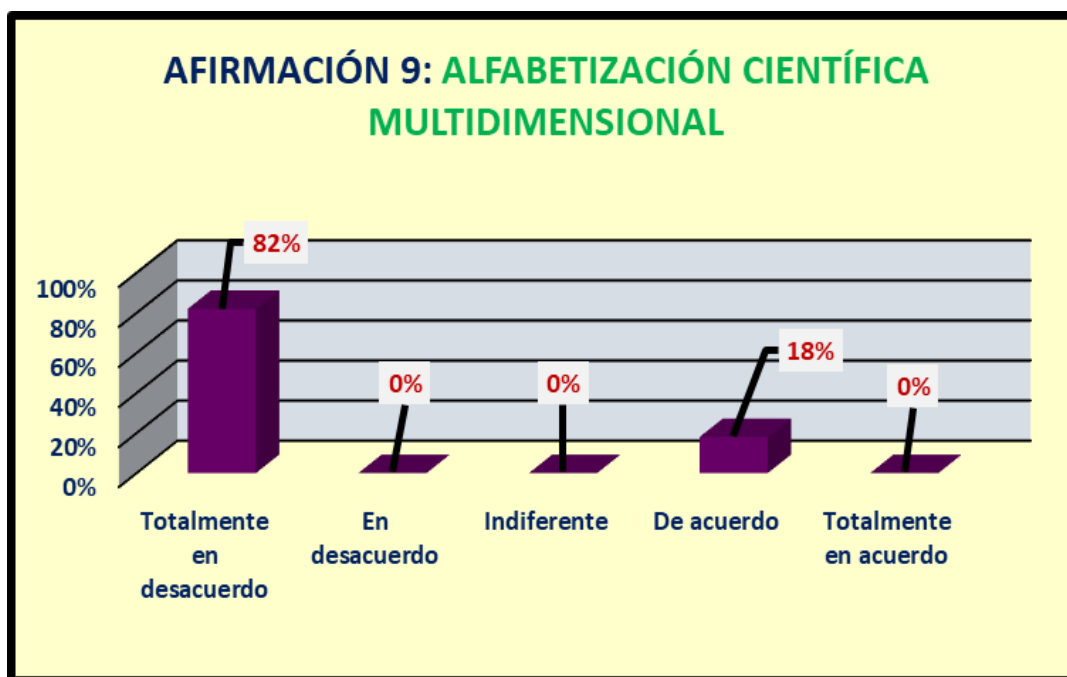
De las afirmaciones 9 y 2 se evidencia un porcentaje muy mínimo de los futuros docentes de química que presentan un conocimiento sobre que existe un control de metales pesados que contengan un alimento específicamente hortalizas.

Afirmación 9:

“Cree que las entidades ambientales desarrollan reglamentos y recomendaciones óptimas para el control oficial de los niveles de cromo en alimentos y agua de consumo humano”.

En esta afirmación se evidencia que un 18% se encuentran en de acuerdo y un 82% está en totalmente en desacuerdo. Se esperaba un que un porcentaje mayor obtuvieran respuestas como de acuerdo o totalmente de acuerdo, por lo tanto, solo 2 futuros docentes identifican que hay entidades ambientales que han elaborados reglamentos de los metales pesados en alimentos. (Gráfico 42). En comparación con la aplicación del Pre-test podemos decir que hubo un cambio de 2 futuros docentes de química que contestaron de la respuesta correcta por lo que antes se observaba que un 73% se encontraban en indiferente, un 9% está en desacuerdo y un 18% está en totalmente en desacuerdo. (Gráfico 18)

Gráfico 42. Afirmación 9 Alfabetización Científica Multidimensional (Post-test).



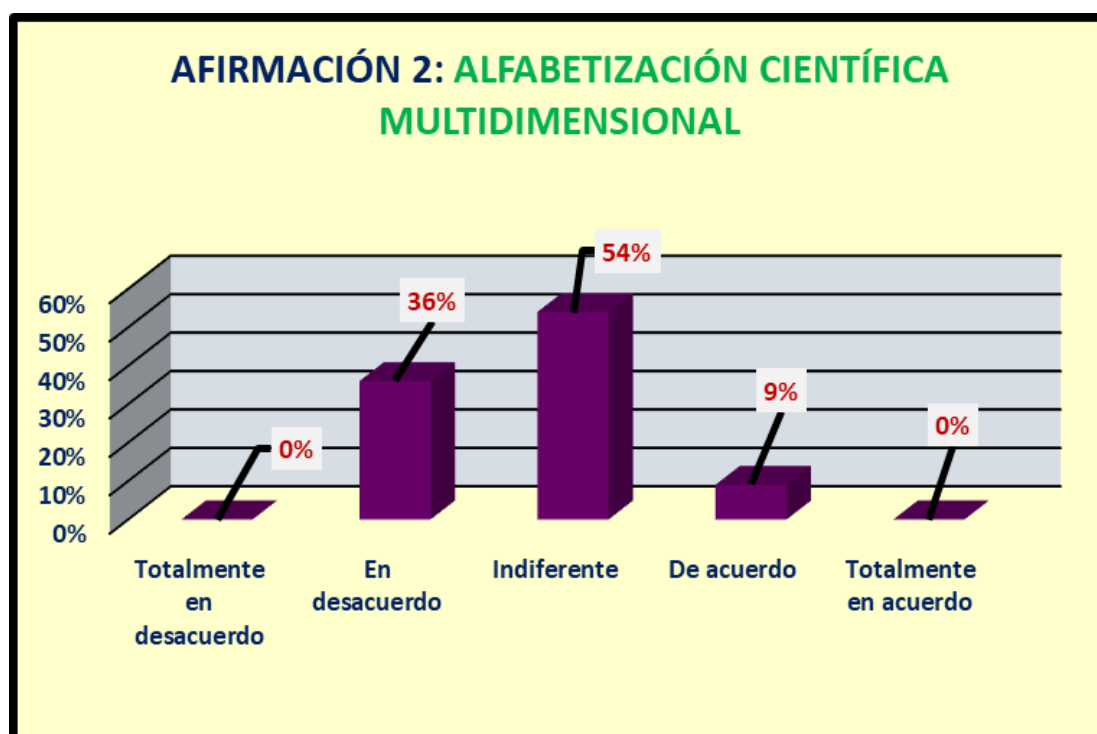
Nota. Autores (2023)

Afirmación 2:

“Los metales pesados, se pueden remover por técnicas físicas y químicas”.

En esta afirmación se observa que un 9% se encuentran en de acuerdo y un 36% en desacuerdo y un 54% en indiferente (Gráfico 43). Evidenciando lo anterior se esperaba que la mayoría de los futuros docentes de química contestaran en totalmente de acuerdo y en de acuerdo. En contraste con el Pre-test solo 1 futuro docente de química contesto la respuesta correcta, en relación con las anteriores se evidencia que un 45% se encuentra en desacuerdo y un 54% en indiferente (Gráfico 19).

Gráfico 43. Afirmación 2 Alfabetización Científica Multidimensional (Post-test)



Nota. Autores (2023)

En relación con lo observado anteriormente, solo 1 futuros docente de química se clasifica en la categoría de **Alfabetización Científica Multidimensional**, por lo que identifica los conceptos de la disciplina científica desde los procesos experimentales relacionados con la investigación de metales pesados en hortalizas. En relación con lo planteado por Bybee (1997) en este nivel de alfabetización, los individuos fomentan una identificación y apreciación de la ciencia y la tecnología como entidad cultural, por lo que incluye las dimensiones históricas de la ciencia y la tecnología.

Conforme con los resultados a de la evaluación de la secuencia didáctica, se evidencia que 10 de los futuros docentes de química obtuvieron como nivel final la **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental**, y solo 1 obtuvo el nivel de **Alfabetización Científica Multidimensional**. Por lo cual se evidencia un avance con la aplicación de la secuencia didáctica desde el inicial diagnosticado que fue **Alfabetización Científica Nominal**.

En síntesis, se observa el buen dominio de comprensión de las respuestas de las afirmaciones, por lo que entienden el vocabulario científico y tecnológico enfocado al contexto de la contaminación de cromo en hortalizas. Al pasar de nivel se observan que se produjo una alfabetización satisfactoria. Por consiguiente, se toma como punto de finalización de la secuencia didáctica los niveles **Alfabetización Científica Conceptual y Procedimental** y **Alfabetización Científica Multidimensional**, evidenciándose un avance en la Alfabetización Científica y Tecnológica en los futuros docentes de química.

9. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación permitió fortalecer la línea de investigación “Incorporación de la Educación Ambiental al Currículo de Ciencias” del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional, al realizar un estudio de tipo ambiental relacionado con la toxicidad de cromo en acelgas irrigadas con agua del río Tunjuelo, encaminando esta problemática a la enseñanza en relación con los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica según Bybee. También es importante resaltar que este trabajo fue expuesto en el XIX Congreso Colombiano de Química de la Universidad de los Andes y en la Semana de la Investigación de la Universidad Pedagógica Nacional en el mes de octubre del 2023, aportando un enriquecimiento en la divulgación de un problema ambiental que afecta a una comunidad y como lo futuros docentes de química pueden interpretarla y adicionarla en la enseñanza de las ciencias.

Según el modelo de Bybee para alcanzar el aprendizaje de algunos conceptos, el comparativo de los resultados previos y posteriores de la intervención permite concluir el acierto o validez de la intervención didáctica basada en la Alfabetización Científica y Tecnológica.

En este orden de ideas, al realizar el diagnóstico de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica según Bybee, se obtuvo que los 11 futuros docentes de química del énfasis disciplinar II, se clasificaron en el nivel de Alfabetización Nominal, dado a que desconocían la problemática ambiental, entorno a la toxicidad y la bioacumulación de cromo en la acelga.

Se cuantificó la concentración de cromo (III y VI) por las técnicas analíticas de espectrofotometría de Absorción atómica y Ultravioleta visible, en las matrices de suelo, agua y acelga durante la semana 0 hasta la semana 16, permitiendo observar con estos resultados la bioacumulación de cromo en la acelga, debido a la irrigación con agua del río Tunjuelo.

De acuerdo con los análisis fisicoquímicos, el pH del agua que oscilo entre (4,67 a 4,84) se clasifica como apta para la agricultura, pero la falta de tratamiento convencional la hace inapropiada para el riego, contribuyendo a la elevada presencia de cromo en el suelo. Además, se evidenció que la preocupación radica en la movilidad y biodisponibilidad del cromo, que contamina cuerpos de agua y genera riesgos ambientales y sanitarios. La textura fina-arcillosa del suelo amplifica la retención del cromo, afectando la absorción de nutrientes por parte de la acelga. Sin embargo, el método de riego por aspersión en invernaderos y veredas contamina directamente las partes comestibles de la acelga. En conclusión, la investigación destaca la urgencia de abordar esta problemática científica y tecnológicamente, para preservar la seguridad alimentaria y la salud de la población expuesta a alimentos contaminados por cromo.

Se evaluó la secuencia didáctica a través de la aplicación de instrumentos cualitativos y cuantitativos en cada sesión. Esto permitió analizar cómo los 11 futuros docentes de química del Énfasis disciplinar II, avanzaron desde un nivel de Alfabetización Nominal hasta alcanzar un nivel conceptual y procedimental. En efecto, se evidencia que la intervención de la secuencia didáctica fortaleció el aprendizaje transitorio de los futuros docentes de química. Este fortalecimiento se logró al comprender el impacto originado por la toxicidad de cromo en la acelga por medio de diversas actividades pedagógicas tales como el cuestionario científico, la práctica de laboratorio, el taller argumentativo y el caso simulado empleadas como estrategia de enseñanza-aprendizaje.

10. RECOMENDACIONES

- Se sugiere mejorar la educación de la población involucrada con la venta y consumo de alimentos contaminados, destacando la importancia de la Alfabetización Científica y Tecnológica en el ámbito de las ciencias. debido a que es esencial proporcionar información sobre las exposiciones tóxicas durante el cultivo de hortalizas sin medidas de sanidad, resaltando los riesgos asociados al consumo de estos alimentos.
- Considerando la preocupación por la contaminación de cromo en hortalizas y la importancia de la Alfabetización Científica y Tecnológica según Bybee (1997), se

sugiere implementar estrategias de divulgación y concientización dirigidas a la comunidad. Esto puede incluir:

Campañas Educativas: Desarrollar campañas informativas mediante el uso de las TIC'S, que aborden la presencia de cromo en hortalizas, sus posibles riesgos para la salud y las medidas de mitigación. Estas campañas deben diseñarse de manera accesible para el público en general, aplicando los principios de la Alfabetización Científica y Tecnológica para intervenir en el problema ambiental.

Talleres Interactivos: Organizar talleres interactivos que permitan a la comunidad aprender sobre las prácticas seguras en la producción y consumo de hortalizas. Estos talleres pueden incluir demostraciones prácticas y la participación de los asistentes.

Colaboración con Instituciones Educativas: Establecer colaboraciones con instituciones educativas locales para integrar la Alfabetización Científica en los programas de estudio. Esto garantizará que las generaciones futuras estén mejor preparadas para comprender y abordar problemas relacionados con la contaminación.

Monitoreo Continuo: Implementar programas de monitoreo continuo de la calidad de los alimentos, especialmente de las hortalizas, y compartir los resultados de manera transparente con la comunidad. Esto fomentará la confianza y el entendimiento sobre las prácticas seguras en la producción de alimentos.

- Dado que las concentraciones de cromo (VI y III), presentes en la acelga se redujeron mínimamente al momento de someterlas a una previa cocción, se sugiere en próximos estudios llevar a cabo un análisis del agua que se utilizó para cocinar la respectiva acelga, ya que existe la posibilidad de que este metal pesado se haya transferido al agua durante este proceso. De esta manera se podría proporcionar una comprensión más completa acerca de la reducción de las concentraciones de cromo en la hortaliza.
- Se recomienda realizar investigaciones, sobre la concentración de cromo tomando muestras de otras hortalizas que estén expuestas a contaminarse por el tipo de agua que utilizan durante el proceso de irrigamiento. Esto con el objetivo de evaluar las variaciones de estas concentraciones con el tiempo de crecimiento de la planta e incluyendo factores del medio ambiente.

- Se sugiere medidas de seguridad alimentaria por parte de los entes gubernamentales de Colombia, ya que carecen de un límite legal permitido para cromo en alimentos, especialmente en hortalizas y tubérculos.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de la ciencia: Educación científica para la ciudadanía. Retrieved from [https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16530/Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias.pdf](https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16530/Reflexiones_sobre_las_finalidades_de_la_enseñanza_de_las_ciencias.pdf).
- Acevedo, J. A. A., Vázquez, L. Á., & Manassero, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, Vol. 2, no 2, p. 1.
- Aguirre, P., Laurencio, R., López, J., Anaya, M., Domínguez, J., & Reyes, A. (2023). Alfabetización científica e informacional. Infodemia y educación universitaria en tiempos de pandemia. *Ética y moralidad en los medios de comunicación: investigaciones y propuestas*, (357-383).
- Allas, R. B. (2009). *El perfil del suelo: formación y clasificación*. Madrid: I. Walter.
- American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation; Lipps WC; Braun-Howland EB; Baxter TE. (2023). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 24th ed.* Washington DC: Prensa APHA.
- Ametepey, S. T., Cobbina, S. J., Akpabey, F. J., Duwiejuah, A. B., & Abuntori, Z. N. . (2018). Health risk assessment and heavy metal contamination levels in vegetables from Tamale Metropolis, Ghana. *International Journal of Food Contamination*, 1-8.
- ASTM. (2007). D422-63. *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*, 1-8.
- ASTM. (2019). Standard Test Methods for pH of Soils. *D4972-19*, 1-6.
- Bermejo, M. R., & Moreno, R. A. (2014). *Análisis Instrumental*. Madrid: Síntesis.
- Bishnoi, N., Dua, A., Guptab, V., & Sawhney, S. (1993). *Efecto del cromo en la germinación de semillas, crecimiento de plántulas y rendimiento de guisantes*. India.
- Bybee, R. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Iinois: Heinemann; 1 edition.
- Camacho, J. (2020). *Diagnóstico sobre los niveles de cromo hexavalente (Cr+6) en el tramo iv del río Tunjuelito*. Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.
- Colorado, Z., M., D., P & Rodriguez, M., I., C. (2014). Proyecto de alfabetización científica y tecnológica: una propuesta e implementación en la enseñanza de las ciencias naturales para la educación básica primaria . *Doctoral Dissertarion*, 1-114.
- Concha, C., Coraima, C., Garcia, P., & Lucia, T. (2017). *Análisis de la concentración de cromo hexavalente (VI) con relación al ph en las aguas superficiales de la ciénaga de las quintas en la ciudad de cartagena de indias*. Colombia: Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco.

- Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: el pH y la conductividad eléctrica. *EEA Bariloche*, 1-4.
- Espinosa, L., Parra, J. P., & Villamil, C. (2011). *Determinación del contenido de metales pesados en las fracciones geoquímicas del sedimento superficial asociado a los manglares de la ciénaga grande de santa marta, Colombia*. Colombia: INVEMAR.
- Espinosa, S. (2015). *Citotoxicidad por cromo en encéfalo, médula espinal, tubo digestivo, riñón e hígado de betta splendens según concentración determinada en la cuenca baja del río Tunjuelo (sector curtiembres), Bogotá D.C., Colombia*. Colombia: Universidad Francisco Jose de Caldas.
- Estupiñan, C. J. M. (2016). *Evaluación del riesgo en salud humana por consumo de vegetales irrigados con aguas que contienen metales pesados en un sector de la cuenca del río Tunjuelo*. Bogotá.D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Farfan, M. (2004). *Tratamiento, Determinación y Recuperación de Cromo en Aguas Residuales del Proceso de Curtiembre: Una Propuesta Didáctica para la Enseñanza de Procesos Químicos*. Bogota.
- Fernandes, I. M., Pires, D. M., & Villamañán, R. M. (2014). Educación científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. construcción de un instrumento de análisis de las directrices curriculares. *SciElo*.
- García, M., Luna, J. G., Gallegos, M. Á., Preciadol, P., Cervantes, M. G., & González, U. (2020). Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 907-916.
- Garzón, I., & Martínez, L. F. (2021). *Catedral Doctoral 11 Trayectorias y aportes pedagógicos para la educación en ciencias*. Bogotá: Doctorado Interinstitucional en Educación.
- Garzón, P. (2022). *Intervención didáctica de alfabetización científica y tecnológica sobre la actividad biológica del agraz (vitis tilifolia humb) como caso de estudio en el municipio de palestina-huila*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Gil, D., & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación En La Escuela* (43), 27-37.
- Hakanson, L. (1979). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water research*, 975-1001.
- Hernández, S., & Zacconi, F. C. . (2021). Competencias básicas: Alfabetización científica en química al alcance de todos. *Congreso Iberoamericano de Educación, Metas.*, 1-19.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C.P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativa, y mixta*. McGraw Hill Education.
- Herrera, D. G., Ordoñez, P. A., & Anaguano, H. (2013). *Estandarización de la difenilcarbazida como indicador y acomplejante en la identificación de cromo hexavalente - Cr (VI)*. Colombia: SciElo.
- ICA. (2003). Compendio Icontec-ICA sobre fertilizantes en Colombia. *Instituto Colombiano Agropecuario*, 197-254.

- IDEAM. (2003). *VI Fase de Seguimiento de Efluente Industriales y corrientes Superficiales de Bogota D.C.* Bogota D.C: Alcaldia Mayor de Bogota.
- Inca, D., Cajamarca, D. I., Pástor, A., & Villavicencio, G. A. H. (2022). Medidas preventivas ante los riesgos ambientales relacionado con el manejo del cromo en la industria de la curtiembre. *Polo del Conocimiento Revista científico-profesional*, 7(6), 2603-2623.
- Islam, M. A., Das, B., Quraishi, S. B., Khan, R., Naher, K., Hossain, S. M., Karmaker, S., & Latif, S. A. (2020). Heavy metal contamination and ecological risk assessment in water and sediments of the Halda river, Bangladesh: A natural fish breeding ground. 1-7.
- Jano, H. (2017). Concentración de metales pesados en hortalizas de la localidad de Atlixco y su posible riesgo en la salud humana. Recuperado el, 11.
- Kapil, V., & Keogh, J. (2006). Chromium toxicity case studies in environmental medicine. *US Dept of Health and Human Services*, 1-36.
- Margulis, L., & Sagan, D. (2008). El proceso de nutrición en las plantas. *Fundamentos de fisiología vegetal*, 242-258.
- Martinez, L. (2010). *A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades*. Bauru: Universidade Estadual Paulista UNESP.
- Martínez, L. F., & Gallo, D. (2021). Argumentación de futuros profesores de química sobre la anorexia tratada como cuestión sociocientífica. *Praxis & Saber*, 12(30), e11847. <https://doi.org/10.19053/22160159.v12.n30.2021.11847>.
- Martinez, P. L. F., & Rojas, D. A. P. (2006). *Estrategia didáctica con enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente para la enseñanza de aspectos de Bioquímica*. Bogota: TED: Tecné, Episteme y Didaxis.
- Martínez, P. L. F., Peñal, D. C., & Villamil. Y. M. (2007). Relaciones ciencia, tecnología, sociedad a partir de casos simulados: una experiencia en la enseñanza de la química. *Ciência & Ensino*, vol. 1, 1-16.
- Mejía, R. M. L., & Ortiz, E. N. (2007). Ciencia, tecnología, sociedad (CTS) y alfabetización científica. *Universidad de Antioquia Facultad de Educación*, 1-53.
- Ministerio de Ambiente, R. N. (2010). *Guías para el Manejo de Productos Químicos y Desechos Peligrosos*. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/1992.pdf>.
- Molano, C. A. (2015). El fomento de la alfabetización científica mediante el trabajo con estudiantes de secundaria secuencia de actividades para el desarrollo de una problemática ambiental en Química. *Universidad Pedagógica Nacional Facultad de Ciencia y Tecnología*, 1-103.
- Neira, P. (2021). Nivel de Alfabetización Científica y Actitud hacia las ciencias de profesores de enseñanza media con distinta especialidad en ciencias, que se desempeñan en liceos científico-humanista. *Repositorio Universidad de Chile*, <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/192202>.

- Nuñez, C. (2016). *Evaluación de dos variedades de acelga (Beta vulgaris var. Cicla L.) con tres niveles de fertilizante foliar (vigor top) en ambiente protegido*. La Paz. Bolivia.
- OCDE. (2016). *PISA 2015. Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos*. Madrid: Ministerio de Educación, cultura y deporte.
- Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Iberoamericana* N° 18, 61-38.
- Osorio, J. A. (2007). *El río Tunjuelo en la historia de Bogotá, 1900-1990*. Bogotá: Alcaldía Mayor, Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte.
- Osorio, M., & Martín, C. G. M. (s.f). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana* , 165-210.
- Osorio, N. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal, Vol. 1 No. 4*, 1-4.
- Owen, T. (2000). *Fundamentos de la Espectroscopía UV-Visible Moderna*. Alemania: Agilent Technologies.
- Parga, L. D. L., & Martínez, D. A. (2015). ¿Hay contenidos CTSA en los libros de texto de química?. *Praxis & Saber*, 6(11), 15-42.
- Parga, L. D. (2022). Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología Y Sociedad - CTS*, 17(51), , 117–140. Retrieved from <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS>.
- Perales, F.J., & Cañal de León, P. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y Práctica de la enseñanza de las ciencias*. España: Marfil.
- Reyes, Y. (2020). *Estudio de bioacumulación de metales pesados en plantas de consumo humano para sensado molecular In situ* . Bogotá. Colombia.
- Rios, E., & Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6 N° 1*, 1-24.
- Rozano, V., Quiróz, C., & Acosta, J. (2004). *Hortalizas las llaves de la energía*.
- Shen, B. (1975). Scientific literacy and the public understanding of science. 44-52.
- Sinduja, M., Sathya, V., Maheswari, M., Dhevagi, P., Kalpana, P., Dinesh, G. K., & Prasad, S. (2022). Evaluation and speciation of heavy metals in the soil of the Sub Urban Region of Southern India. *Soil and Sediment Contamination: An International*, 974-993.
- Skoog, D., Holler, J., & Crouch, S. (2020). *Principios de Análisis Instrumental*. Toluca: Cengage Learning Editores, S.A.
- Sotelo, A. P. (2012). *Especiación de cromo en la solución del suelo de tres suelos enmendados con biosólidos bajo diferentes condiciones oxidoreductoras*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Stasinou, S., & Zabetakis, I. (2012). *La absorción de níquel y cromo del agua de riego por papas, zanahorias y cebollas*. Grecia.

- Stasinou, S., Nasopoulou, C., Tsirikaki, C., & Zabetakis, I. (2014). *La bioacumulación y los efectos fisiológicos de los metales pesados en zanahorias, cebollas y papas e implicaciones dietéticas para Cr y Ni: una revisión*. Grecia.
- Traslaviña, A. L. (2017). El enfoque CTSA: Una alternativa para mejorar los niveles de la alfabetización científica y tecnológica desde el estudio de aerogeles de carbono. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 2-7.
- Vargas, O., Prieto, G., González, L. M., & Matamoros, A. (2004). *Geoquímica de metales pesados en suelos de la cuenca del río Bogotá*. Bogotá D.C: Ministerio de minas y energía.
- Vega de Kuyper, J.C. (2007). *Química del medio ambiente*. México: Alfaomega.
- Yu, X., Li, H., Yang, Q., Sun, Z., & Ma, Y. (2023). Accumulation of Cr in different vegetables and derivation of soil Cr threshold using the species sensitivity distribution method. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 258, 114993.
- Zumbado, M. (2022). *Análisis químico de los alimentos métodos clásicos*. Habana.Cuba.

12. ANEXOS

1. ANEXO 1: INSTRUMENTO 1 Y 5

Se aplicará esta prueba tipo Likert como Pre-test y Post-test, para poder realizar una comparación entre el avance inicial y final de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica de cada futuro docente de química en la aplicación de la secuencia didáctica.

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA**

Docentes investigadores: Daniel Buenhombre - Xiomara López.

Directora: Dora Luz Gómez Aguilar

Nombre: _____ **Fecha:** _____

PRE-TEST Y POST-TEST

El presente instrumento servirá como insumo para realizar una prueba de entrada y de salida, con el propósito de determinar los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica para el trabajo de grado titulado “**ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA: UN ABORDAJE DEL IMPACTO ORIGINADO POR LA TOXICIDAD DE CROMO EN ACELGA (BETA VULGARIS VAR CICLA) IRRIGADA CON AGUA DEL RÍO TUNJUELO**”. El cual proporciona la apertura y el cierre de la aplicación de la secuencia didáctica.

Lea con atención las siguientes oraciones, y coloque una X en la casilla que se encuentra al lado de cada una de estas. Marque la casilla que más lo identifique, teniendo en cuenta que el valor 1 (totalmente en desacuerdo) es lo que menos lo identifica y 5 (totalmente de acuerdo) es lo que más lo identifica.

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
	1	2	3	4	5
1. <i>Considera que los metales pesados se integran a la cadena alimentaria de forma acumulativa</i>					

2. <i>Considera que los metales pesados, se pueden remover por técnicas físicas o químicas</i>					
3. <i>El cromo al igual que el arsénico está catalogado como un semimetal</i>					
4. <i>Considera que el cromo es clasificado como un metal pesado</i>					
5. <i>Las tres formas principales del cromo son (0), (III) y (VI)</i>					
6. <i>El cromo también puede ser liberado al ambiente al quemar gas natural, petróleo o carbón</i>					
7. <i>El cromo generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua</i>					
8. <i>Cree que el cromo tiene un impacto negativo en la flora y la fauna</i>					
9. <i>Los impactos ambientales por concentraciones altas de cromo pueden ser perjudiciales para una comunidad</i>					
10. <i>La población en general tiene una mayor probabilidad de exposición a niveles muy altos de cromo en los alimentos</i>					
11. <i>Cree que una variedad de alimentos tales como frutas, hortalizas, verduras, carnes y derivados lácteos, poseen concentraciones de cromo</i>					
12. <i>El consumo de hortalizas es esencial para el desarrollo del cuerpo humano</i>					
13. <i>El cromo por ingestión se puede monitorear mediante un examen clínico de sangre u orina</i>					
14. <i>Considera que el cromo puede bioacumularse en las hortalizas</i>					
15. <i>El cromo (III) es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano</i>					
16. <i>Considera que el cromo (III) es mucho más tóxico que el cromo (VI)</i>					
17. <i>El agua de riego proveniente del río Tunjuelo puede afectar en la bioacumulación de metales pesados en hortalizas</i>					
18. <i>Creer que la presencia de cromo en el río Tunjuelo es proveniente de las diferentes actividades industriales, agrícolas, mineras y ganaderas</i>					
19. <i>Se podría afirmar que bioacumulación es lo mismo que biomagnificación</i>					
20. <i>Cree que las entidades ambientales de Colombia desarrollan reglamentos y recomendaciones óptimas para el control oficial de los niveles de cromo en alimentos de consumo humano.</i>					

2. ANEXO 2 CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS PARA EL ANÁLISIS PRUEBA DIAGNOSTICA Y FINALIZACIÓN

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN	PREGUNTA
<p>ANALFABETISMO CIENTÍFICO</p>	<p>Baja capacidad cognitiva o comprensión limitada</p>	<p>Los futuros docentes de química presentan una falta de vocabulario insuficiente de conceptos relacionados con la química. Además, no reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en las hortalizas.</p>	<p>Cree que la presencia de cromo en el río Tunjuelo es proveniente de las diferentes actividades industriales, agrícolas y mineras.</p> <p>El consumo de hortalizas es esencial para el desarrollo del cuerpo humano.</p> <p>El cromo también puede ser liberado al ambiente al quemar gas natural, petróleo o carbón.</p> <p>Considera que los metales pesados se integran a la cadena trófica de forma acumulativa.</p>
<p>ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA NOMINAL</p>	<p>Presencia de un dominio de la ciencia</p>	<p>Los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero aún no presenta un dominio claro sobre la problemática presentada.</p>	<p>Se podría afirmar que bioacumulación es lo mismo que biomagnificación.</p> <p>Considera que el cromo puede bioacumularse en las hortalizas.</p> <p>Considera que el cromo es</p>

			<p>clasificado como un metal pesado.</p> <p>Cree que el cromo tiene un impacto negativo en la flora y la fauna</p> <p>El cromo generalmente no permanece en la atmósfera, sino que se deposita en el suelo y el agua.</p> <p>El cromo al igual que el arsénico está catalogado como un semimetal o metaloide</p>
<p>ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA FUNCIONAL Y TECNOLÓGICA</p>	<p>Vocabulario científico y tecnológico</p>	<p>Los futuros docentes interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del cromo en hortalizas.</p>	<p>Considera que el cromo (III) es mucho más tóxico que el cromo (VI).</p> <p>Las tres formas principales del cromo son (0), (III) y (VI).</p> <p>El cromo (III) es transformado a cromo (VI) en el cuerpo humano.</p> <p>Cree que una variedad de alimentos tales como frutas, hortalizas, verduras, carnes y derivados lácteos, poseen concentraciones de cromo.</p>

			La población en general tiene una mayor probabilidad de exposición a niveles muy altos de cromo en los alimentos
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CONCEPTUAL Y PROCEDIMENTAL	Globalidad de una disciplina científica	Los futuros docentes relacionan y comprenden los conocimientos procedimentales sobre los daños producidos por la toxicidad del cromo en la salud, al consumir hortalizas.	El cromo por ingestión se puede monitorear mediante un examen clínico de sangre, orina, cabello y leche materna. El agua de riego proveniente del río Tunjuelo puede afectar en la bioacumulación de metales pesados en hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA MULTIDIMENSIONAL	Dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología	Los futuros docentes de química desarrollan un entendimiento total de la temática de la toxicidad del cromo en hortalizas donde se incluyen conocimientos sociales, culturales y científicos.	Los impactos ambientales por concentraciones altas de cromo pueden ser perjudiciales para una comunidad. Los metales pesados, se pueden remover por técnicas físicas y químicas. Considera que el cromo (III) se oxida a cromo (VI) en presencia de una alta

			materia orgánica en aguas
--	--	--	------------------------------

Nota. Tomado y adaptado de Garzón (2023)

3. ANEXO 3: INSTRUMENTO 2

Se aplicará un cuestionario científico ambiental el cual va relacionada a analizar el aprendizaje alcanzado, para poder reconocer los conocimientos conceptuales y procedimentales en función de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica de cada futuro docente de química en la aplicación de la secuencia didáctica.

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA**

Docentes investigadores: Daniel Buenhombre - Xiomara López

Directora: Dora Luz Gómez Aguilar

CUESTIONARIO CIENTIFICO-AMBIENTAL

Nombre: _____ **Fecha:** _____

De acuerdo con la situación problemática presentada en los dos videos sobre las visitas al invernadero y a la vereda, lea y responda las siguientes preguntas:

1. ¿Que está sucediendo en el problema presentado? Justifica tu respuesta.
2. ¿Qué información de la problemática actual, encuentra relevante para poder diseñar un folleto de divulgación científica para la población? Justifica tu respuesta.
3. ¿Qué solución óptima y justificable considera para esta problemática de estudio? Justifica tu respuesta.
4. ¿Cuál sería la forma de orientar a las empleadas y campesinos para que usen protección adecuada a la hora del proceso de riego? Justifica tu respuesta.
5. ¿Cuáles son los argumentos que pueden estar a favor o en contra de irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta.
6. ¿Qué argumento puede ser valido para empezar una adecuada forma de remover cromo del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta.

7. ¿Crees que este tipo de problemáticas ambientales se pueden ver reflejadas igual o diferente en otra parte del mundo? Justifica tu respuesta.
8. Desde su posición como docente de química, ¿Cuál sería la forma adecuada de implementar una enseñanza de tipo ambiental, sustentable y sostenible en un grupo de estudiantes teniendo en cuenta la problemática presentada? Justifica tu respuesta.
9. ¿Qué argumento puede ser valido para empezar una campaña para no irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta.
10. ¿Qué podrías concluir de la problemática central de estudio, expuesta en los 2 recursos didácticos audiovisuales? Justifica tu respuesta.

ANEXO 4: CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS PARA EL ANÁLISIS

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN	PREGUNTA
ANALFABETISMO CIENTÍFICO	Baja capacidad cognitiva o comprensión limitada	Los futuros docentes de química presentan una falta de vocabulario insuficiente de conceptos relacionados con la química. Además, no reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en las hortalizas.	¿Que está sucediendo en el problema presentado? Justifica tu respuesta. ¿Crees que este tipo de problemáticas ambientales se pueden ver reflejadas igual o diferente en otra parte del mundo? Justifica tu respuesta.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA NOMINAL	Presencia de un dominio de la ciencia	Los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero aún no presenta un dominio claro sobre la problemática presentada.	¿Cuáles son los argumentos que pueden estar a favor o en contra de irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta. ¿Qué argumento puede ser valido para empezar una adecuada forma de remover cromo del río Tunjuelo?

			Justifica tu respuesta.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA FUNCIONAL Y TECNOLÓGICA	Vocabulario científico y tecnológico	Los futuros docentes interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del cromo en hortalizas.	<p>¿Qué solución óptima y justificable considera para esta problemática de estudio? Justifica tu respuesta.</p> <p>¿Qué argumento puede ser válido para empezar una campaña para no irrigar las hortalizas con el agua del río Tunjuelo? Justifica tu respuesta.</p>
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CONCEPTUAL Y PROCEDIMENTAL	Globalidad de una disciplina científica	Los futuros docentes relacionan y comprenden los conocimientos procedimentales sobre los daños producidos por la toxicidad del cromo en la salud, al consumir hortalizas.	<p>¿Cuál sería la forma de orientar a las empleadas y campesinos para que usen protección adecuada a la hora del proceso de riego? Justifica tu respuesta.</p> <p>¿Qué podrías concluir de la problemática central de estudio, expuesta en los 2 recursos didácticos audiovisuales? Justifica tu respuesta.</p>
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA	Dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología	Los futuros docentes de química desarrollan un entendimiento total de la temática de la toxicidad del cromo en	¿Qué información de la problemática actual, encuentra relevante para poder diseñar un folleto de divulgación científica para la población? Justifica tu respuesta.

MULTIDIMENSIONAL		hortalizas donde se incluyen conocimientos sociales, culturales y científicos.	Desde su posición como docente de química, ¿Cuál sería la forma adecuada de implementar una enseñanza de tipo ambiental, sustentable y sostenible en un grupo de estudiantes teniendo en cuenta la problemática presentada? Justifica tu respuesta.
-------------------------	--	--	---

Nota. Tomado y adaptado de Garzón (2023)

4. ANEXO 5: INSTRUMENTO 4

Se aplicará un caso simulado, el cual va relacionado analizar el aprendizaje alcanzado, para poder reconocer los conocimientos conceptuales y procedimentales en función de los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica de cada futuro docente de química en la aplicación de la secuencia didáctica. Este caso simulado se elaboró con datos reales obtenidos de parte experimental que se le realizó en las primeras semanas de la acelga (*Beta vulgaris var cicla. L.*)

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

LICENCIATURA EN QUÍMICA

Docentes investigadores: Daniel Buenhombre- Xiomara López

Directora: Dora Luz Gómez Aguilar

CASO SIMULADO: RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA ASOCIADOS AL CONSUMO DE HORTALIZAS IRRIGADAS CON AGUAS QUE CONTIENEN METALES PESADOS DEL RÍO TUNJUELO

El caso simulado que se presenta a continuación describe una problemática socioambiental hipotética para analizar científica y tecnológicamente cómo el cromo (Cr) proveniente de la irrigación de hortalizas, específicamente en la Acelga (*Beta Vulgaris Var Cicla*), se bioacumula durante la última semana de crecimiento, es decir, cuando es comercializada para el consumo humano. Además, se evidencia una primera cuantificación de cromo (Cr) en sus tres especies: total, hexavalente y trivalente con datos reales, es decir, experimentalmente obtenidos en los

laboratorios de química de la Universidad Pedagógica Nacional, durante la investigación experimental.

En relación con lo anterior, el escenario de la intervención es la Universidad Pedagógica Nacional y dirigida. específicamente a once (11) docentes en formación de la licenciatura en química, que actualmente se encuentran cursando el seminario de Énfasis Disciplinar II, llamado Tecnologías Limpias en Aguas Residuales. Por lo tanto, en este orden de ideas, para el desarrollo de este debate los participantes conformaran en forma grupal los siguientes roles específicos: Distribuidores de hortalizas, Consumidores, Campesinos y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA).

Contextualización

En la actualidad, en las áreas veredales y suburbanas de la sabana de Bogotá, se encuentran parcelas donde se están cultivando diferentes tipos de hortalizas. Sin embargo, es preocupante el hecho de que algunas de estas parcelas están siendo irrigadas con agua proveniente de los vallados que las rodean. Estos vallados contienen aguas residuales y aguas de lluvia, lo que representa un riesgo para la salud y la calidad de las hortalizas.

Además, existe una problemática adicional relacionada con la contaminación de los cuerpos de agua cercanos, como por ejemplo el río Tunjuelo. Estos cuerpos de agua están contaminados debido a vertimientos industriales, aguas residuales provenientes de las curtiembres, aguas del alcantarillado sanitario y la presencia de basuras. Esto implica un grave riesgo para el medio ambiente y para quienes dependen de estos recursos hídricos. Es fundamental tomar acciones para abordar esta situación y garantizar la seguridad alimentaria, así como la protección de los recursos naturales en estas áreas.

Por otra parte, se puede notar que los propietarios y trabajadores de estos cultivos provienen de comunidades campesinas, y algunos de ellos son personas desplazadas por la violencia. Es por esta razón que traen consigo sus tradiciones, creencias y actitudes. En especial, la producción agrícola que se lleva a cabo de manera artesanal, sin contar con la protección y seguridad adecuada para el uso de productos químicos y sistemas de riego adecuados. Las hortalizas que se comercializan en tiendas minoristas, plazas de mercado, supermercados e hipermercados no tienen un control de sanidad ni se aseguran de cumplir con las condiciones adecuadas. Esto representa un posible riesgo para la salud pública, ya que se pueden encontrar metales pesados en estos productos debido al agua de riego utilizada.

Metales pesados en hortalizas cultivadas en la sabana de Bogotá

En la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, según Estupiñán (2016) en su tesis de maestría acerca de los metales pesados presentes en hortalizas por la utilización del agua del río Tunjuelo como fuente de irrigación y menciona que, a simple vista, estos productos hortícolas tienen una calidad aceptable en el mercado debido a su color, forma, peso y textura. No obstante, el inconveniente se encuentra en su interior, ya que aparte de la gran cantidad de sustancias contaminantes provenientes del río Tunjuelo, también acumulan altas concentraciones de metales pesados en sus tejidos, superando los límites máximos permitidos por las normas nacionales e internacionales.

De esta forma, las hortalizas que son irrigadas con el agua proveniente del río Tunjuelo absorben y acumulan en sus tejidos cantidades de metales pesados como el cromo, plomo, mercurio, cadmio y arsénico. La acumulación de estos elementos en el organismo humano puede ocasionar

enfermedades del sistema nervioso, trastornos respiratorios y cáncer. Cuando una persona consume una hortaliza proveniente de la Sabana de Bogotá, la cual es rica en nutrientes esenciales, también ingiere residuos de metales pesados. Estos residuos se acumulan en varios tejidos del organismo y pueden ocasionar daños irreversibles en la salud.

Durante los años 2000 y 2009, el Hospital Pablo VI de Bosa en colaboración con la Secretaría Distrital de Salud llevó a cabo un proyecto para evaluar la calidad microbiológica, presencia de metales pesados y plaguicidas en el agua utilizada para el riego de cultivos de hortalizas en Bosa. Los resultados revelaron altos niveles de metales pesados en las hortalizas, los cuales excedían los límites permitidos por la normativa vigente. Se encontraron cantidades excesivas de arsénico, cromo, plomo, mercurio y cadmio en la acelga, apio, lechuga, repollo y brócoli. Esta contaminación se atribuye a las prácticas de riego de los cultivos con agua proveniente del Río Bogotá, incluyendo el río Tunjuelo. Además, es preocupante que estos alimentos sean comercializados en los centros de abastos, supermercados e hipermercados de la ciudad y sus alrededores (Estupiñán, 2016).

Sistema de riego

Además, según Estupiñán (2016), el método de riego predominante para la producción de vegetales en la sabana de Bogotá es el riego por aspersión, llegando a abarcar el 93,6% de toda el área. Por otro lado, el sistema de riego por goteo solo se utiliza en un mínimo porcentaje del territorio, representando únicamente el 0,5% del área total. Esta situación provoca que las partes comestibles de la mayoría de las hortalizas, como las hojas y los tallos, estén en contacto directo con el agua de riego debido al método de irrigación utilizado, que consiste en aplicar agua en forma de precipitación. Esto es opuesto al sistema de riego por goteo, que irriga directamente la zona de las raíces sin que el agua entre en contacto con los tallos y las hojas. Evidentemente, esta situación contribuye a aumentar el riesgo para la salud de la población, ya que se expone a hortalizas contaminadas. Esto se agrava aún más debido a la tradición de consumir estas hortalizas frescas.

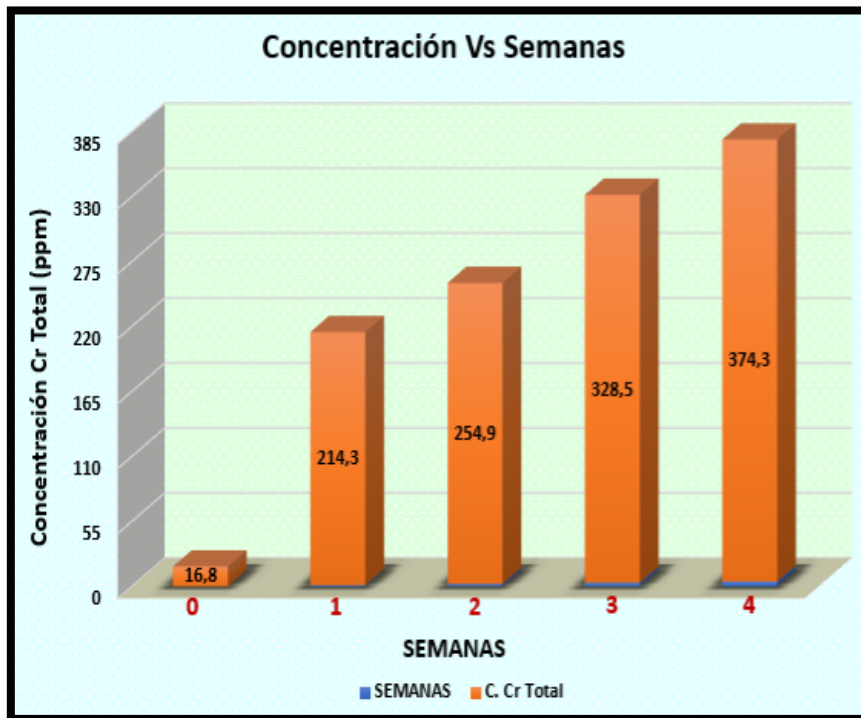
Bioacumulación de metales pesados en hortalizas

Según Reyes (2020), existen dos formas en las que los metales pueden ingresar al interior de la planta: a través de la absorción foliar o la absorción radical. Esto puede ocurrir tanto por las células de la raíz como por la cutícula de la hoja. Una vez ingresados en las células, los iones son atrapados por ligandos como las fitoquelatinas, las metalotioneínas o los quelantes a base de cisteína, y luego son almacenados en distintos organelos de la planta. A pesar de que ciertos tipos de transportadores permiten la liberación de los ligandos junto con iones metálicos, los cuales se desplazan a través del xilema o floema, su destino final en la planta depende del mecanismo de entrada que utilizan. Actualmente, hay un gran interés por entender el proceso de translocación, secuestro y compartimentalización de metales pesados en las plantas. Aunque se han realizado estudios al respecto, todavía existe un desconocimiento acerca de los mecanismos y procesos moleculares de transporte involucrados, como por ejemplo el tipo de transportadores utilizados que permiten el ingreso y la translocación de diferentes clases de metales en las plantas, mecanismos de transporte y procesos de compartimentalización entre otros.

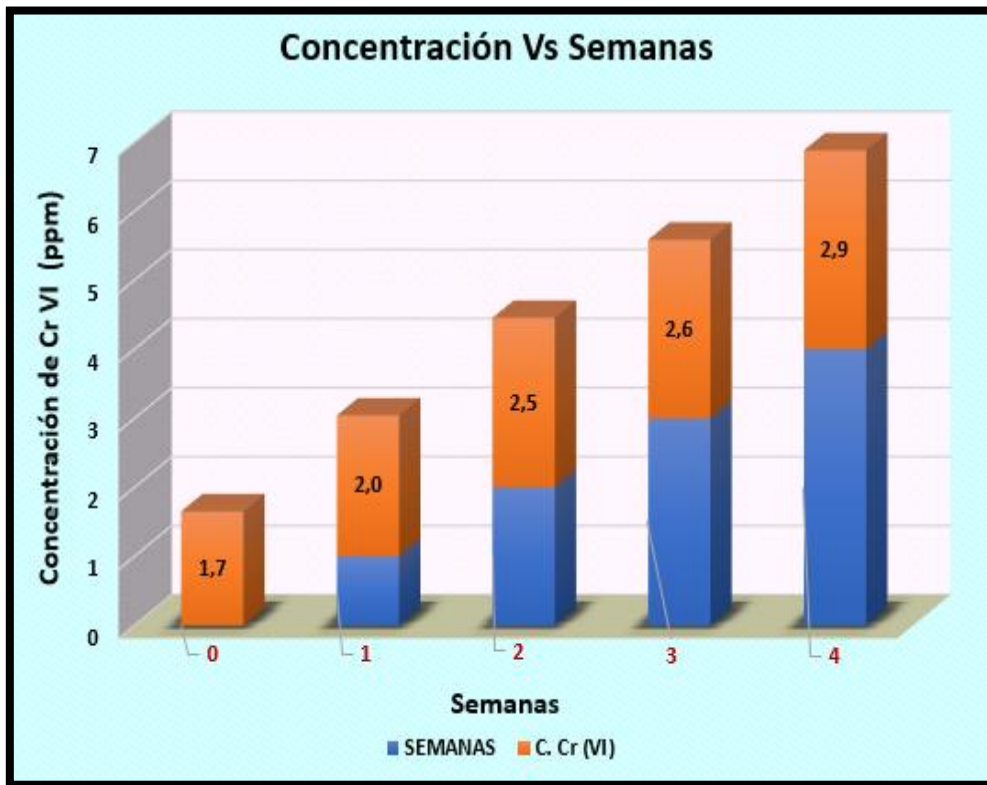
La absorción foliar de metales pesados en plantas depende de las características fisicoquímicas de la cutícula y metales, la morfología y superficie de área de las hojas, las formas físicas y químicas de los metales absorbidos, textura superficial de las hojas (pubescencia y rugosidad), hábitat de la planta, duración de exposición, condiciones ambientales e intercambio de gases.

Investigación experimental

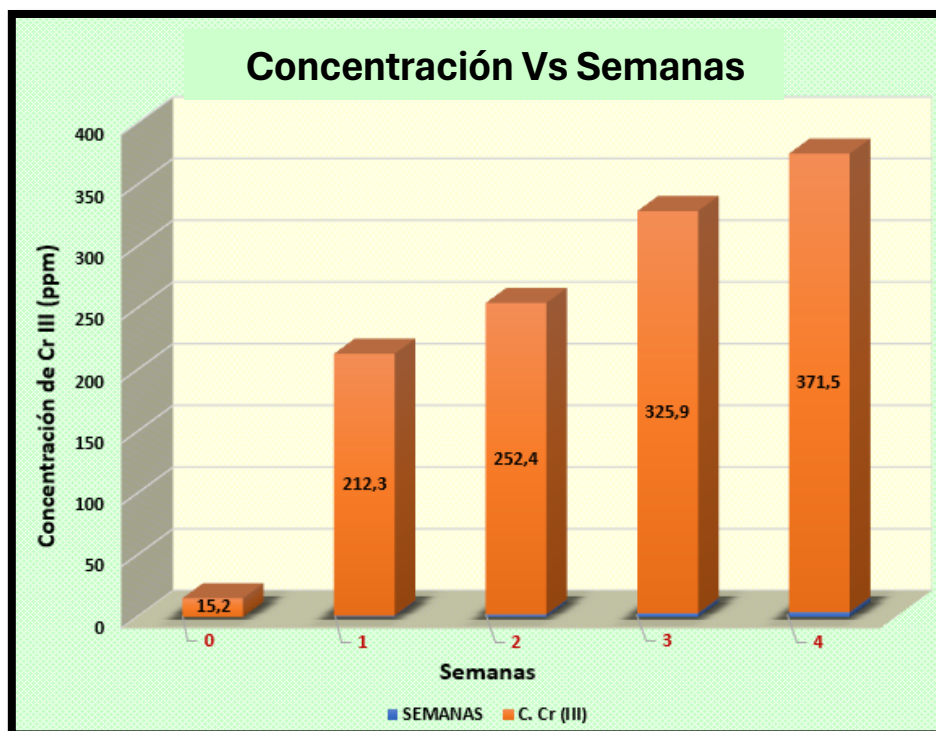
En concordancia con lo anterior, el punto de partida para esta investigación experimental fue evaluar la existencia de cromo en Beta Vulgaris Var Cicla (Acelga), durante las cinco primeras semanas de crecimiento, las cuales fueron tomadas de un invernadero, ubicado en la ciudad de Bogotá D.C, específicamente en el barrio Bosa San Bernardino. Este invernadero fue el referente de estudio ante la problemática socioambiental expuesta anteriormente, ya que se corroboró que en este lugar donde se cultivan hortalizas se irriga con agua del río Tunjuelo. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la cuantificación de cromo en sus tres especies correspondientes a la semana cero hasta la semana cuatro, teniendo en cuenta que el análisis que se realizó fue en el tejido vegetal completo de la plántula.



Grafica 1: Determinación de cromo total en las primeras cinco semanas de crecimiento de Beta Vulgaris. Elaboración Propia (2023)



Grafica 2: Determinación de cromo (VI) en las primeras cinco semanas de crecimiento de Beta vulgaris. Elaboración Propia (2023)



Grafica 2: Determinación de cromo (VI) en las primeras cinco semanas de crecimiento de Beta vulgaris. Elaboración Propia (2023)

Este caso simulado contribuye a los niveles de Alfabetización Científica y Tecnológica teniendo en cuenta enfatiza en el aprendizaje situado, localizado, y en la situación de aprendizaje, siendo clave el contexto desde el cual se aprende, que enseñar las ciencias a partir de problemas reales y ambientales

De acuerdo con cada una de las determinaciones de cromo en Beta Vulgaris Var Cicla (Acelga), se puede evidenciar que experimentalmente la Beta Vulgaris Var Cicla (Acelga), presenta altas concentraciones de cromo total, hexavalente y trivalente, colocando en cuestión el proceso de cultivo e irrigación que se está manejando en el invernadero. En este punto de la investigación se evidencia como, la idea social en relación con la tecnología se ubica en innumerables contextos donde sus aplicaciones o productos son venerados por considerarse socialmente útiles, o maldecidos por los impactos en el ambiente.

Finalmente, en este tipo de situaciones se espera actuar prontamente, con propuestas reales que puedan contribuir a una solución, por lo tanto, este es un tema de interés general que ocupa a los especialistas que, con sus investigaciones, modelos de simulación y análisis de los cambios climáticos pretenden determinar la situación real del medio ambiente y las alternativas que existen para mitigar el deterioro de este. (Parra Romero & Cadena Díaz, 2010). En el presente caso simulado se concluye que la presencia de metales pesados en las hortalizas y fuentes de agua de la zona de estudio, la capacidad de bioacumular, la inadecuada y excesiva aplicación de agroquímicos (incluyendo fertilizantes), los métodos de riego que hacen que las partes comestibles de las hortalizas entren en contacto sin tratamiento previo y que el consumo de alimentos contaminados con metales pesados sea una importante vía de exposición para los seres humanos, en comparación con otras como la inhalación o el contacto dérmico, se pueda afirmar que existe un riesgo para la salud debido a la exposición a estos contaminantes a través del consumo de productos hortícolas cultivados en un área específica de la cuenca baja del río Tunjuelo, los cuales no presenta un control sanitario apropiado.

Asignación de roles

Según Parga (2022), los futuros roles permiten adquirir conceptos científico-tecnológicos, razonamientos cuantitativos y técnicas de resolución de problemas, por lo que el aprendizaje del contenido está en el contexto de cuestiones familiares comunitarias de las cuales se aprende y se enseña las ciencias a partir de problemas reales y ambientales, por lo tanto, esta perspectiva es una gran posibilidad para alcanzar una sociedad científica y tecnológicamente alfabetizada.

Roles

- **Moderadores:** Docentes investigadores: Daniel Buenhombre y Xiomara López (Asumen el rol moderador los cuales leen las preguntas y permiten la palabra).
- **Campesinos:** Grupo: 2 (Asumen el rol de campesinos cultivadores de hortalizas).
- **Consumidores:** Grupo: 4 (Asumen el rol de consumidores mayoritarios de hortalizas).
- **Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima):** Grupo: 3 (Asumen el rol de instituto Invima en el monitoreo de los contaminantes químicos a través de laboratorios fisicoquímicos de alimentos y bebidas).

- **Distribuidor:** Grupo: 1 (Asumen el rol de distribuidores de hortalizas en los principales puntos como plazas de mercado, supermercados, hipermercados y tiendas minoristas).

Preguntas Orientadoras

A continuación, se plantean unas preguntas orientadoras las cuales están enfocadas a la situación anteriormente mencionada. Estas preguntas deben de ser contestadas y socializadas dependiendo su posición como actor social (campesino, consumidor, distribuidor e INVIMA).

1. Teniendo en cuenta la problemática socioambiental presentada ¿Como usted se ve afectado de manera directa o indirecta, sabiendo la procedencia de este tipo de hortalizas y que aun así se siguen comercializando en los supermercados, tiendas de mercado, hipermercados y plazas de mercado?
2. ¿Cuál sería una forma adecuada de prevenir a la población sobre la presencia de metales pesados en hortalizas?
3. ¿Considera usted importante continuar con los análisis semanales de la cuantificación de cromo en la Beta Vulgaris Var Cicla (Acelga) y en los tipos de hortalizas que se cultivan?
4. Según la situación planteada, a que acuerdos llegarían entre los siguientes actores sociales y por que

INVIMA-Campesino.
Campesino-Distribuidor.
Distribuidor-Consumidor.
Consumidor-INVIMA.

5. ¿Cuál sería una posible solución o recomendación ante la problemática presentada?

BIBLIOGRAFIA

- Estupiñán Casallas, J. (2016). Evaluación del riesgo en la salud humana por consumo de vegetales irrigados con aguas que contienen metales pesados en un sector de la cuenca del río Tunjuelo.
- Parga Lozano, D. L. (2022). Del CTSA educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad —CTS, 17(51), 117-140. Recuperado de: [<https://orcid.org/0000-0002-7899-0767>]
- Reyes Roa, Y. C. (2020). Estudio de bioacumulación de metales pesados en plantas de consumo humano para sensado molecular In situ.

ANEXO 6: CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS PARA EL ANÁLISIS

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
ANALFABETISMO CIENTÍFICO	Baja capacidad cognitiva o comprensión limitada	Los futuros docentes de química presentan una falta de vocabulario insuficiente de conceptos relacionados con la química. Además, no reconocen los riesgos de la toxicidad del cromo en las hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA NOMINAL	Presencia de un dominio de la ciencia	Los futuros docentes de química comprenden los riesgos de la toxicidad de cromo en hortalizas, pero aún no presenta un dominio claro sobre la problemática presentada.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA FUNCIONAL Y TECNOLÓGICA	Vocabulario científico y tecnológico	Los futuros docentes interpretan y hacen uso de su vocabulario científico y tecnológico sobre la toxicidad del cromo en hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA CONCEPTUAL Y PROCEDIMENTAL	Globalidad de una disciplina científica	Los futuros docentes relacionan y comprenden los conocimientos procedimentales sobre los daños producidos por la toxicidad del cromo en la salud, al consumir hortalizas.
ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA MULTIDIMENSIONAL	Dimensiones filosóficas, históricas y sociales de la ciencia y de la tecnología	Los futuros docentes de química desarrollan un entendimiento total de la temática de la toxicidad del cromo en hortalizas donde se incluyen conocimientos sociales, culturales y científicos.

Nota. Tomado y adaptado de Garzón (2023)

1. ANEXO 7: CONSENTIMIENTO INFORMADO

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
ÉNFASIS DISCIPLINAR II: TECNOLOGIAS LIMPIAS EN AGUAS RESIDUALES
SEMESTRE 2023-II

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Bogotá D.C., 14 de septiembre de 2023

Mediante la firma de este documento, yo _____
identificado con cedula de ciudadanía _____ de _____ y
código estudiantil _____ doy consentimiento para participar en el trabajo de
grado titulado, “*Alfabetización Científica Tecnológica y Ambiental: Un abordaje del impacto
originado por la toxicidad de cromo en hortalizas irrigadas con agua del río Tunjuelo*”,
implementado por los docentes investigadores, Daniel Steven Buenhombre Nuñez y Nerinder
Xiomara López García, con códigos estudiantiles 2018215014 y 2017215035, en el énfasis
disciplinar II: Tecnologías limpias en aguas residuales, bajo la dirección de la docente Dora Luz
Gómez Aguilar. Teniendo en cuenta lo anterior, estoy consciente que la información
suministrada será analizada con fines académicos e investigativos para el trabajo de grado
anteriormente mencionado.

Firma del estudiante

CC.

A. Determinación de pH en agua

Nota: A continuación se evidenciarán los resultados obtenidos de las mediciones o lecturas directas de pH, correspondientes a las muestras de agua, tomadas en el invernadero de Bosa san bernardino y la Vereda Bosa-Tama. Todo el proceso de medición se realizó por medio de un Potenciometro BECKMAN con precisión de 2 cifras significativas y calibrado el mismo día con la soluciones Buffer 4,7 y 10.

INFORMACIÓN DE LA MEDICIÓN DIRECTA DE pH EN AGUA DE RIEGO				
Rotulo	Replica	Medición de pH		
pH. AGUA DE RIEGO INVERNADERO	pH.1	5,77	5,78	5,79
	pH.2	5,75	5,76	5,77
	pH.3	5,78	5,77	5,79
pH. AGUA DE RIEGO VEREDA	pH.1	7,93	7,92	7,94
	pH.2	7,91	7,90	7,91
	pH.3	7,92	7,92	7,93

DETERMINACIÓN DIRECTA DE pH EN AGUA DE RIEGO				
Rotulo	Replica	Promedio Medición de pH	Datos Estadísticos	
pH. AGUA DE RIEGO INVERNADERO	pH.1	5,78	Promedio	Desviación Estandar
	pH.2	5,76	5,77	0,0115
	pH.3	5,78	Coeficiente de variación (%) 0,20	
pH. AGUA DE RIEGO VEREDA	pH.1	7,93	Promedio	Desviación Estandar
	pH.2	7,91	7,92	0,0120
	pH.3	7,92	Coeficiente de variación (%) 0,15	

B. Determinación de pH en Suelo

Nota: A continuación se evidenciarán los resultados obtenidos de las mediciones o lecturas directas de pH, correspondientes a las muestras de suelo, tomadas en el invernadero de Bosa san bernardino y la Vereda Bosa-Tama. Todo el proceso de medición se realizó por medio de un Potenciometro BECKMAN con precisión de 2 cifras significativas y calibrado el mismo día con la soluciones Buffer 4,7 y 10.

INFORMACIÓN DE LA MEDICIÓN DE pH EN SUELO MENDIANTE AGUA DESIONIZADA (1:1)				
Rotulo	Replica	Medición de pH		
pH. SUELO DE INVERNADERO	pH.1	4,67	4,66	4,65
	pH.2	4,66	4,67	4,66
	pH.3	4,67	4,67	4,68
pH. SUELO DE VEREDA	pH.1	4,83	4,84	4,84
	pH.2	4,83	4,84	4,83
	pH.3	4,84	4,84	4,84

DETERMINACIÓN DE pH EN SUELO MEDIANTE AGUA DESIONIZADA (1:1)				
Rotulo	Replica	Promedio Medición de pH	Datos Estadísticos	
pH. SUELO DE INVERNADERO	pH.1	4,66	Promedio	Desviación Estandar
	pH.2	4,66	4,67	0,0069
	pH.3	4,67	Coeficiente de variación (%) 0,15	
Ph. SUELO DE VEREDA	pH.1	4,84	Promedio	Desviación Estandar
	pH.2	4,83	4,84	0,0033
	pH.3	4,84	Coeficiente de variación (%) 0,07	

ANEXO 9

A. Determinación del % de cenizas totales base seca en suelo

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN ACELGA (BETA VULGARIS VAR. CICLA L) POR EL METODO ANALITICO: CALCINACION EN MUFLA									
					FECHA: 07 - 10 - 2023				
SEMANAS:	0, 14 y 16								
REPLICAS:	3								
ENSAYO N°:	1								

Nota: A continuación se evidenciarán los resultados obtenidos de las masas correspondientes a los crisoles tarados, crisoles mas muestra sin incinerar y a las masas de los crisoles mas muestra calcinada. Todo el proceso de pesaje se realizo en una unica balanza analitica SARTORIUS con precision de 4 cifras significativas y calibrada el mismo dia.

INFORMACION DE LAS MASAS OBTENIDAS PARA CROMO TOTAL										
Suelo	Rotulo	Masa del crisol tarado (g)			Masa del crisol + muestra seca (g)			Masa del crisol + muestra calcinada (g)		
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA	Crisol 1	18,2711	18,2712	18,2713	19,3251	19,3252	19,3253	18,3425	18,3426	18,3427
	Crisol 2	19,9710	19,9711	19,9712	21,0270	21,0271	21,0272	20,0424	20,0425	20,0426
	Crisol 3	16,6650	16,6651	16,6652	17,7200	17,7201	17,7202	16,7365	16,7367	16,7366
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA	Crisol 4	22,4823	22,4824	22,4825	23,5363	23,5364	23,5365	22,5782	22,5784	22,5783
	Crisol 5	12,0704	12,0704	12,0705	13,1264	13,1264	13,1265	12,1666	12,1667	12,1668
	Crisol 6	17,1296	17,1297	17,1298	18,1846	18,1847	18,1848	17,2257	17,2258	17,2258
SUELO VEREDA	Crisol 7	25,5384	25,5385	25,5386	26,5424	26,5425	26,5426	25,6457	25,6456	25,6455
	Crisol 8	18,2744	18,2743	18,2744	19,2774	19,2773	19,2774	18,3816	18,3817	18,3816
	Crisol 9	19,2056	19,2065	19,2066	20,2076	20,2085	20,2086	19,3131	19,3132	19,3133

PROMEDIO DE LAS MASAS PREVIAMENTE OBTENIDAS PARA DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Suelo	Rotulo	Promedio Masa del crisol tarado	Promedio Masa del crisol + muestra seca (g)	Promedio Masa del crisol + muestra calcinada (g)
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA	Crisol 1	18,2712	19,3252	18,3426
	Crisol 2	19,9711	21,0271	20,0425
	Crisol 3	16,6651	17,7201	16,7366
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA	Crisol 4	22,4824	23,5364	22,5783
	Crisol 5	12,0704	13,1264	12,1667
	Crisol 6	17,1297	18,1847	17,2258
SUELO VEREDA	Crisol 7	25,5385	26,5425	25,6456
	Crisol 8	18,2744	19,2774	18,3816
	Crisol 9	19,2062	20,2082	19,3132

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Suelo	Rotulo	% Cenizas Base Seca	Promedio	Desviación Estandar
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA	Crisol 1	6,8	6,8	0,0084
	Crisol 2	6,8		
	Crisol 3	6,8		
			Coeficiente de variación (%)	
			0,12	
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA	Crisol 4	9,1	9,1	0,0086
	Crisol 5	9,1		
	Crisol 6	9,1		
			Coeficiente de variación (%)	
			0,09	
SUELO VEREDA	Crisol 7	10,7	10,7	0,0140
	Crisol 8	10,7		
	Crisol 9	10,7		
			Coeficiente de variación (%)	
			0,13	

B. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal (semana 0 a 4)

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN ACELGA (BETA VULGARIS VAR. CICLA L) POR EL METODO ANALITICO: CALCINACION EN MUFLA										
						FECHA: 07 - 10 - 2023				
SEMANAS:	0 a 4									
REPLICAS:	3									
ENSAYO N°:	1									

Nota: A continuacion se evidenciaran los resultados obtenidos de las masas correspondientes a los crisoles tarados, crisoles mas muestra sin incinerar y a las masas de los crisoles mas muestra calcinada. Todo el proceso de pesaje se realizo en una unica balanza analitica SARTORIUS con precision de 4 cifras significativas y calibrada el mismo dia.

INFORMACION DE LAS MASAS OBTENIDAS PARA CROMO TOTAL										
Semana	Rotulo	Masa del crisol tarado (g)			Masa del crisol + muestra seca (g)			Masa del crisol + muestra calcinada (g)		
0	Crisol 1	28,4431	28,4432	28,4433	28,5791	28,5792	28,5793	28,4435	28,4436	28,4437
	Crisol 2	19,9710	19,9711	19,9712	20,1090	20,1091	20,1092	19,9714	19,9715	19,9716
	Crisol 3	17,5720	17,5721	17,5722	17,7090	17,7091	17,7092	17,5724	17,5725	17,5726
1	Crisol 4	16,1503	16,1504	16,1505	16,8403	16,8404	16,8405	16,1663	16,1664	16,1665
	Crisol 5	14,5110	14,5111	14,5110	15,2040	15,2041	15,2040	14,5267	14,5268	14,5267
	Crisol 6	21,7560	21,7561	21,7562	22,4480	22,4481	22,4482	21,7717	21,7718	21,7719
2	Crisol 7	12,3364	12,3365	12,3366	13,1174	13,1175	13,1176	12,3615	12,3615	12,3615
	Crisol 8	26,2134	26,2133	26,2134	26,9944	26,9943	26,9944	26,2384	26,2383	26,2384
	Crisol 9	18,2546	18,2545	18,2546	19,0356	19,0355	19,0356	18,2795	18,2794	18,2795
3	Crisol 10	52,6620	52,6621	52,6621	53,6590	53,6591	53,6591	52,6995	52,6996	52,6996
	Crisol 11	56,1673	56,1674	56,1675	57,1623	57,1624	57,1625	56,2048	56,2049	56,2050
	Crisol 12	46,1673	46,1674	46,1675	47,1653	47,1654	47,1655	46,2053	46,2054	46,2055
4	Crisol 13	32,6620	32,6621	32,6621	33,6670	33,6671	33,6671	32,7071	32,7072	32,7072
	Crisol 14	36,1673	36,1674	36,1675	37,1753	37,1754	37,1755	36,2123	36,2124	36,2125
	Crisol 15	34,1673	34,1674	34,1675	35,1773	35,1774	35,1775	34,2124	34,2125	34,2126

PROMEDIO DE LAS MASAS PREVIAMENTE OBTENIDAS PARA DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	Promedio Masa del crisol tarado	Promedio Masa del crisol + muestra seca (g)	Promedio Masa del crisol + muestra calcinada (g)
0	Crisol 1	28,4432	28,5792	28,4436
	Crisol 2	19,9711	20,1091	19,9715
	Crisol 3	17,5721	17,7091	17,5725
1	Crisol 4	16,1504	16,8404	16,1664
	Crisol 5	14,5110	15,2040	14,5267
	Crisol 6	21,7561	22,4481	21,7718
2	Crisol 7	12,3365	13,1175	12,3615
	Crisol 8	26,2134	26,9944	26,2384
	Crisol 9	18,2546	19,0356	18,2795
3	Crisol 10	52,6621	53,6591	52,6996
	Crisol 11	56,1674	57,1624	56,2049
	Crisol 12	46,1674	47,1654	46,2054
4	Crisol 13	32,6621	33,6671	32,7072
	Crisol 14	36,1674	37,1754	36,2124
	Crisol 15	34,1674	35,1774	34,2125

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	% Cenizas Base Seca	Promedio	Desviación Estandar
0	Crisol 1	0,3	0,3	0,0021
	Crisol 2	0,3	Coeficiente de variación (%)	
	Crisol 3	0,3	0,73	
1	Crisol 4	2,3	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 5	2,3	2,3	0,0299
	Crisol 6	2,3	Coeficiente de variación (%) 1,31	
2	Crisol 7	3,2	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 8	3,2	3,2	0,0074
	Crisol 9	3,2	Coeficiente de variación (%) 0,23	
3	Crisol 10	3,8	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 11	3,8	3,8	0,0249
	Crisol 12	3,8	Coeficiente de variación (%) 0,66	
4	Crisol 13	4,5	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 14	4,5	4,5	0,0131
	Crisol 15	4,5	Coeficiente de variación (%) 0,29	

C. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal (semana 5 a 9)

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN ACELGA (BETA VULGARIS VAR. CICLA L) POR EL METODO ANALITICO: CALCINACION EN MUFLA									
					FECHA: 07 - 10 - 2023				
SEMANAS:	5 a 9								
REPLICAS:	3								
ENSAYO N°:	1								

Nota: A continuación se evidenciarán los resultados obtenidos de las masas correspondientes a los crisoles tarados, crisoles mas muestra sin incinerar y a las masas de los crisoles mas muestra calcinada. Todo el proceso de pesaje se realizo en una unica balanza analitica SARTORIUS con precision de 4 cifras significativas y calibrada el mismo dia.

INFORMACION DE LAS MASAS OBTENIDAS PARA CROMO TOTAL										
Semana	Rotulo	Masa del crisol tarado (g)			Masa del crisol + muestra seca (g)			Masa del crisol + muestra calcinada (g)		
5	Crisol 1	17,7101	17,7102	17,7103	19,7291	19,7292	19,7293	17,8805	17,8806	17,8807
	Crisol 2	17,0611	17,0611	17,0612	19,0831	19,0831	19,0832	17,2305	17,2305	17,2306
	Crisol 13	19,1313	19,1311	19,1312	21,1543	21,1541	21,1542	19,3004	19,3005	19,3006
6	Crisol 4	21,1113	21,1114	21,1115	23,1623	23,1624	23,1625	21,2883	21,2884	21,2885
	Crisol 5	16,6630	16,6631	16,6631	18,7120	18,7121	18,7121	16,8387	16,8388	16,8387
	Crisol 6	15,5110	15,5111	15,5112	17,5630	17,5631	17,5632	15,6867	15,6868	15,6869
7	Crisol 7	29,3284	29,3285	29,3276	31,4114	31,4115	31,4106	29,5155	29,5155	29,5155
	Crisol 8	26,0734	26,0733	26,0734	28,1584	28,1583	28,1584	26,2614	26,2613	26,2614
	Crisol 9	26,0476	26,0475	26,0476	28,1336	28,1335	28,1336	26,2345	26,2344	26,2345
8	Crisol 10	25,1810	25,1811	25,1811	27,2830	27,2831	27,2831	25,3765	25,3766	25,3766
	Crisol 11	22,4835	22,4834	22,4835	23,4785	23,4784	23,4785	22,5761	22,5760	22,5761
	Crisol 12	26,7233	26,7234	26,7235	28,8263	28,8264	28,8265	26,9183	26,9184	26,9185
9	Crisol 13	42,8852	42,8851	42,8851	45,0112	45,0111	45,0111	43,0921	43,0922	43,0922
	Crisol 14	30,8730	30,8734	30,8735	33,0010	33,0014	33,0015	31,0803	31,0804	31,0805
	Crisol 15	30,1223	30,1224	30,1225	32,2523	32,2524	32,2525	30,3294	30,3295	30,3296

PROMEDIO DE LAS MASAS PREVIAMENTE OBTENIDAS PARA DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	Promedio Masa del crisol tarado	Promedio Masa del crisol + muestra seca (g)	Promedio Masa del crisol + muestra calcinada (g)
5	Crisol 1	17,7102	19,7292	17,8806
	Crisol 2	17,0611	19,0831	17,2305
	Crisol 3	19,1312	21,1542	19,3005
6	Crisol 4	21,1114	23,1624	21,2884
	Crisol 5	16,6631	18,7121	16,8387
	Crisol 6	15,5111	17,5631	15,6868
7	Crisol 7	29,3282	31,4112	29,5155
	Crisol 8	26,0734	28,1584	26,2614
	Crisol 9	26,0476	28,1336	26,2345
8	Crisol 10	25,1811	27,2831	25,3766
	Crisol 11	22,4835	23,4785	22,5761
	Crisol 12	26,7234	28,8264	26,9184
9	Crisol 13	42,8851	45,0111	43,0922
	Crisol 14	30,8733	33,0013	31,0804
	Crisol 15	30,1224	32,2524	30,3295

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	% Cenizas Base Seca	Promedio	Desviación Estandar
5	Crisol 1	8,4	8,4	0,0387
	Crisol 2	8,4	Coeficiente de variación (%)	
	Crisol 3	8,4	0,46	
6	Crisol 4	8,6	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 5	8,6	8,6	0,0363
	Crisol 6	8,6	Coeficiente de variación (%)	0,42
7	Crisol 7	9,0	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 8	9,0	9,0	0,0287
	Crisol 9	9,0	Coeficiente de variación (%)	0,32
8	Crisol 10	9,3	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 11	9,3	9,3	0,0182
	Crisol 12	9,3	Coeficiente de variación (%)	0,20
9	Crisol 13	9,7	Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 14	9,7	9,7	0,0076
	Crisol 15	9,7	Coeficiente de variación (%)	0,08

D. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal (semana 10 a 14)

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN ACELGA (BETA VULGARIS VAR. CICLA L) POR EL METODO ANALITICO: CALCINACION EN MUFLA										
										FECHA: 07 - 10 - 2023
SEMANAS:	10 a 14									
REPLICAS:	3									
ENSAYO N°:	1									

Nota: A continuacion se evidenciaran los resultados obtenidos de las masas correspondientes a los crisoles tarados, crisoles mas muestra sin incinerar y a las masas de los crisoles mas muestra calcinada. Todo el proceso de pesaje se realizo en una unica balanza analitica SARTORIUS con precision de 4 cifras significativas y calibrada el mismo dia.

INFORMACION DE LAS MASAS OBTENIDAS PARA CROMO TOTAL										
Semana	Rotulo	Masa del crisol tarado (g)			Masa del crisol + muestra seca (g)			Masa del crisol + muestra calcinada (g)		
10	Crisol 1	14,6131	14,6132	14,6133	17,0661	17,0662	17,0663	14,8615	14,8616	14,8617
	Crisol 2	17,7191	17,7191	17,7192	20,1711	20,1711	20,1712	17,9665	17,9665	17,9666
	Crisol 13	17,0773	17,0771	17,0772	19,5323	19,5321	19,5322	17,3254	17,3255	17,3256
11	Crisol 4	16,7463	16,7464	16,7465	19,5933	19,5934	19,5935	17,0483	17,0484	17,0485
	Crisol 5	25,2400	25,2401	25,2401	28,0860	28,0861	28,0861	25,5407	25,5408	25,5409
	Crisol 6	26,0820	26,0821	26,0862	28,9270	28,9271	28,9312	26,3847	26,3848	26,3849
12	Crisol 7	30,9624	30,9625	30,9626	33,9814	33,9815	33,9816	31,3025	31,3025	31,3025
	Crisol 8	42,9724	42,9723	42,9724	45,9924	45,9923	45,9924	43,3126	43,3127	43,3126
	Crisol 9	31,2060	31,2065	31,2066	34,2240	34,2245	34,2246	31,5475	31,5474	31,5475
13	Crisol 10	16,6671	16,6671	16,6671	19,7701	19,7701	19,7701	17,0325	17,0326	17,0326
	Crisol 11	15,7475	15,7474	15,7475	18,8495	18,8494	18,8495	16,1121	16,1126	16,1121
	Crisol 12	26,7233	26,7234	26,7235	29,8273	29,8274	29,8275	27,0893	27,0894	27,0895
14	Crisol 13	18,2642	18,2641	18,2641	21,4292	21,4291	21,4291	18,6491	18,6492	18,6492
	Crisol 14	24,6755	24,6754	24,6755	27,8415	27,8414	27,8415	25,0613	25,0614	25,0615
	Crisol 15	29,6903	29,6904	29,6905	31,8203	31,8204	31,8205	29,9504	29,9505	29,9506

PROMEDIO DE LAS MASAS PREVIAMENTE OBTENIDAS PARA DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	Promedio Masa del crisol tarado	Promedio Masa del crisol + muestra seca (g)	Promedio Masa del crisol + muestra calcinada (g)
10	Crisol 1	14,6132	17,0662	14,8616
	Crisol 2	17,7191	20,1711	17,9665
	Crisol 3	17,0772	19,5322	17,3255
11	Crisol 4	16,7464	19,5934	17,0484
	Crisol 5	25,2401	28,0861	25,5408
	Crisol 6	26,0834	28,9284	26,3848
12	Crisol 7	30,9625	33,9815	31,3025
	Crisol 8	42,9724	45,9924	43,3126
	Crisol 9	31,2064	34,2244	31,5475
13	Crisol 10	16,6671	19,7701	17,0326
	Crisol 11	15,7475	18,8495	16,1123
	Crisol 12	26,7234	29,8274	27,0894
14	Crisol 13	18,2641	21,4291	18,6492
	Crisol 14	24,6755	27,8415	25,0614
	Crisol 15	29,6904	31,8204	29,9505

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA					
Semana	Rotulo	% Cenizas Base Seca		Promedio	Desviación Estandar
10	Crisol 1	10,1		10,1	0,0187
	Crisol 2	10,1		Coeficiente de variación (%)	
	Crisol 3	10,1		0,18	
11	Crisol 4	10,6		Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 5	10,6		10,6	0,0208
	Crisol 6	10,6		Coeficiente de variación (%) 0,20	
12	Crisol 7	11,3		Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 8	11,3		11,3	0,0219
	Crisol 9	11,3		Coeficiente de variación (%) 0,19	
13	Crisol 10	11,8		Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 11	11,8		11,8	0,0156
	Crisol 12	11,8		Coeficiente de variación (%) 0,13	
14	Crisol 13	12,2		Promedio	Desviación Estandar
	Crisol 14	12,2		12,2	0,0230
	Crisol 15	12,2		Coeficiente de variación (%) 0,19	

E. Determinación del % de cenizas totales base seca en tejido vegetal (semana 15 a 16)

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN ACELGA (BETA VULGARIS VAR. CICLA L) POR EL METODO ANALITICO: CALCINACION EN MUFLA									
FECHA: 07 - 10 - 2023									
SEMANAS:	15 a 16								
REPLICAS:	3								
ENSAYO N°:	1								
<p>Nota: A continuacion se evidenciaran los resultados obtenidos de las masas correspondientes a los crisoles tarados, crisoles mas muestra sin incinerar y a las masas de los crisoles mas muestra calcinada. Todo el proceso de pesaje se realizo en una unica balanza analitica SARTORIUS con precision de 4 cifras significativas y calibrada el mismo dia.</p>									

INFORMACION DE LAS MASAS OBTENIDAS PARA CROMO TOTAL										
Semana	Rotulo	Masa del crisol tarado (g)			Masa del crisol + muestra seca (g)			Masa del crisol + muestra calcinada (g)		
15 (Tallo)	Crisol 1	15,5101	15,5102	15,5103	16,5097	16,5098	16,5099	15,5215	15,5216	15,5217
	Crisol 2	15,7481	15,7481	15,7482	16,7473	16,7473	16,7474	15,7595	15,7595	15,7596
	Crisol 3	14,8643	14,8641	14,8642	15,8641	15,8639	15,8640	14,8754	14,8755	14,8756
15 (Hoja)	Crisol 4	16,0313	16,0314	16,0315	17,0316	17,0317	17,0318	16,0443	16,0444	16,0445
	Crisol 5	14,6170	14,6171	14,6171	15,6172	15,6173	15,6173	14,6297	14,6298	14,6297
	Crisol 6	21,1132	21,1131	21,1132	22,1133	22,1132	22,1133	21,1260	21,1261	21,1262
15 (Raiz)	Crisol 7	17,0634	17,0635	17,0636	18,0639	18,0640	18,0641	17,0905	17,0905	17,0905
	Crisol 8	17,7164	17,7163	17,7164	18,7168	18,7167	18,7168	17,7436	17,7437	17,7436
	Crisol 9	19,1317	19,1315	19,1316	20,1320	20,1318	20,1319	19,1587	19,1588	19,1587
16 (Tallo)	Crisol 10	21,6611	21,6611	21,6611	22,6614	22,6614	22,6614	21,6762	21,6761	21,6762
	Crisol 11	17,3745	17,3744	17,3745	18,3749	18,3748	18,3749	17,3897	17,3896	17,3897
	Crisol 12	17,7733	17,7734	17,7735	18,7738	18,7739	18,7740	17,7883	17,7884	17,7885
16 (Hoja)	Crisol 13	16,2670	16,2671	16,2671	17,2672	17,2673	17,2673	16,2831	16,2832	16,2832
	Crisol 14	16,7715	16,7714	16,7715	17,7719	17,7718	17,7719	16,7879	16,7878	16,7877
	Crisol 15	16,6653	16,6654	16,6655	17,6656	17,6657	17,6658	16,6815	16,6817	16,6815
16 (Raiz)	Crisol 16	25,1824	25,1824	25,1823	26,1827	26,1827	26,1826	25,2127	25,2125	25,2126
	Crisol 17	26,0366	26,0367	26,0368	27,0370	27,0371	27,0372	26,0670	26,0671	26,0671
	Crisol 18	28,6951	28,6952	28,6951	29,6956	29,6957	29,6956	28,7254	28,7255	28,7256
16 (Tallo Cocido)	Crisol 19	25,5263	25,5262	25,5262	26,5264	26,5263	26,5263	25,5384	25,5385	25,5386
	Crisol 20	22,3964	22,3965	22,3965	23,3966	23,3967	23,3967	22,4086	22,4086	22,4087
	Crisol 21	18,4062	18,4060	18,4061	19,4065	19,4063	19,4064	18,4184	18,4185	18,4186
16 (Hoja Cocida)	Crisol 22	26,7219	26,7218	26,7218	27,7223	27,7222	27,7222	26,7359	26,7358	26,7358
	Crisol 23	30,8726	30,8727	30,8728	31,8731	31,8732	31,8733	30,8866	30,8865	30,8866
	Crisol 24	26,3563	26,3563	26,3564	27,3566	27,3566	27,3567	26,3701	26,3699	26,3703

PROMEDIO DE LAS MASAS PREVIAMENTE OBTENIDAS PARA DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	Promedio Masa del crisol tarado	Promedio Masa del crisol + muestra seca (g)	medio Masa del crisol + muestra calcinada
15 (Tallo)	Crisol 1	15,5102	16,5098	15,5216
	Crisol 2	15,7481	16,7473	15,7595
	Crisol 3	14,8642	15,8640	14,8755
15 (Hoja)	Crisol 4	16,0314	17,0317	16,0444
	Crisol 5	14,6171	15,6173	14,6297
	Crisol 6	21,1132	22,1133	21,1261
15 (Raiz)	Crisol 7	17,0635	18,0640	17,0905
	Crisol 8	17,7164	18,7168	17,7436
	Crisol 9	19,1316	20,1319	19,1587
16 (Tallo)	Crisol 10	21,6611	22,6614	21,6762
	Crisol 11	17,3745	18,3749	17,3897
	Crisol 12	17,7734	18,7739	17,7884
16 (Hoja)	Crisol 13	16,2671	17,2673	16,2832
	Crisol 14	16,7715	17,7719	16,7878
	Crisol 15	16,6654	17,6657	16,6816
16 (Raiz)	Crisol 16	25,1824	26,1827	25,2126
	Crisol 17	26,0367	27,0371	26,0671
	Crisol 18	28,6951	29,6956	28,7255
16 (Tallo Cocido)	Crisol 19	25,5262	26,5263	25,5385
	Crisol 20	22,3965	23,3967	22,4086
	Crisol 21	18,4061	19,4064	18,4185
16 (Hoja Cocida)	Crisol 22	26,7218	27,7222	26,7358
	Crisol 23	30,8727	31,8732	30,8866
	Crisol 24	26,3563	27,3566	26,3701

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS (% m/m) EN BASE SECA				
Semana	Rotulo	% Cenizas Base Seca	Promedio	Desviación Estandar
15 (Tallo)	Crisol 1	1,1	1,1	0,0060
	Crisol 2	1,1		
	Crisol 3	1,1	Coeficiente de variación (%) 0,53	
15 (Hoja)	Crisol 4	1,3	1,3	0,0176
	Crisol 5	1,3		
	Crisol 6	1,3	Coeficiente de variación (%) 1,37	
15 (Raiz)	Crisol 7	2,7	2,7	0,0135
	Crisol 8	2,7		
	Crisol 9	2,7	Coeficiente de variación (%) 0,50	
16 (Tallo)	Crisol 10	1,5	1,5	0,0102
	Crisol 11	1,5		
	Crisol 12	1,5	Coeficiente de variación (%) 0,68	
16 (Hoja)	Crisol 13	1,6	1,6	0,0121
	Crisol 14	1,6		
	Crisol 15	1,6	Coeficiente de variación (%) 0,75	
16 (Raiz)	Crisol 16	3,0	3,0	0,0074
	Crisol 17	3,0		
	Crisol 18	3,0	Coeficiente de variación (%) 0,25	
16 (Tallo Cocido)	Crisol 19	1,2	1,2	0,0116
	Crisol 20	1,2		
	Crisol 21	1,2	Coeficiente de variación (%) 0,95	
16 (Hoja Cocida)	Crisol 22	1,4	1,4	0,0116
	Crisol 23	1,4		
	Crisol 24	1,4	Coeficiente de variación (%) 0,84	

ANEXO 10

A. Determinación de textura de suelo

DETERMINACIÓN DE TEXTURA EN SUELO MEDIANTE EL MÉTODO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

REPLICAS:	3
ENSAYO N°:	1

Nota: A continuación se evidenciarán los resultados obtenidos de las masas retenidas en cada tamiz, correspondientes a las muestras iniciales de suelo seco, tomadas en la Vereda Bosa-Tama. Todo el proceso de medición se realizó por medio de una balanza Semi-analítica OHAUS con precisión de 3 cifras significativas y calibrada el mismo día.

INFORMACIÓN DE LAS MASAS INICIALES DEL SUELO HÚMEDO DE VEREDA										
Rotulo	Replica	Masa Caja Petri (g)			Masa Caja Petri + Suelo Húmedo (g)			Suelo Seco (g)		
SUELO DE VEREDA	Masa 1	42,762	42,763	42,763	117,463	117,462	117,463	74,701	74,699	74,700
	Masa 2	42,763	42,763	42,763	117,463	117,463	117,463	74,700	74,700	74,700
	Masa 3	42,764	42,763	42,763	117,465	117,464	117,463	74,701	74,701	74,700

PROMEDIO DE LAS MASAS INICIALES DEL SUELO DE VEREDA					
Rotulo	Replica	Masa Caja Petri (g)		Masa Caja Petri + Suelo Húmedo (g)	Suelo Seco (g)
SUELO DE VEREDA	Masa 1	42,763		117,463	74,700
	Masa 2	42,763		117,463	74,700
	Masa 3	42,763		117,464	74,701
Promedio	Masa	42,763		117,463	74,700

ESTADÍSTICA DE LAS MASAS INICIALES DEL SUELO DE VEREDA				
Rotulo	Replica	Masa (g)	Datos Estadísticos	
CAJA PETRI	Masa 1	42,763	Promedio	Desviación Estandar
	Masa 2	42,763	42,763	0,0003
	Masa 3	42,763	Coefficiente de variación (%)	0,001
CAJA PETRI + SUELO HÚMEDO	Masa 1	117,463	Promedio	Desviación Estandar
	Masa 2	117,463	117,463	0,0007
	Masa 3	117,464	Coefficiente de variación (%)	0,001
SUELO HÚMEDO	Masa 1	74,700	Promedio	Desviación Estandar
	Masa 2	74,700	74,700	0,0004
	Masa 3	74,701	Coefficiente de variación (%)	0,001

RESUMEN DE LAS MASAS INICIALES DE SUELO DE VEREDA	
Rotulo	Masa (g)
CAJA PETRI	42,763
CAJA PETRI + SUELO SECO	117,463
SUELO HÚMEDO	74,700

INFORMACIÓN DE LAS MASAS INICIALES DEL SUELO SECO DE VEREDA										
Rotulo	Replica	Masa Caja Petri (g)			Masa Caja Petri + Suelo Seco(g)			Suelo Seco (g)		
SUELO DE VEREDA	Masa 1	42,762	42,763	42,763	116,655	116,655	116,654	73,893	73,892	73,891
	Masa 2	42,763	42,763	42,763	116,655	116,654	116,653	73,892	73,891	73,890
	Masa 3	42,764	42,763	42,763	116,655	116,655	116,655	73,891	73,892	73,892

PROMEDIO DE LAS MASAS INICIALES DEL SUELO DE VEREDA				
Rotulo	Replica	Masa Caja Petri (g)	Masa Caja Petri + Suelo Seco (g)	Suelo Seco (g)
SUELO DE VEREDA	Masa 1	42,763	116,655	73,892
	Masa 2	42,763	116,654	73,891
	Masa 3	42,763	116,655	73,892
Promedio	Masa	42,763	116,655	73,892

ESTADISTICA DE LAS MASAS INICIALES DEL SUELO DE VEREDA				
Rotulo	Replica	Masa (g)	Datos Estadísticos	
CAJA PETRI	Masa 1	42,763	Promedio	Desviación Estandar
	Masa 2	42,763	42,763	0,0003
	Masa 3	42,763	Coficiente de variación (%)	0,001
CAJA PETRI + SUELO SECO	Masa 1	116,655	Promedio	Desviación Estandar
	Masa 2	116,654	116,655	0,0005
	Masa 3	116,655	Coficiente de variación (%)	0,000
SUELO SECO	Masa 1	73,892	Promedio	Desviación Estandar
	Masa 2	73,891	73,892	0,0005
	Masa 3	73,892	Coficiente de variación (%)	0,001

RESUMEN DE LAS MASAS INICIALES DE SUELO DE VEREDA	
Rotulo	Masa (g)
CAJA PETRI	42,763
CAJA PETRI + SUELO SECO	116,655
SUELO SECO	73,892

INFORMACIÓN DE LAS MASAS RETENIDAS EN CADA TAMIZ						
Numero de Tamiz	Tamaño del poro (mm)	Replica	Masa de muestra retenida + Caja petri (g)			Promedio
1	5,0	Masa 1	42,813	42,812	42,813	42,813
		Masa 2	42,814	42,814	42,813	42,814
		Masa 3	42,814	42,813	42,813	42,813
2	4,0	Masa 1	42,836	42,836	42,835	42,836
		Masa 2	42,835	42,836	42,835	42,835
		Masa 3	42,835	42,835	42,836	42,835
3	3,2	Masa 1	42,850	42,849	42,848	42,849
		Masa 2	42,849	42,849	42,849	42,849
		Masa 3	42,849	42,850	42,849	42,849
4	2,5	Masa 1	42,855	42,853	42,855	42,854
		Masa 2	42,856	42,855	42,854	42,855
		Masa 3	42,856	42,855	42,855	42,855
5	1,6	Masa 1	42,858	42,859	42,858	42,858
		Masa 2	42,859	42,859	42,859	42,859
		Masa 3	42,859	42,860	42,859	42,859
6	1,0	Masa 1	42,862	42,862	42,862	42,862
		Masa 2	42,861	42,861	42,862	42,861
		Masa 3	42,862	42,862	42,862	42,862
7	0,080	Masa 1	51,862	51,862	51,865	51,863
		Masa 2	51,863	51,863	51,863	51,863
		Masa 3	51,864	51,864	51,864	51,864
8	0,032	Masa 1	48,240	48,241	48,240	48,240
		Masa 2	48,241	48,241	48,240	48,241
		Masa 3	48,241	48,241	48,241	48,241
Fondo	-	Masa 1	101,582	101,582	101,581	101,582
		Masa 2	101,582	101,581	101,582	101,582
		Masa 3	101,581	101,581	101,582	101,581

ESTADÍSTICA DE LAS MASAS RETENIDAS EN CADA TAMIZ						
Numero de Tamiz	Tamaño del poro (mm)	Replica	Masa de muestra retenida + Caja petri (g)	Datos Estadísticos		
1	5,0	Masa 1	42,813	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	42,814	42,813	0,0005	
		Masa 3	42,813	Coeficiente de variación (%)		0,001
2	4,0	Masa 1	42,836	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	42,835	42,835	0,0002	
		Masa 3	42,835	Coeficiente de variación (%)		0,0004
3	3,2	Masa 1	42,849	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	42,849	42,849	0,0002	
		Masa 3	42,849	Coeficiente de variación (%)		0,0004
4	2,5	Masa 1	42,854	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	42,855	42,855	0,0005	
		Masa 3	42,855	Coeficiente de variación (%)		0,0012
5	1,6	Masa 1	42,858	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	42,859	42,859	0,0005	
		Masa 3	42,859	Coeficiente de variación (%)		0,0012
6	1,0	Masa 1	42,862	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	42,861	42,862	0,0004	
		Masa 3	42,862	Coeficiente de variación (%)		0,0009
7	0,080	Masa 1	51,863	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	51,863	51,863	0,0006	
		Masa 3	51,864	Coeficiente de variación (%)		0,0011
8	0,032	Masa 1	48,240	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	48,241	48,241	0,0003	
		Masa 3	48,241	Coeficiente de variación (%)		0,0007
Fondo	-	Masa 1	101,582	Promedio	Desviación Estandar	
		Masa 2	101,582	101,582	0,0002	
		Masa 3	101,581	Coeficiente de variación (%)		0,0002

RESUMEN DE LAS MASAS RETENIDAS EN CADA TAMIZ			
Numero de Tamiz	Tamaño del poro (mm)	Masa de muestra retenida + Caja petri (g)	Masa de muestra retenida (g)
1	5,0	42,813	0,050
2	4,0	42,835	0,072
3	3,2	42,849	0,086
4	2,5	42,855	0,092
5	1,6	42,859	0,096
6	1,0	42,862	0,099
7	0,080	51,863	9,100
8	0,032	48,241	5,478
Fondo	-	101,582	58,819

DETERMINACIÓN DE TEXTURA EN SUELO						
MÉTODO GRANULOMETRIA POR TAMIZADO						
Tamaño Maximo (mm)		5,0	Masa Humedo (g)	74,700	Masa Seca (g)	73,892
Abertura del Tamiz			Masa Retenida (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Pasante (%)
N° Tamiz	(Pulg)	(mm)				
1	0,1969	5,0	0,050	0,07	0,07	99,93
2	0,1575	4,0	0,072	0,10	0,17	99,83
3	0,1260	3,2	0,086	0,12	0,28	99,72
4	0,0984	2,5	0,092	0,12	0,41	99,59
5	0,0630	1,6	0,096	0,13	0,54	99,46
6	0,0394	1,0	0,099	0,13	0,67	99,33
7	0,0031	0,080	9,100	12,32	12,99	87,01
8	0,0013	0,032	5,478	7,41	20,40	79,60
Fondo			58,819	79,60	100,00	0,00
Total			73,892	100,00		

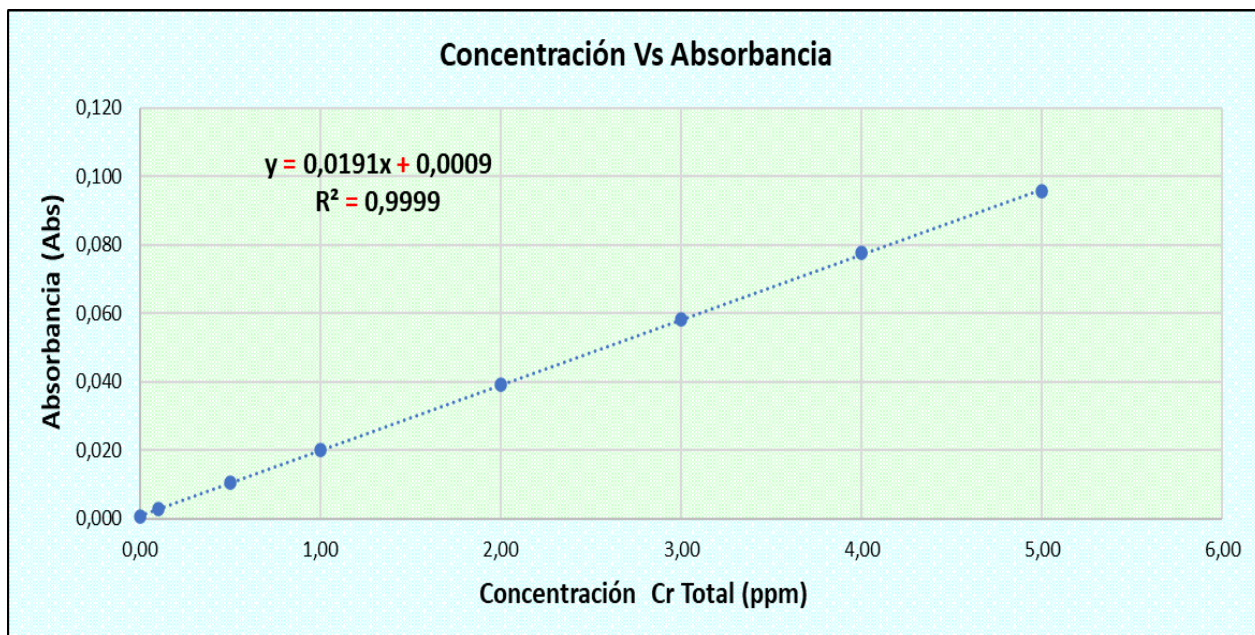
CLASIFICACIÓN DE SUELO POR TAMAÑO DE PARTICULA UNIFICADO POR USDA - ASTM - AASHTO						
GRAVAS		ARENAS			FINOS	
GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	LIMOSOS	ARCILLOSOS
100 mm a 19,1 mm	12,7 mm a 6,4 mm	4,8 mm a 2,0 mm	1,2 mm a 0,6 mm	0,42 mm a 0,074 mm	0,05 mm a 0,002 mm	< 0,002 mm

CLASIFICACIÓN DEL SUELO ASTM		
GRAVAS	ARENAS	FINOS
100 mm a 4,75 mm	4,75 mm a 0,075	0,075 mm a 0,001 mm

ANEXO 11

A. Determinación de cromo total en agua de riego

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL EN AGUA DE RIEGO PROVENIENTES DE INVERNADERO Y VEREDA			
INFORMACIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL			
Nombre Del Método	Espectrofotometría De Absorción Atómica		
Descripción	Descripción	Cantidad	Unidades
Estándar de Cromo (Cr _T)	Conc. Cr _T	1000	ppm (mg Cr / L)
Alicuota Estándar Cromo (Cr _T)	Vol _i	2,5	mL
Volumen Final (H ₂ O)	Vol _F	50,0	mL
Solución patrón Intermedia (50,0 ppm Cr _T)	Conc. Cr _T	50,0	ppm (mg Cr / L)
FABRICACIÓN DEL ANTI-INTERFERENTE (NH₄Cl 5,0%) EXPERIMENTAL			
Descripción	Descripción	Cantidad	Unidades
Cloruro de Amonio	NH ₄ Cl	2,502	g
Pureza	%		m / m
Peso Molecular	P.M	53,49	g / mol
Agua (Disolvente)	H ₂ O	50,0	mL
Volumen Solución NH ₄ Cl (5,0 % m/v)	Vol _{Final}	50,0	mL
Solución NH ₄ Cl (5,0 % m/v)	Conc. NH ₄ Cl	5,0	% m/v (g / mL)
RESUMEN DE REACTIVOS EN LA DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL			
Descripción	Descripción	Cantidad	Unidades
Estándar de Cromo (Cr _T) 1000 ppm	Vol.Cr _T	2,5	mL
Solución Patrón Intermedio (Cr _T) 50,0 ppm	Vol.Cr _T	50,0	mL
Cloruro de Amonio	NH ₄ Cl	2,502	g
Solución NH ₄ Cl (5,0 % m/v)	Conc. NH ₄ Cl	5,0	% m/v (g / mL)
Concentración Solución Stock (1000 ppm Cr _T)	Conc. Cr _T	1000,0	ppm (mg Cr / L)
Volumen Solución Patrón Intermedia (50,0 ppm Cr _T)	Vol. Cr _T	50,0	mL
Concentración Solución Patrón Intermedia (50,0 ppm Cr _T)	Conc. Cr _T	50,0	ppm (mg Cr / L)
CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO TOTAL			
Solución P.I (50,0 ppm Cr _T) mL	Vol. Final	Conc.ppm Cr _T	Abs
0,00	50,0	0,00	0,0008
0,10	50,0	0,10	0,0027
0,50	50,0	0,50	0,0104
1,00	50,0	1,00	0,0200
2,00	50,0	2,00	0,0392
3,00	50,0	3,00	0,0584
4,00	50,0	4,00	0,0776
5,00	50,0	5,00	0,0957



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 1	0,0105
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 2	0,0104
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 3	0,0105
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 1	0,0082
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 2	0,0083
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 3	0,0084

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	Conc. Cr Total (mg / L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 1	0,5
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 2	0,5
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 3	0,5
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 1	0,4
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 2	0,4
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 3	0,4

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	Conc. Cr Total (mg / L)	Promedio	Desviación Estandar
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 1	0,50	0,5	0,0030
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 2	0,50	Coefficiente de variación (%)	
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D) 3	0,50	0,60	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	Conc. Cr Total (mg / L)	Promedio	Desviación Estandar
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 1	0,38	0,4	0,0052
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 2	0,39	Coefficiente de variación (%)	
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D) 3	0,39	1,36	

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] Total (mg/L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,5
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,4
RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] Total (mg/L) Aplicando Factor de concentracion
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	1,3
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	1,0

B. Determinación de cromo VI en agua de riego

DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE EN AGUA DE RIEGO PROVENIENTES DE INVERNADERO Y VEREDA			
INFORMACIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL			
Nombre Del Método	Espectrofotometría UV-VIS		
Descripción	Formula	Cantidad	Unidades
Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$ (R.A)	0,0142	g
Pureza	%	99,5	m / m
Peso molecular $K_2Cr_2O_7$	P.M	294,19	g / mol
Peso molecular Cr	P.M	51,996	8 /mol
Volumen Solución Stock	Vol-Final	100,0	mL
Solución Stock (50,0 ppm Cr^{6+})	Conc.	49,94	ppm (mg Cr / L)
Alicuota Solución Stock	Vol.	10,0	mL
Volumen Solución Patrón Intermedia	Vol-Final	100,0	mL
Solución Patrón Intermedia (5,0 ppm Cr^{6+})	Conc.	4,99	ppm (mg Cr / L)

RESUMEN DE REACTIVOS EN LA DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE			
Descripción	Formula	Cantidad	Unidades
Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$ (R.A)	0,0142	g
Ácido Ortofosfórico Concentrado (85%) Stock	H_3PO_4	100,0	mL
Ácido Sulfúrico Concentrado (96%) Sctok	H_2SO_4	100,0	mL
Solución Ácido Sulfúrico 0,2 N	H_2SO_4 (0,2 N)	50,0	mL
1,5-Difenilcarbazona (Cancerígena)	$C_{13}H_{14}N_4O$	0,5	g
Acetona (Disolvente)	C_3H_6O	200,0	mL
Solución 1,5-Difenilcarbazona (5,0 g / L)	$C_{13}H_{14}N_4O$	100,0	mL
Volumen Solución Stock (50,0 ppm Cr^{6+})	Vol. Cr^{6+}	100,0	mL
Concentración Solución Stock (50,0 ppm Cr^{6+})	Conc. Cr^{6+}	49,9	ppm (mg Cr / L)
Volumen Solución Patrón Intermedia (5,0 ppm Cr^{6+})	Vol. Cr^{6+}	100,0	mL
Concentración Solución Stock (5,0 ppm Cr^{6+})	Conc. Cr^{6+}	4,99	ppm (mg Cr / L)

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO HEXAVALENTE			
Solución P.I (5,0 ppm) mL	Vol. Final	[Cr] VI (ppm)	Abs
0,00	50,0	0,00	0
1,00	50,0	0,10	0,072
2,00	50,0	0,20	0,158
3,00	50,0	0,30	0,237
4,00	50,0	0,40	0,317
5,00	50,0	0,50	0,397
6,00	50,0	0,60	0,476
7,00	50,0	0,70	0,556
8,00	50,0	0,80	0,636
9,00	50,0	0,90	0,715
10,00	50,0	1,00	0,795



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,056
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,057
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,056
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,054
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,054
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,055
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,035
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,035
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,036
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,033
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,034
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,034

RESUMEN CONCENTRACIONES MUESTRAS PROBLEMA ULTIMA DILUCIÓN	
Rotulo	[Cr] VI (mg/L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,074
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,075
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,074
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,071
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,071
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,072
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,047
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,047
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,048
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,045
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,046
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,046

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / L)	Promedio	Desviación Estandar
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,074	0,074	0,0007
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,075	Coeficiente de variación (%)	
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,074	0,98	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / L)	Promedio	Desviación Estandar
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,071	0,071	0,0007
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,071	Coeficiente de variación (%)	
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,072	1,01	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / L)	Promedio	Desviación Estandar
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,047	0,048	0,0007
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,047	Coeficiente de variación (%)	
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,048	1,52	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / L)	Promedio	Desviación Estandar
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,045	0,046	0,0007
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,046	Coeficiente de variación (%)	
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,046	1,59	

RESUMEN DE CONCENTRACIONES OBTENIDAS	
ROTULO	[Cr] VI (mg / L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,074
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,071
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,048
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,046
RESUMEN DE CONCENTRACIONES APLICANDO FACTOR DE CONCE	
ROTULO	[Cr] VI (mg / L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,185
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,179
Agua de riego Invernadero Sin Digestión (A.R.I.S.D)	0,119
Agua de riego Vereda Sin Digestión (A.R.V.S.D)	0,114
RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO VI EN LA MUESTRA PROBLEMA	
ROTULO	[Cr] VI (mg / L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,185
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,179

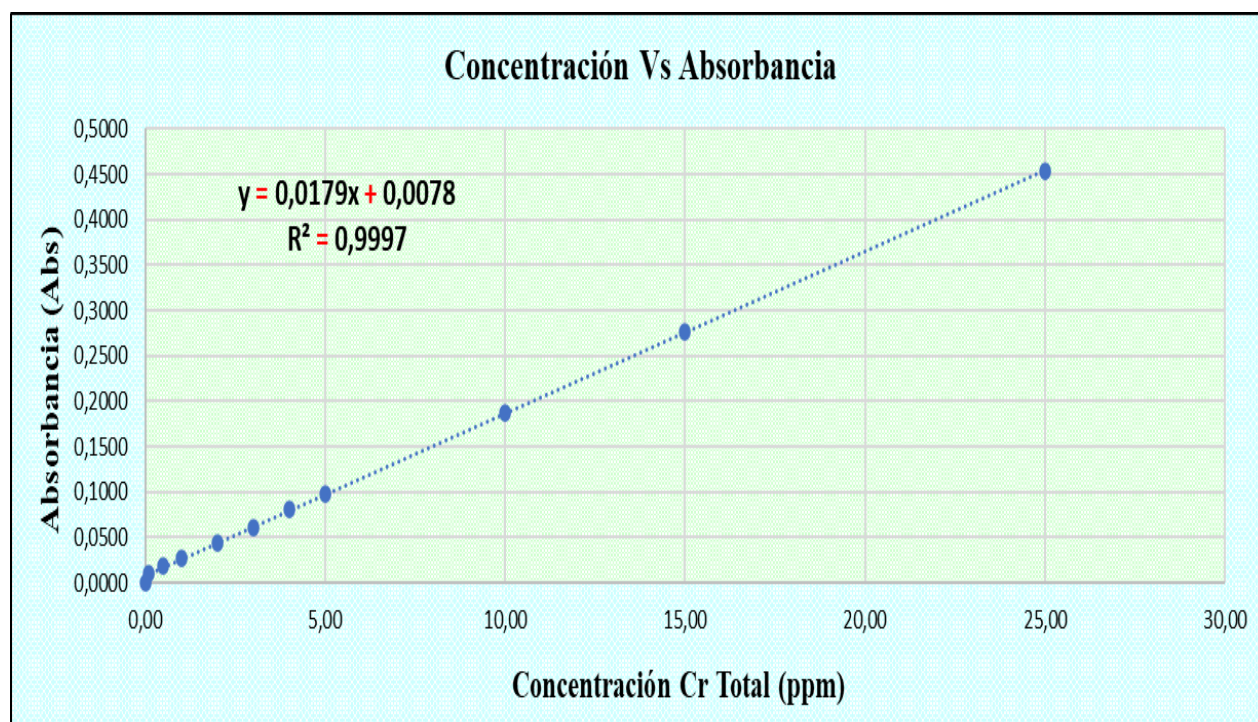
C. Determinación de cromo III en agua de riego

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA A REPORTAR	
Rotulo	[Cr] Total. (mg/L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	1,3
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	1,0
RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO VI	
ROTULO	[Cr] VI. (mg /L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	0,185
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,179
RESUMEN DE CONCENTRACIONES DE CROMO TRIVALENTE A REPORTAR	
ROTULO	[Cr] III. (mg /L)
Agua de riego Invernadero Con Digestión (A.R.I.C.D)	1,115
Agua de riego Vereda Con Digestión (A.R.V.C.D)	0,821

ANEXO 12

A. Determinación de cromo total en suelo

DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL EN SUELO PROVENIENTE DEL INVERNADERO Y VEREDA			
RESUMEN DE REACTIVOS EN LA DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL			
Descripción	Descripción	Cantidad	Unidades
Estándar de Cromo (Cr _T) 1000 ppm	Vol.Cr _T	2,5	mL
Solución Patrón Intermedio (Cr _T) 50,0 ppm	Vol.Cr _T	50,0	mL
Cloruro de Amonio	NH ₄ Cl	2,502	g
Solución NH ₄ Cl (5,0 % m/v)	Conc. NH ₄ Cl	5,0	% m/v (g / mL)
Concentración Solución Stock (1000 ppm Cr _T)	Conc. Cr _T	1000,0	ppm (mg Cr / L)
Volumen Solución Patrón Intermedia (50,0 ppm Cr _T)	Vol. Cr _T	50,0	mL
Concentración Solución Patrón Intermedia (50,0 ppm Cr _T)	Conc. Cr _T	50,0	ppm (mg Cr / L)
CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO TOTAL			
Solución P.I (50,0 ppm Cr _T) mL	Vol. Final	[Cr] Total (ppm)	Abs
0,0	50,0	0,00	0,0009
0,1	50,0	0,10	0,0109
0,5	50,0	0,50	0,0181
1,0	50,0	1,00	0,0272
2,0	50,0	2,00	0,0448
3,0	50,0	3,00	0,0616
4,0	50,0	4,00	0,0804
5,0	50,0	5,00	0,0972
10,0	50,0	10,0	0,1872
15,0	50,0	15,0	0,2762
25,0	50,0	25,0	0,4543



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.1	0,0080
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.2	0,0070
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.3	0,0080
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.4 (1/10)	0,0334
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.5 (1/10)	0,0335
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.6 (1/10)	0,0335
SUELO VEREDA C.7 (1/10)	0,0389
SUELO VEREDA C.8 (1/10)	0,0388
SUELO VEREDA C.9 (1/10)	0,0388

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.1	0,1
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.2	-0,4
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.3	0,1
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.4 (1/10)	136,0
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.5 (1/10)	136,3
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.6 (1/10)	136,4
SUELO VEREDA C.7 (1/10)	173,4
SUELO VEREDA C.8 (1/10)	173,0
SUELO VEREDA C.9 (1/10)	173,2

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.1	0,1	-0,04	0,3062
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.2	-0,4	Coficiente de variación (%)	
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.3	0,1	-681,67	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.4 (1/10)	136,0	136,3	0,2046
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.5 (1/10)	136,3	Coficiente de variación (%)	
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.6 (1/10)	136,4	0,15	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SUELO VEREDA C.7 (1/10)	173,4	173,2	0,1925
SUELO VEREDA C.8 (1/10)	173,0	Coficiente de variación (%)	
SUELO VEREDA C.9 (1/10)	173,2	0,11	

D. Determinación de cromo VI en Suelo

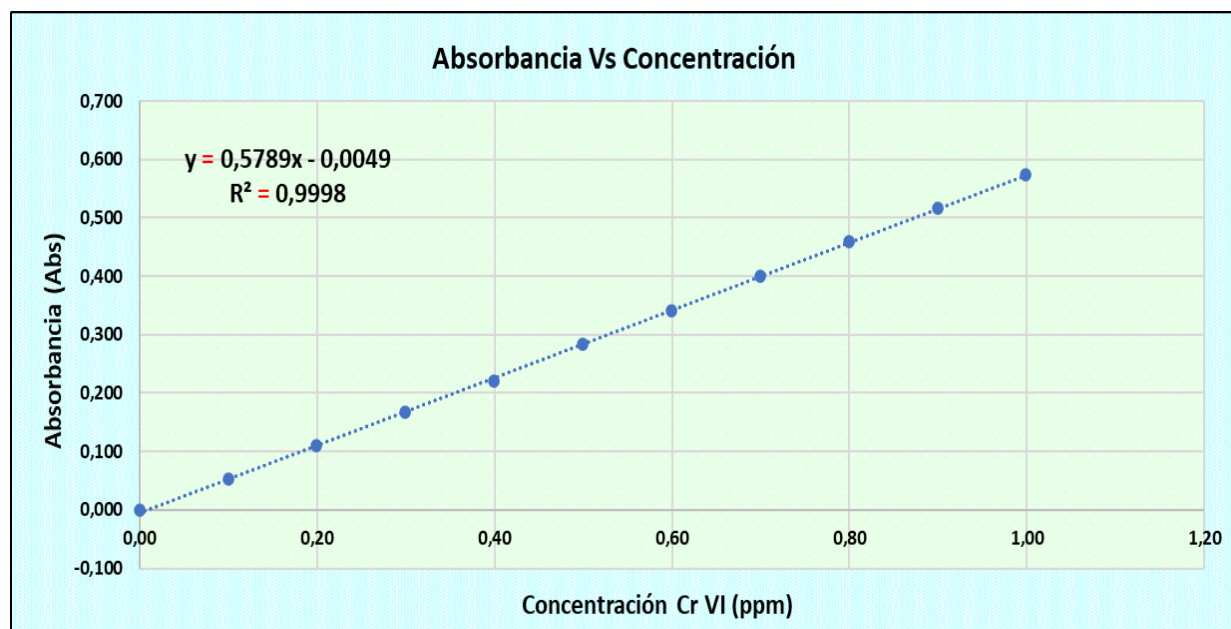
DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE EN SUELO PROVENIENTE DE INVERNADERO Y VEREDA

RESUMEN DE REACTIVOS EN LA DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE

Descripción	Descripción	Cantidad	Unidades
Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$ (R.A)	0,0142	g
Ácido Ortofosfórico Concentrado (85%) Stock	H_3PO_4	100,0	mL
Ácido Sulfúrico Concentrado (96%) Sctok	H_2SO_4	100,0	mL
Solución Ácido Sulfúrico 0,2 N	H_2SO_4 (0,2 N)	50,0	mL
1,5-Difenilcarbazida (Cancerígena)	$C_{13}H_{14}N_4O$	0,5	g
Acetona (Disolvente)	C_3H_6O	200,0	mL
Solución 1,5-Difenilcarbazida (5,0 g / L)	$C_{13}H_{14}N_4O$	100,0	mL
Volumen Solución Stock (50,0 ppm Cr^{6+})	Vol. Cr^{6+}	100,0	mL
Concentración Solución Stock (50,0 ppm Cr^{6+})	Conc. Cr^{6+}	49,9	ppm (mg Cr / L)
Volumen Solución Patrón Intermedia (5,0 ppm Cr^{6+})	Vol. Cr^{6+}	100,0	mL
Concentración Solución Stock (5,0 ppm Cr^{6+})	Conc. Cr^{6+}	4,99	ppm (mg Cr / L)

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO HEXAVALENTE

Solución P.I (5,0 ppm) mL	Vol. Final	[Cr] VI (ppm)	Abs
0,00	50,0	0,00	0,000
1,00	50,0	0,10	0,052
2,00	50,0	0,20	0,110
3,00	50,0	0,30	0,168
4,00	50,0	0,40	0,221
5,00	50,0	0,50	0,284
6,00	50,0	0,60	0,342
7,00	50,0	0,70	0,400
8,00	50,0	0,80	0,460
9,00	50,0	0,90	0,516
10,00	50,0	1,00	0,574



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.10	-0,005
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.11	-0,005
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.12	-0,005
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.13	0,102
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.14	0,103
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.15	0,103
SUELO VEREDA C.16	0,145
SUELO VEREDA C.17	0,143
SUELO VEREDA C.18	0,144

RESUMEN CONCENTRACIONES MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.10	-0,002
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.11	-0,002
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.12	-0,002
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.13 (1/10)	1,8
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.14 (1/10)	1,8
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.15 (1/10)	1,8
SUELO VEREDA C.16	2,6
SUELO VEREDA C.17	2,5
SUELO VEREDA C.18	2,6

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.1	-0,002	-0,002	0,0000
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.2	-0,002	Coeficiente de variación (%)	
SUELO INV. ANTES DE LA SIEMBRA C.3	-0,002	-0,09	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.4	1,8	1,8	0,0081
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.5	1,8	Coeficiente de variación (%)	
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA C.6	1,8	0,46	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SUELO VEREDA C.7	2,6	2,6	0,0161
SUELO VEREDA C.8	2,5	Coeficiente de variación (%)	
SUELO VEREDA C.9	2,6	0,63	

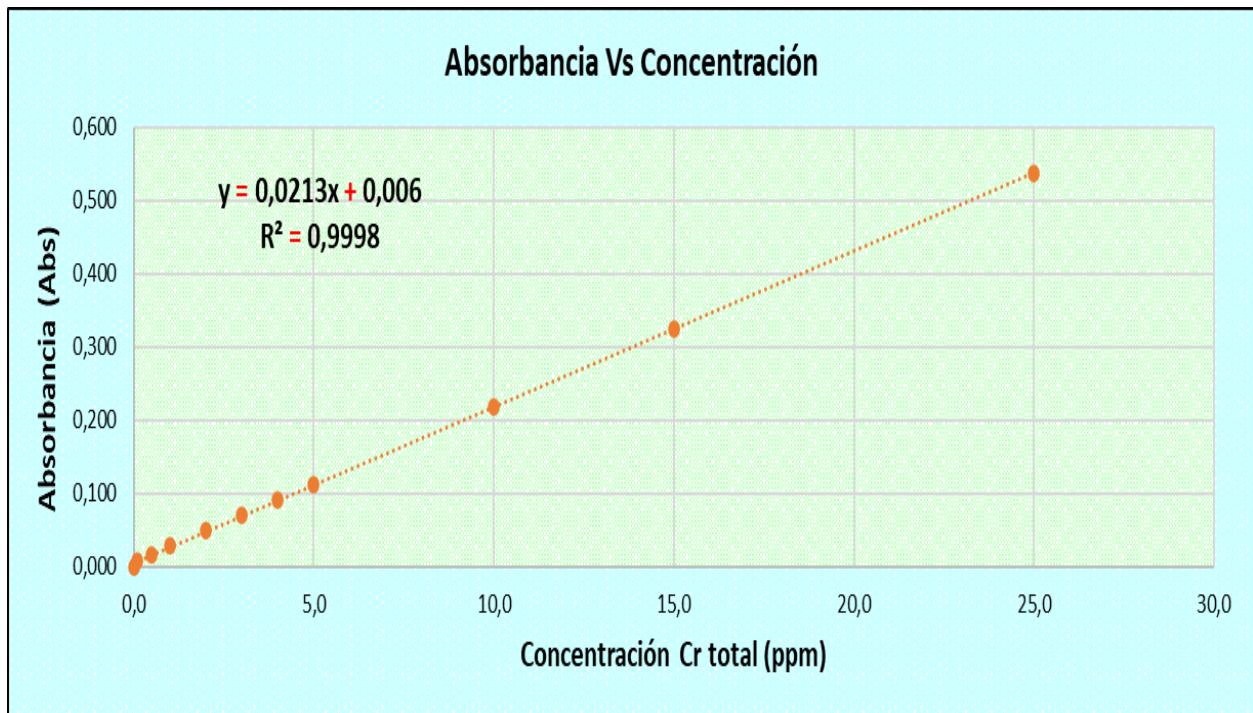
D. Determinación de cromo III en Suelo

RESUMEN DE CONCENTRACIONES DE CROMO TRIVALENTE A REPORTAR	
ROTULO	[Cr] III. (mg / Kg)
SUELO INV. ANTES DE SIEMBRA	-0,043
SUELO INV. DESPUES DE SIEMBRA	134,5
SUELO VEREDA FINAL DE SIEMBRA	170,6

ANEXO 13

A. Determinación de cromo total en tejido vegetal (semana 0 a 4)

DETERMINACIÓN DE CROMO TOTAL EN TEJIDO VEGETAL POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ÁTOMICA			
SEMANAS:	0 a 4	FECHA:	23/08/2023
REPLICAS:	3	ENSAYO N°:	2
INFORMACIÓN DEL ESTANDAR			
Descripción	Valor	Unidades	
Solución Cr	1000	mg / L	
INFORMACIÓN DEL STOCK			
Descripción	Valor	Unidades	
Solución Cr	1000,0	mg / L	
Alicuota	2,5	mL	
Volumen Final	50,0	mL	
Stock. Cr	50,0	mg / L	
TRATAMIENTO DE PATRONES			
Rotulo	Stock. 50,0 ppm Cr (mL)	NH ₄ 5 % (m/v) (mL)	Vol.Final
B	0,00	0,2	50,0
P ₁	0,10	0,2	50,0
P ₂	0,50	0,2	50,0
P ₃	1,00	0,2	50,0
P ₄	2,00	0,2	50,0
P ₅	3,00	0,2	50,0
P ₆	4,00	0,2	50,0
P ₇	5,00	0,2	50,0
P ₈	10,00	0,2	50,0
P ₉	15,00	0,2	50,0
P ₁₀	25,00	0,2	50,0
CURVA DE CALIBRACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (ppm)	Absorbancia (Abs)	
B	0,0	0,0000	
P ₁	0,1	0,0091	
P ₂	0,5	0,0174	
P ₃	1,0	0,0282	
P ₄	2,0	0,0494	
P ₅	3,0	0,0709	
P ₆	4,0	0,0918	
P ₇	5,0	0,1130	
P ₈	10,0	0,2191	
P ₉	15,0	0,3253	
P ₁₀	25,0	0,5370	



TRATAMIENTO DE LAS MUESTRA PROBLEMA							Volumen Final (mL)
	Rotulo	Cantidad de muestra (g)		HCl Conc. 37 % (mL)	HNO ₃ Conc. 65 % (mL)	NH ₄ 5,0 % (mL)	
Lecturas Digeridas	SEMANA 0 CRISOL 1	0,136	Calcinación, Cenizas y Digestión	3,0	1,0	0,2	10,0
	SEMANA 0 CRISOL 2	0,138		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 0 CRISOL 3	0,137		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 1 CRISOL 4	0,690		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 1 CRISOL 5	0,693		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 1 CRISOL 6	0,692		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 2 CRISOL 7	0,781		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 2 CRISOL 8	0,780		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 2 CRISOL 9	0,781		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 3 CRISOL 10	0,997		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 3 CRISOL 11	0,995		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 3 CRISOL 12	0,998		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 4 CRISOL 13	1,005		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 4 CRISOL 14	1,008		3,0	1,0	0,2	
	SEMANA 4 CRISOL 15	1,010		3,0	1,0	0,2	

ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA		RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	Abs	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)
SEMANA 0 CRISOL 1	0,0108	SEMANA 0 CRISOL 1	16,7
SEMANA 0 CRISOL 2	0,0109	SEMANA 0 CRISOL 2	16,8
SEMANA 0 CRISOL 3	0,0109	SEMANA 0 CRISOL 3	16,9
SEMANA 1 CRISOL 4 (1/10)	0,0375	SEMANA 1 CRISOL 4 (1/10)	214,8
SEMANA 1 CRISOL 5 (1/10)	0,0374	SEMANA 1 CRISOL 5 (1/10)	213,2
SEMANA 1 CRISOL 6 (1/10)	0,0376	SEMANA 1 CRISOL 6 (1/10)	214,9
SEMANA 2 CRISOL 7 (1/10)	0,0482	SEMANA 2 CRISOL 7 (1/10)	254,2
SEMANA 2 CRISOL 8 (1/10)	0,0484	SEMANA 2 CRISOL 8 (1/10)	255,7
SEMANA 2 CRISOL 9 (1/10)	0,0483	SEMANA 2 CRISOL 9 (1/10)	254,8
SEMANA 3 CRISOL 10 (1/15)	0,0524	SEMANA 3 CRISOL 10 (1/15)	328,4
SEMANA 3 CRISOL 11 (1/15)	0,0522	SEMANA 3 CRISOL 11 (1/15)	327,6
SEMANA 3 CRISOL 12 (1/15)	0,0526	SEMANA 3 CRISOL 12 (1/15)	329,5
SEMANA 4 CRISOL 13 (1/15)	0,0593	SEMANA 4 CRISOL 13 (1/15)	374,2
SEMANA 4 CRISOL 14 (1/15)	0,0594	SEMANA 4 CRISOL 14 (1/15)	373,8
SEMANA 4 CRISOL 15 (1/15)	0,0597	SEMANA 4 CRISOL 15 (1/15)	375,1

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 0 CRISOL 1	16,7	16,8	0,1108
SEMANA 0 CRISOL 2	16,8	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 0 CRISOL 3	16,9	0,66	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 1 CRISOL 4	214,8	214,3	0,9458
SEMANA 1 CRISOL 5	213,2	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 1 CRISOL 6	214,9	0,44	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 2 CRISOL 7	254,2	254,9	0,7714
SEMANA 2 CRISOL 8	255,7	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 2 CRISOL 9	254,8	0,30	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 3 CRISOL 10	328,4	328,5	0,9254
SEMANA 3 CRISOL 11	327,6	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 3 CRISOL 12	329,5	0,28	

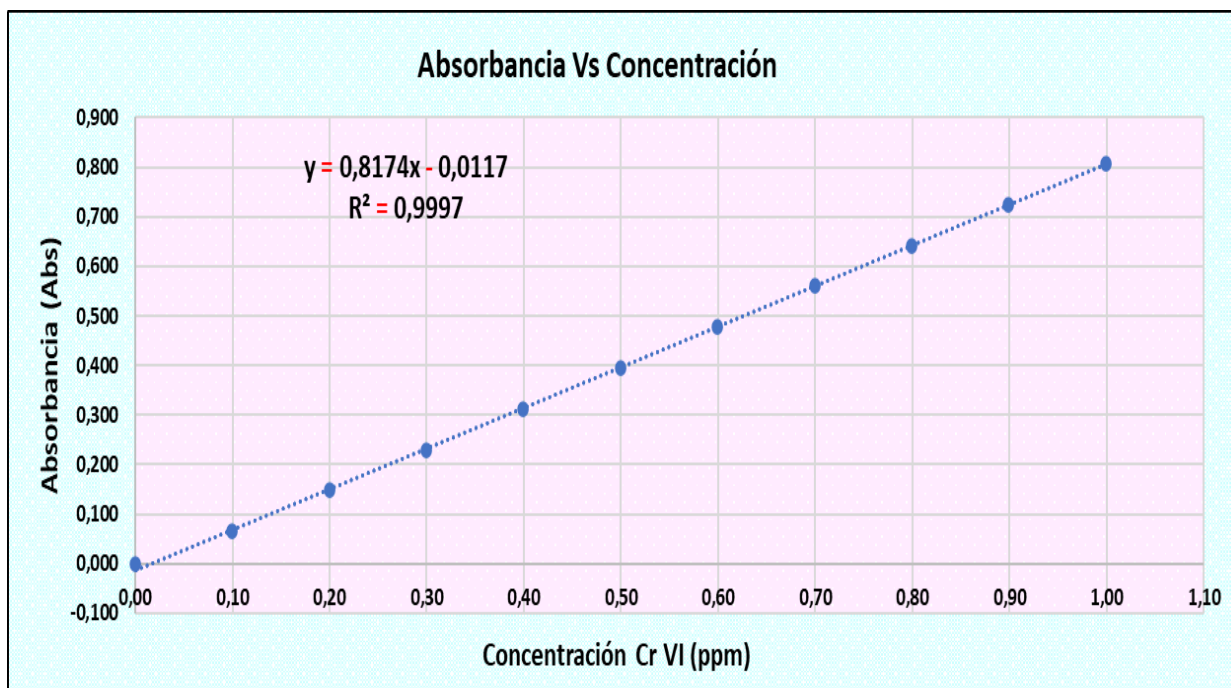
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 4 CRISOL 13	374,2	374,3	0,6939
SEMANA 4 CRISOL 14	373,8	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 4 CRISOL 15	375,1	0,19	

B. Determinación de cromo VI en tejido vegetal (semana 0 a 4)

DETERMINACIÓN DE CROMO HEXAVALENTE EN TEJIDO VEGETAL POR ESPECTROFOTOMETRÍA VISIBLE			
FECHA:	23/08/2023	SEMANAS:	0 a 4
ENSAYO N° :	2	REPLICAS:	3

INFORMACIÓN DEL MÉTODO EXPERIMENTAL			
Nombre Del Método	Espectrofotometría UV-VIS		
Descripción	Formula	Cantidad	Unidades
Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$ (R.A)	0,0142	g
Pureza	%	99,5	m / m
Peso molecular $K_2Cr_2O_7$	P.M	294,19	g / mol
Peso molecular Cr	P.M	51,996	8 / mol
Volumen Solución Stock	Vol. _{Final}	100,0	mL
Solución Stock (50,0 ppm Cr^{6+})	Conc.	49,94	ppm (mg Cr / L)
Alicuota Solución Stock	Vol.	10,0	mL
Volumen Solución Patrón Intermedia	Vol. _{Final}	100,0	mL
Solución Patrón Intermedia (5,0 ppm Cr^{6+})	Conc.	4,99	ppm (mg Cr / L)

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO HEXAVALENTE			
Solución P.I (5,0 ppm) mL	Vol. Final	[Cr] VI (ppm)	Abs
0,0	25,0	0,00	0,000
0,5	25,0	0,10	0,065
1,0	25,0	0,20	0,148
1,5	25,0	0,30	0,230
2,0	25,0	0,40	0,313
2,5	25,0	0,50	0,395
3,0	25,0	0,60	0,477
3,5	25,0	0,70	0,560
4,0	25,0	0,80	0,642
4,5	25,0	0,90	0,725
5,0	25,0	1,00	0,807



TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS PROBLEMAS							
Rotulo	Cantidad de muestra (g)	H ₃ PO ₄ Conc. Gotas	H ₂ SO ₄ 0,2 N. Gotas	Vol. Final	DPC mL	pH _(i)	pH _(F)
SEMANA 0 CRISOL 16	0,136	3	5	25,0	0,5	3,48	2,5
SEMANA 0 CRISOL 17	0,138	3	5	25,0	0,5	3,57	2,5
SEMANA 0 CRISOL 18	0,139	3	5	25,0	0,5	3,42	2,5
SEMANA 1 CRISOL 19	0,690	3	5	25,0	0,5	3,41	2,5
SEMANA 1 CRISOL 20	0,693	3	5	25,0	0,5	3,40	2,5
SEMANA 1 CRISOL 21	0,692	3	5	25,0	0,5	3,44	2,5
SEMANA 2 CRISOL 22	0,781	3	5	25,0	0,5	3,45	2,5
SEMANA 2 CRISOL 23	0,780	3	5	25,0	0,5	3,46	2,5
SEMANA 2 CRISOL 24	0,781	3	5	25,0	0,5	3,40	2,5
SEMANA 3 CRISOL 25	0,997	3	5	25,0	0,5	3,42	2,5
SEMANA 3 CRISOL 26	0,995	3	5	25,0	0,5	3,41	2,5
SEMANA 3 CRISOL 27	0,998	3	5	25,0	0,5	3,41	2,5
SEMANA 4 CRISOL 28	1,005	3	5	25,0	0,5	3,42	2,5
SEMANA 4 CRISOL 29	1,008	3	5	25,0	0,5	3,45	2,5
SEMANA 4 CRISOL 30	1,010	3	5	25,0	0,5	3,47	2,5

ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SEMANA 0 CRISOL 16	0,003
SEMANA 0 CRISOL 17	0,002
SEMANA 0 CRISOL 18	0,001
SEMANA 1 CRISOL 19	0,159
SEMANA 1 CRISOL 20	0,162
SEMANA 1 CRISOL 21	0,165
SEMANA 2 CRISOL 22	0,198
SEMANA 2 CRISOL 23	0,197
SEMANA 2 CRISOL 24	0,199
SEMANA 3 CRISOL 25	0,277
SEMANA 3 CRISOL 26	0,278
SEMANA 3 CRISOL 27	0,279
SEMANA 4 CRISOL 28	0,299
SEMANA 4 CRISOL 29	0,301
SEMANA 4 CRISOL 30	0,298

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO VI EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)
SEMANA 0 CRISOL 16	1,3
SEMANA 0 CRISOL 17	1,2
SEMANA 0 CRISOL 18	1,1
SEMANA 1 CRISOL 19	3,0
SEMANA 1 CRISOL 20	3,1
SEMANA 1 CRISOL 21	3,1
SEMANA 2 CRISOL 22	3,3
SEMANA 2 CRISOL 23	3,3
SEMANA 2 CRISOL 24	3,3
SEMANA 3 CRISOL 25	3,5
SEMANA 3 CRISOL 26	3,6
SEMANA 3 CRISOL 27	3,6
SEMANA 4 CRISOL 28	3,8
SEMANA 4 CRISOL 29	3,8
SEMANA 4 CRISOL 30	3,8

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 0 CRISOL 16	1,3	1,2	0,1023
SEMANA 0 CRISOL 17	1,2	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 0 CRISOL 18	1,1	8,41	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 1 CRISOL 19	3,0	3,1	0,0489
SEMANA 1 CRISOL 20	3,1	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 1 CRISOL 21	3,1	1,59	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 2 CRISOL 22	3,3	3,3	0,0136
SEMANA 2 CRISOL 23	3,3	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 2 CRISOL 24	3,3	0,41	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 3 CRISOL 25	3,5	3,6	0,0117
SEMANA 3 CRISOL 26	3,6	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 3 CRISOL 27	3,6	0,33	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 4 CRISOL 28	3,8	3,8	0,0225
SEMANA 4 CRISOL 29	3,8	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 4 CRISOL 30	3,8	0,60	

C. Determinación de cromo III en tejido vegetal (semana 0 a 4)

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO III EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)
SEMANA 0 CRISOL 1	15,4
SEMANA 0 CRISOL 2	15,6
SEMANA 0 CRISOL 3	15,8
SEMANA 1 CRISOL 4	211,8
SEMANA 1 CRISOL 5	210,1
SEMANA 1 CRISOL 6	211,7
SEMANA 2 CRISOL 7	250,9
SEMANA 2 CRISOL 8	252,4
SEMANA 2 CRISOL 9	251,5
SEMANA 3 CRISOL 10	324,8
SEMANA 3 CRISOL 11	324,1
SEMANA 3 CRISOL 12	325,9
SEMANA 4 CRISOL 13	370,4
SEMANA 4 CRISOL 14	370,0
SEMANA 4 CRISOL 15	371,4

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 0 CRISOL 1	15,4	15,6	0,2129
SEMANA 0 CRISOL 2	15,6	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 0 CRISOL 3	15,8	1,37	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 1 CRISOL 4	211,8	211,2	0,9405
SEMANA 1 CRISOL 5	210,1	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 1 CRISOL 6	211,7	0,45	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 2 CRISOL 7	250,9	251,6	0,7787
SEMANA 2 CRISOL 8	252,4	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 2 CRISOL 9	251,5	0,31	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 3 CRISOL 10	324,8	324,9	0,9235
SEMANA 3 CRISOL 11	324,1	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 3 CRISOL 12	325,9	0,28	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 4 CRISOL 13	370,4	370,6	0,7165
SEMANA 4 CRISOL 14	370,0	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 4 CRISOL 15	371,4	0,19	

D. Determinación de cromo (VI y III) sin el aporte total de la semilla y el suelo (semana 0 a 4)

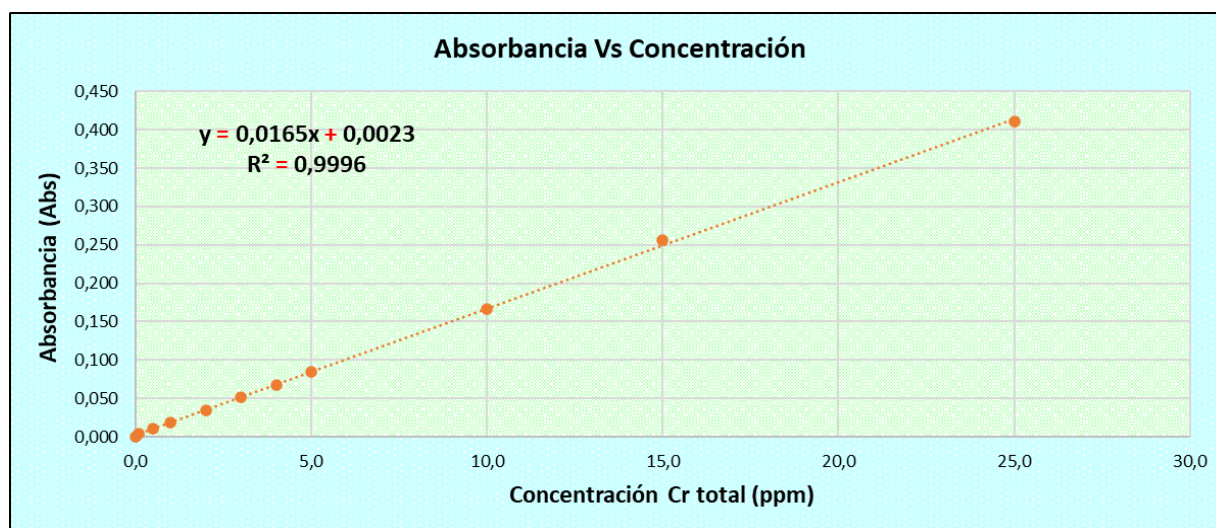
CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA		CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte de la semilla	16,8	Aporte de la semilla	1,2
CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO		CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Suelo Invernadero	136,3	Aporte Suelo Invernadero	1,8
CONCENTRACIÓN TOTAL		CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Total	153,1	Aporte Total	3,0
RESUMEN S1 A S4 CON EL APORTE TOTAL		RESUMEN S1 A S4 CON EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
1	214,3	1	3,1
2	254,9	2	3,3
3	328,5	3	3,6
4	374,3	4	3,8
RESUMEN S1 A S4 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL		RESUMEN S1 A S4 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
1	61,2	1	0,1
2	101,8	2	0,3
3	175,4	3	0,5
4	221,2	4	0,8

CONCENTRACIONES DE CROMO III SIN EL APORTE DE LA SEMILLA Y EL SUELO	
CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte de la semilla	15,6
CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Suelo Invernadero	134,5
CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Total	150,1
RESUMEN S1 A S4 CON EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
1	211,2
2	251,6
3	324,9
4	370,6
RESUMEN S1 A S4 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
1	61,1
2	101,5
3	174,8
4	220,5

ANEXO 14

A. Determinación de cromo total en tejido vegetal (semana 5 a 9)

CURVA DE CALIBRACIÓN		
Rotulo	[Cr] Total (ppm)	Absorbancia (Abs)
B	0,0	0,000
P ₁	0,1	0,005
P ₂	0,5	0,011
P ₃	1,0	0,019
P ₄	2,0	0,035
P ₅	3,0	0,052
P ₆	4,0	0,068
P ₇	5,0	0,085
P ₈	10,0	0,166
P ₉	15,0	0,256
P ₁₀	25,0	0,410



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SEMANA 5 CRISOL 1 (1/20)	0,0658
SEMANA 5 CRISOL 2 (1/20)	0,0661
SEMANA 5 CRISOL 3 (1/20)	0,0659
SEMANA 6 CRISOL 4 (1/20)	0,0699
SEMANA 6 CRISOL 5 (1/20)	0,0697
SEMANA 6 CRISOL 6 (1/20)	0,0698
SEMANA 7 CRISOL 7 (1/20)	0,0738
SEMANA 7 CRISOL 8 (1/20)	0,0737
SEMANA 7 CRISOL 9 (1/20)	0,0736
SEMANA 8 CRISOL 10 (1/20)	0,0785
SEMANA 8 CRISOL 11 (1/20)	0,0786
SEMANA 8 CRISOL 12 (1/20)	0,0785
SEMANA 9 CRISOL 13 (1/20)	0,0846
SEMANA 9 CRISOL 14 (1/20)	0,0845
SEMANA 9 CRISOL 15 (1/20)	0,0846

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)
SEMANA 5 CRISOL 1 (1/20)	382,3
SEMANA 5 CRISOL 2 (1/20)	383,6
SEMANA 5 CRISOL 3 (1/20)	382,2
SEMANA 6 CRISOL 4 (1/20)	400,7
SEMANA 6 CRISOL 5 (1/20)	399,9
SEMANA 6 CRISOL 6 (1/20)	399,9
SEMANA 7 CRISOL 7 (1/20)	417,3
SEMANA 7 CRISOL 8 (1/20)	416,3
SEMANA 7 CRISOL 9 (1/20)	415,5
SEMANA 8 CRISOL 10 (1/20)	440,7
SEMANA 8 CRISOL 11 (1/20)	440,8
SEMANA 8 CRISOL 12 (1/20)	440,5
SEMANA 9 CRISOL 13 (1/20)	470,6
SEMANA 9 CRISOL 14 (1/20)	469,5
SEMANA 9 CRISOL 15 (1/20)	469,7

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 5 CRISOL 1	382,3	382,7	0,7622
SEMANA 5 CRISOL 2	383,6	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 5 CRISOL 3	382,2	0,20	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 6 CRISOL 4	400,7	400,1	0,4568
SEMANA 6 CRISOL 5	399,9	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 6 CRISOL 6	399,9	0,11	

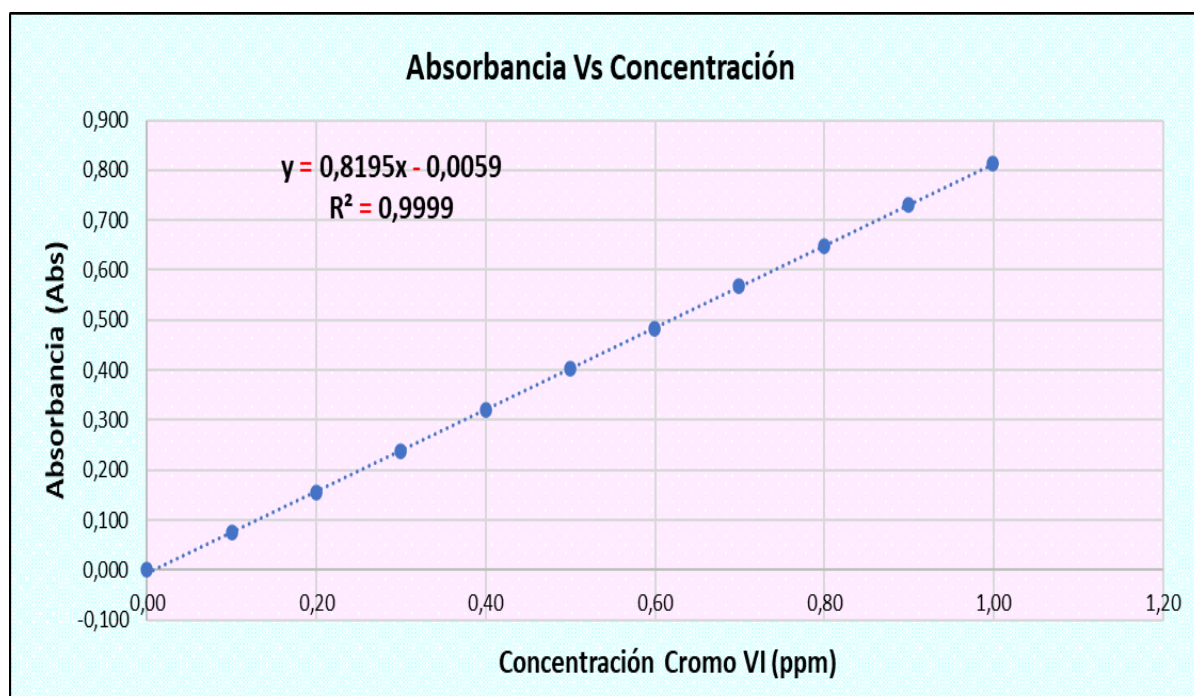
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 7 CRISOL 7	417,3	416,4	0,8845
SEMANA 7 CRISOL 8	416,3	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 7 CRISOL 9	415,5	0,21	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 8 CRISOL 10	440,7	440,7	0,1847
SEMANA 8 CRISOL 11	440,8	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 8 CRISOL 12	440,5	0,04	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 9 CRISOL 13	470,6	469,9	0,5514
SEMANA 9 CRISOL 14	469,5	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 9 CRISOL 15	469,7	0,12	

B. Determinación de cromo VI en tejido vegetal (semana 5 a 9)

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO HEXAVALENTE			
Solución P.I (5,0 ppm) mL	Vol. Final	[Cr] VI (ppm)	Abs
0,0	25,0	0,00	0,000
0,5	25,0	0,10	0,075
1,0	25,0	0,20	0,155
1,5	25,0	0,30	0,237
2,0	25,0	0,40	0,320
2,5	25,0	0,50	0,404
3,0	25,0	0,60	0,484
3,5	25,0	0,70	0,567
4,0	25,0	0,80	0,649
4,5	25,0	0,90	0,732
5,0	25,0	1,00	0,814



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SEMANA 5 CRISOL 16	0,658
SEMANA 5 CRISOL 17	0,657
SEMANA 5 CRISOL 18	0,658
SEMANA 6 CRISOL 19	0,715
SEMANA 6 CRISOL 20	0,716
SEMANA 6 CRISOL 21	0,718
SEMANA 7 CRISOL 22	0,754
SEMANA 7 CRISOL 23	0,755
SEMANA 7 CRISOL 24	0,756
SEMANA 8 CRISOL 25	0,795
SEMANA 8 CRISOL 26	0,796
SEMANA 8 CRISOL 27	0,797
SEMANA 9 CRISOL 28	0,080
SEMANA 9 CRISOL 29	0,079
SEMANA 9 CRISOL 30	0,081

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO VI EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)
SEMANA 5 CRISOL 16	4,0
SEMANA 5 CRISOL 17	4,0
SEMANA 5 CRISOL 18	4,0
SEMANA 6 CRISOL 19	4,3
SEMANA 6 CRISOL 20	4,3
SEMANA 6 CRISOL 21	4,3
SEMANA 7 CRISOL 22	4,5
SEMANA 7 CRISOL 23	4,5
SEMANA 7 CRISOL 24	4,5
SEMANA 8 CRISOL 25	4,6
SEMANA 8 CRISOL 26	4,7
SEMANA 8 CRISOL 27	4,7
SEMANA 9 CRISOL 28	4,9
SEMANA 9 CRISOL 29	4,8
SEMANA 9 CRISOL 30	4,9

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 5 CRISOL 16	4,0	4,0	0,0050
SEMANA 5 CRISOL 17	4,0	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 5 CRISOL 18	4,0	0,13	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 6 CRISOL 19	4,3	4,3	0,0080
SEMANA 6 CRISOL 20	4,3	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 6 CRISOL 21	4,3	0,19	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 7 CRISOL 22	4,5	4,5	0,0027
SEMANA 7 CRISOL 23	4,5	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 7 CRISOL 24	4,5	0,06	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 8 CRISOL 25	4,6	4,7	0,0051
SEMANA 8 CRISOL 26	4,7	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 8 CRISOL 27	4,7	0,11	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 9 CRISOL 28	4,9	4,9	0,0580
SEMANA 9 CRISOL 29	4,8	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 9 CRISOL 30	4,9	1,19	

C. Determinación de cromo III en tejido vegetal (semana 5 a 9)

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO III EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)
SEMANA 5 CRISOL 1	378,3
SEMANA 5 CRISOL 2	379,6
SEMANA 5 CRISOL 3	378,2
SEMANA 6 CRISOL 4	396,4
SEMANA 6 CRISOL 5	395,6
SEMANA 6 CRISOL 6	395,6
SEMANA 7 CRISOL 7	412,8
SEMANA 7 CRISOL 8	411,8
SEMANA 7 CRISOL 9	411,0
SEMANA 8 CRISOL 10	436,0
SEMANA 8 CRISOL 11	436,2
SEMANA 8 CRISOL 12	435,8
SEMANA 9 CRISOL 13	465,7
SEMANA 9 CRISOL 14	464,7
SEMANA 9 CRISOL 15	464,7

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 5 CRISOL 1	378,3	378,7	0,7659
SEMANA 5 CRISOL 2	379,6	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 5 CRISOL 3	378,2		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 6 CRISOL 4	396,4	395,8	0,4643
SEMANA 6 CRISOL 5	395,6	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 6 CRISOL 6	395,6		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 7 CRISOL 7	412,8	411,9	0,8871
SEMANA 7 CRISOL 8	411,8	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 7 CRISOL 9	411,0		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 8 CRISOL 10	436,0	436,0	0,1889
SEMANA 8 CRISOL 11	436,2	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 8 CRISOL 12	435,8		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 9 CRISOL 13	465,7	465,0	0,5457
SEMANA 9 CRISOL 14	464,7	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 9 CRISOL 15	464,7		

D. Determinación de cromo (VI y III) sin el aporte total de la semilla y el suelo (semana 5 a 9)

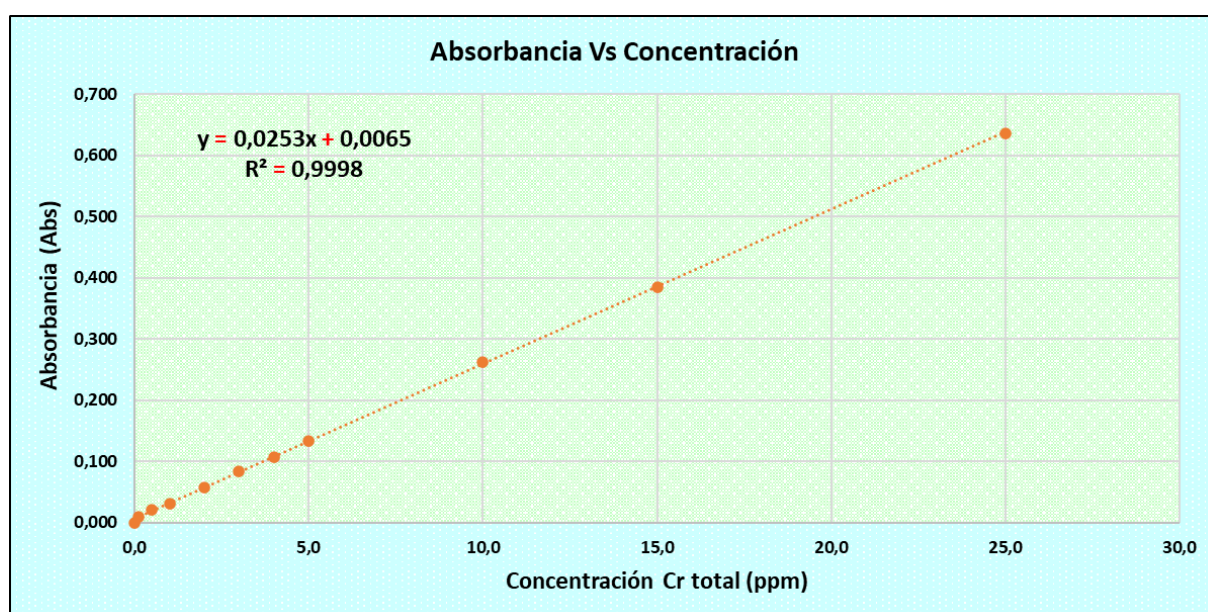
CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA		CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte de la semilla	16,8	Aporte de la semilla	1,2
CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO		CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Suelo Invernadero	136,3	Aporte Suelo Invernadero	1,8
CONCENTRACIÓN TOTAL		CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Total	153,1	Aporte Total	3,0
RESUMEN S5 A S9 CON EL APORTE TOTAL		RESUMEN S5 A S9 CON EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
5	382,7	5	4,0
6	400,1	6	4,3
7	416,4	7	4,5
8	440,7	8	4,7
9	469,9	9	4,9
RESUMEN S5 A S9 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL		RESUMEN S5 A S9 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
5	229,6	5	1,0
6	247,0	6	1,3
7	263,2	7	1,5
8	287,5	8	1,7
9	316,8	9	1,9

CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte de la semilla	15,6
CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Suelo Invernadero	134,5
CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Total	150,1
RESUMEN S1 A S4 CON EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
5	378,7
6	395,8
7	411,9
8	436,0
9	465,0
RESUMEN S1 A S4 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
5	228,6
6	245,7
7	261,8
8	285,9
9	314,9

ANEXO 15

A. Determinación de cromo total en tejido vegetal (semana 10 a 14)

CURVA DE CALIBRACIÓN		
Rotulo	[Cr] Total (ppm)	Absorbancia (Abs)
B	0,0	0,0000
P ₁	0,1	0,0091
P ₂	0,5	0,0204
P ₃	1,0	0,0309
P ₄	2,0	0,0583
P ₅	3,0	0,0847
P ₆	4,0	0,1074
P ₇	5,0	0,1335
P ₈	10,0	0,2621
P ₉	15,0	0,3856
P ₁₀	25,0	0,6361



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SEMANA 10 CRISOL 1 (1/20)	0,1578
SEMANA 10 CRISOL 2 (1/20)	0,1575
SEMANA 10 CRISOL 3 (1/20)	0,1577
SEMANA 11 CRISOL 4 (1/20)	0,1875
SEMANA 11 CRISOL 5 (1/20)	0,1876
SEMANA 11 CRISOL 6 (1/20)	0,1873
SEMANA 12 CRISOL 7 (1/20)	0,2076
SEMANA 12 CRISOL 8 (1/20)	0,2077
SEMANA 12 CRISOL 9 (1/20)	0,2078
SEMANA 13 CRISOL 10 (1/20)	0,2249
SEMANA 13 CRISOL 11 (1/20)	0,2245
SEMANA 13 CRISOL 12 (1/20)	0,2248
SEMANA 14 CRISOL 13 (1/20)	0,2456
SEMANA 14 CRISOL 14 (1/20)	0,2459
SEMANA 14 CRISOL 15 (1/20)	0,2458

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)
SEMANA 10 CRISOL 1 (1/20)	488,5
SEMANA 10 CRISOL 2 (1/20)	487,7
SEMANA 10 CRISOL 3 (1/20)	487,8
SEMANA 11 CRISOL 4 (1/20)	503,5
SEMANA 11 CRISOL 5 (1/20)	503,9
SEMANA 11 CRISOL 6 (1/20)	503,3
SEMANA 12 CRISOL 7 (1/20)	527,5
SEMANA 12 CRISOL 8 (1/20)	527,6
SEMANA 12 CRISOL 9 (1/20)	528,2
SEMANA 13 CRISOL 10 (1/20)	557,4
SEMANA 13 CRISOL 11 (1/20)	556,5
SEMANA 13 CRISOL 12 (1/20)	556,9
SEMANA 14 CRISOL 13 (1/20)	598,2
SEMANA 14 CRISOL 14 (1/20)	598,8
SEMANA 14 CRISOL 15 (1/20)	598,4

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 10 CRISOL 1	488,5	488,0	0,4308
SEMANA 10 CRISOL 2	487,7	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 10 CRISOL 3	487,8	0,09	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 11 CRISOL 4	503,5	503,6	0,3368
SEMANA 11 CRISOL 5	503,9	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 11 CRISOL 6	503,3	0,07	

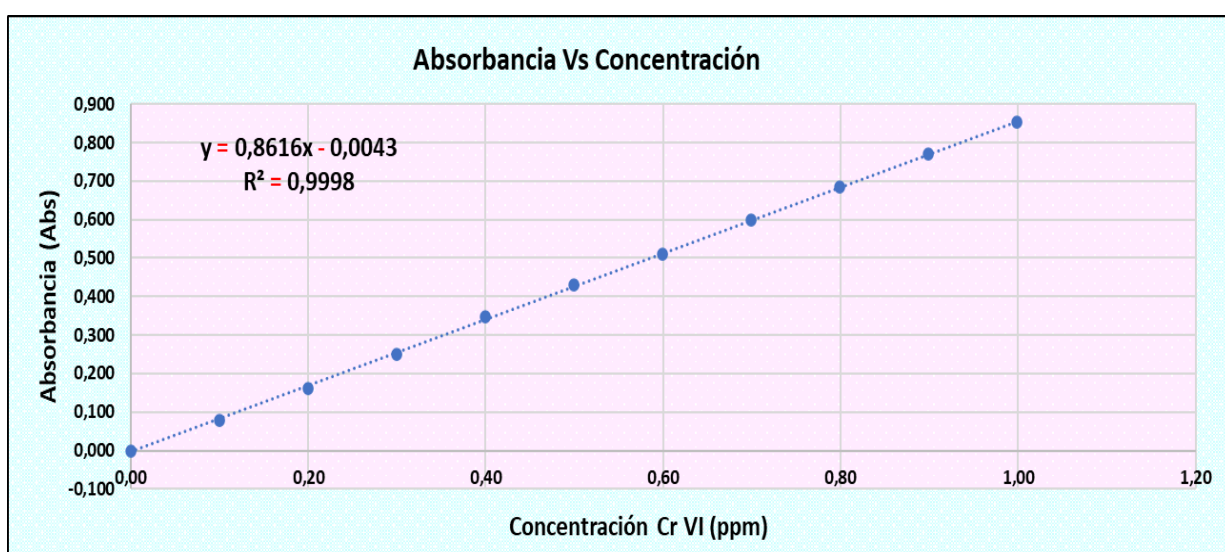
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 12 CRISOL 7	527,5	527,8	0,3811
SEMANA 12 CRISOL 8	527,6	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 12 CRISOL 9	528,2	0,07	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 13 CRISOL 10	557,4	556,9	0,4207
SEMANA 13 CRISOL 11	556,5	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 13 CRISOL 12	556,9	0,08	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 14 CRISOL 13	598,2	598,5	0,2952
SEMANA 14 CRISOL 14	598,8	Coefficiente de variación (%)	
SEMANA 14 CRISOL 15	598,4	0,05	

B. Determinación de cromo VI en tejido vegetal (semana 10 a 14)

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO HEXAVALENTE			
Solución P.I (5,0 ppm) mL	Vol. Final	[Cr] VI (ppm)	Abs
0,0	25,0	0,00	0,000
0,5	25,0	0,10	0,079
1,0	25,0	0,20	0,161
1,5	25,0	0,30	0,251
2,0	25,0	0,40	0,347
2,5	25,0	0,50	0,429
3,0	25,0	0,60	0,510
3,5	25,0	0,70	0,600
4,0	25,0	0,80	0,685
4,5	25,0	0,90	0,770
5,0	25,0	1,00	0,854



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA	
Rotulo	Abs
SEMANA 10 CRISOL 16 (1/10)	0,105
SEMANA 10 CRISOL 17 (1/10)	0,107
SEMANA 10 CRISOL 18 (1/10)	0,108
SEMANA 11 CRISOL 19 (1/10)	0,135
SEMANA 11 CRISOL 20 (1/10)	0,134
SEMANA 11 CRISOL 21 (1/10)	0,133
SEMANA 12 CRISOL 22 (1/10)	0,167
SEMANA 12 CRISOL 23 (1/10)	0,166
SEMANA 12 CRISOL 24 (1/10)	0,165
SEMANA 13 CRISOL 25 (1/10)	0,180
SEMANA 13 CRISOL 26 (1/10)	0,179
SEMANA 13 CRISOL 27 (1/10)	0,180
SEMANA 14 CRISOL 28 (1/10)	0,194
SEMANA 14 CRISOL 29 (1/10)	0,195
SEMANA 14 CRISOL 30 (1/10)	0,196

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO VI EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)
SEMANA 10 CRISOL 16 (1/10)	5,2
SEMANA 10 CRISOL 17 (1/10)	5,3
SEMANA 10 CRISOL 18 (1/10)	5,3
SEMANA 11 CRISOL 19 (1/10)	5,7
SEMANA 11 CRISOL 20 (1/10)	5,6
SEMANA 11 CRISOL 21 (1/10)	5,6
SEMANA 12 CRISOL 22 (1/10)	6,6
SEMANA 12 CRISOL 23 (1/10)	6,5
SEMANA 12 CRISOL 24 (1/10)	6,5
SEMANA 13 CRISOL 25 (1/10)	6,9
SEMANA 13 CRISOL 26 (1/10)	6,9
SEMANA 13 CRISOL 27 (1/10)	6,9
SEMANA 14 CRISOL 28 (1/10)	7,3
SEMANA 14 CRISOL 29 (1/10)	7,3
SEMANA 14 CRISOL 30 (1/10)	7,3

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 10 CRISOL 16 (1/10)	5,2	5,3	0,0707
SEMANA 10 CRISOL 17 (1/10)	5,3		
SEMANA 10 CRISOL 18 (1/10)	5,3		
		Coefficiente de variación (%)	
		1,35	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 11 CRISOL 19 (1/10)	5,7	5,6	0,0388
SEMANA 11 CRISOL 20 (1/10)	5,6		
SEMANA 11 CRISOL 21 (1/10)	5,6		
		Coefficiente de variación (%)	
		0,69	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 12 CRISOL 22 (1/10)	6,6	6,5	0,0374
SEMANA 12 CRISOL 23 (1/10)	6,5		
SEMANA 12 CRISOL 24 (1/10)	6,5		
		Coefficiente de variación (%)	
		0,57	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 13 CRISOL 25 (1/10)	6,9	6,9	0,0197
SEMANA 13 CRISOL 26 (1/10)	6,9		
SEMANA 13 CRISOL 27 (1/10)	6,9		
		Coefficiente de variación (%)	
		0,29	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 14 CRISOL 28 (1/10)	7,3	7,3	0,0344
SEMANA 14 CRISOL 29 (1/10)	7,3		
SEMANA 14 CRISOL 30 (1/10)	7,3		
		Coefficiente de variación (%)	
		0,47	

C. Determinación de cromo III en tejido vegetal (semana 10 a 14)

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO III EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)
SEMANA 10 CRISOL 1	483,3
SEMANA 10 CRISOL 2	482,5
SEMANA 10 CRISOL 3	482,5
SEMANA 11 CRISOL 4	497,8
SEMANA 11 CRISOL 5	498,3
SEMANA 11 CRISOL 6	497,7
SEMANA 12 CRISOL 7	520,9
SEMANA 12 CRISOL 8	521,1
SEMANA 12 CRISOL 9	521,7
SEMANA 13 CRISOL 10	550,5
SEMANA 13 CRISOL 11	549,7
SEMANA 13 CRISOL 12	550,0
SEMANA 14 CRISOL 13	591,0
SEMANA 14 CRISOL 14	591,5
SEMANA 14 CRISOL 15	591,0

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 10 CRISOL 1	483,3	482,7	0,4978
SEMANA 10 CRISOL 2	482,5	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 10 CRISOL 3	482,5		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 11 CRISOL 4	497,8	497,9	0,3273
SEMANA 11 CRISOL 5	498,3	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 11 CRISOL 6	497,7		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 12 CRISOL 7	520,9	521,2	0,4150
SEMANA 12 CRISOL 8	521,1	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 12 CRISOL 9	521,7		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 13 CRISOL 10	550,5	550,1	0,4034
SEMANA 13 CRISOL 11	549,7	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 13 CRISOL 12	550,0		

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN			
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
SEMANA 14 CRISOL 13	591,0	591,2	0,2900
SEMANA 14 CRISOL 14	591,5	Coeficiente de variación (%)	
SEMANA 14 CRISOL 15	591,0		

D. Determinación de cromo (VI y III) sin el aporte total de la semilla y el suelo (semana 10 a 14)

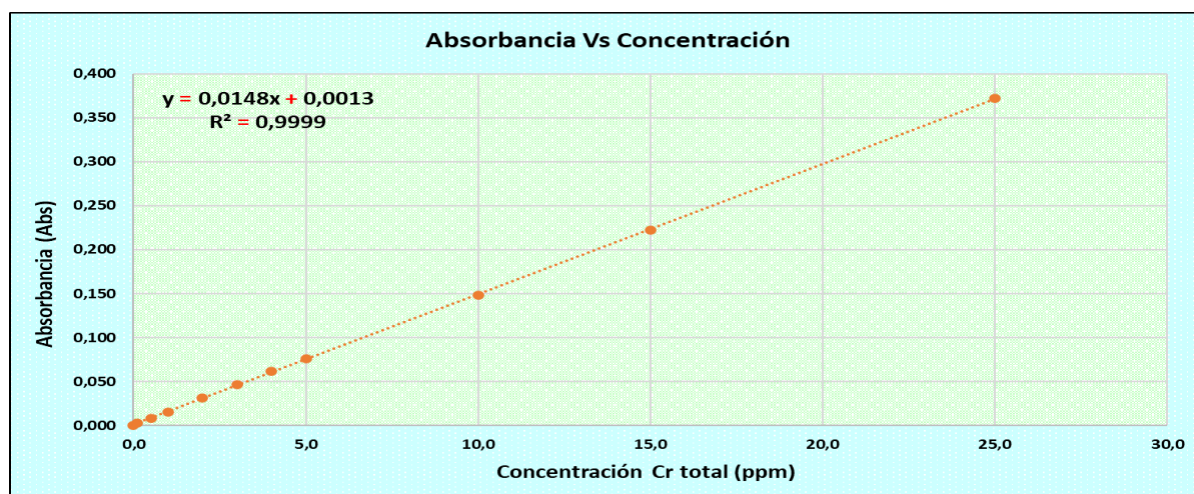
CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA		CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte de la semilla	16,8	Aporte de la semilla	1,2
CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO		CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Suelo Invernadero	136,3	Aporte Suelo Invernadero	1,8
CONCENTRACIÓN TOTAL		CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Total	153,1	Aporte Total	3,0
RESUMEN S10 A S14 CON EL APORTE TOTAL		RESUMEN S10 A S14 CON EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
10	488,0	10	5,3
11	503,6	11	5,6
12	527,8	12	6,5
13	556,9	13	6,9
14	598,5	14	7,3
RESUMEN S10 A S14 DE CROMO SI EL APORTE TOTAL		RESUMEN S10 A S14 DE CROMO SI EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
10	334,9	10	2,3
11	350,5	11	2,6
12	374,7	12	3,5
13	403,8	13	3,9
14	445,4	14	4,3

CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte de la semilla	15,6
CONCENTRACIÓN DEL SUELO INVERNADERO	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Suelo Invernadero	134,5
CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Total	150,1
RESUMEN S10 A S14 CON EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
10	482,7
11	497,9
12	521,2
13	550,1
14	591,2
RESUMEN S10 A S14 DE CROMO III SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
10	467,1
11	482,3
12	505,6
13	534,5
14	575,6

ANEXO 16

A. Determinación de cromo total en tejido vegetal (semana 15 a 16)

CURVA DE CALIBRACIÓN		
Rotulo	[Cr] Total (ppm)	Absorbancia (Abs)
B	0,0	0,0000
P ₁	0,1	0,0027
P ₂	0,5	0,0086
P ₃	1,0	0,0155
P ₄	2,0	0,0316
P ₅	3,0	0,0467
P ₆	4,0	0,0618
P ₇	5,0	0,0763
P ₈	10,0	0,1481
P ₉	15,0	0,2218
P ₁₀	25,0	0,3723



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA		
	Rotulo	Abs
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 15 (TALLO 1) C1	0,0097
	SEMANA 15 (TALLO 2) C2	0,0096
	SEMANA 15 (TALLO 3) C3	0,0095
	SEMANA 15 (HOJA 1) C4	0,0344
	SEMANA 15 (HOJA 2) C5	0,0345
	SEMANA 15 (HOJA 3) C6	0,0342
	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	0,2654
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	0,2653
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	0,2655
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	0,0167
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	0,0168
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	0,0166
	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	0,0909
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	0,0910
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	0,0911
	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	0,2697
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	0,2695
	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	0,2698
Análisis de Muestras Cocinadas	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	0,0154
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	0,0157
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	0,0155
	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	0,0897
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	0,0896
SEMANA 16 (HOJA 3) C24	0,0899	

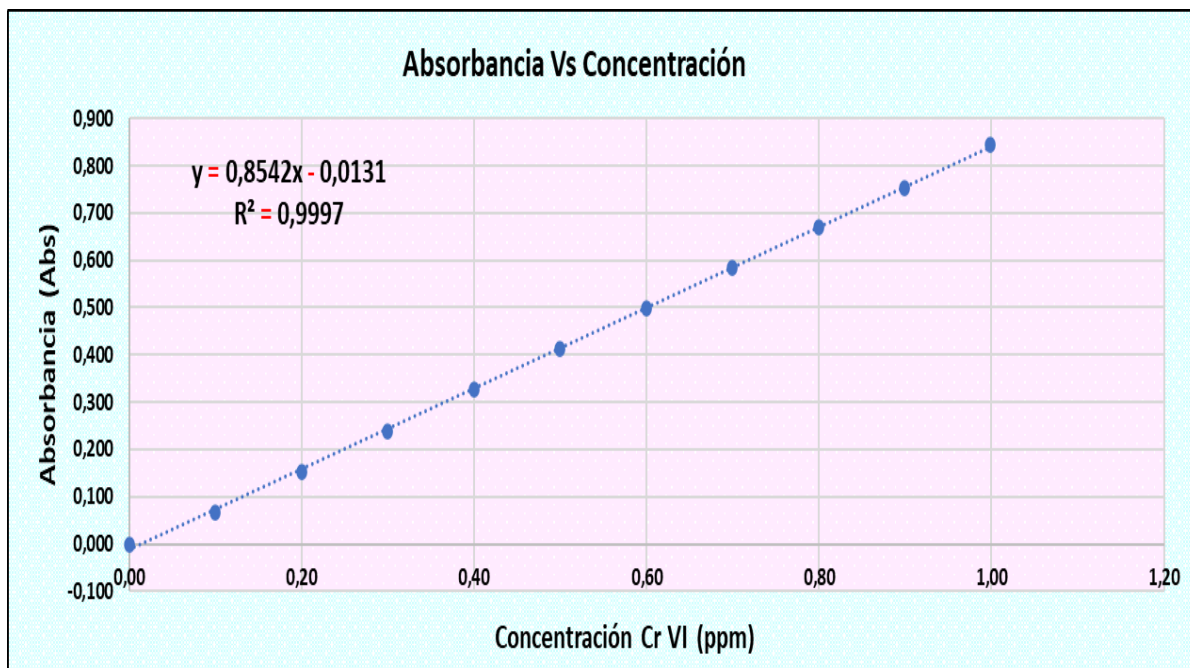
RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO TOTAL EN LA MUESTRA PROBLEMA		
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 15 (TALLO 1) C1	5,7
	SEMANA 15 (TALLO 2) C2	5,6
	SEMANA 15 (TALLO 3) C3	5,5
	SEMANA 15 (HOJA 1) C4	22,4
	SEMANA 15 (HOJA 2) C5	22,4
	SEMANA 15 (HOJA 3) C6	22,2
	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	178,3
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	178,3
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	178,4
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	10,4
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	10,5
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	10,3
	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	60,5
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	60,6
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	60,6
	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	181,2
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	181,1
	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	181,3
Análisis de Muestras Cocinadas	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	9,5
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	9,7
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	9,6
	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	59,7
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	59,6
	SEMANA 16 (HOJA 3) C24	59,8

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (TALLO 1) C1	5,7	5,6	0,0681
	SEMANA 15 (TALLO 2) C2	5,6	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (TALLO 3) C3	5,5	1,21	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (HOJA 1) C4	22,4	22,3	0,1017
	SEMANA 15 (HOJA 2) C5	22,4	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (HOJA 3) C6	22,2	0,46	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	178,3	178,3	0,0780
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	178,3	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	178,4	0,04	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	10,4	10,4	0,0680
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	10,5	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	10,3	0,65	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	60,5	60,6	0,0647
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	60,6	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	60,6	0,11	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	181,2	181,2	0,0987
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	181,1	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	181,3	0,11	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cocinadas	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	9,5	9,6	0,1028
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	9,7	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	9,6	0,11	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] Total (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cocinadas	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	59,7	59,7	0,1090
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	59,6	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (HOJA 3) C24	59,8	0,11	

B. Determinación de cromo VI en tejido vegetal (semana 15 a 16)

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA CROMO HEXAVALENTE			
Solución P.I (5,0 ppm) mL	Vol. Final	[Cr] VI (ppm)	Abs
0,0	25,0	0,00	0,000
0,5	25,0	0,10	0,067
1,0	25,0	0,20	0,153
1,5	25,0	0,30	0,239
2,0	25,0	0,40	0,326
2,5	25,0	0,50	0,412
3,0	25,0	0,60	0,498
3,5	25,0	0,70	0,585
4,0	25,0	0,80	0,671
4,5	25,0	0,90	0,754
5,0	25,0	1,00	0,844



ABSORBANCIAS DE LAS MUESTRAS PROBLEMA		
	Rotulo	Abs
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 15 (TALLO 1) C1	0,005
	SEMANA 15 (TALLO 2) C2	0,006
	SEMANA 15 (TALLO 3) C3	0,007
	SEMANA 15 (HOJA 1) C4	0,038
	SEMANA 15 (HOJA 2) C5	0,037
	SEMANA 15 (HOJA 3) C6	0,036
	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	0,246
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	0,248
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	0,247
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	0,013
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	0,012
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	0,014
	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	0,050
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	0,048
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	0,049
	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	0,251
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	0,252
	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	0,253
Análisis de Muestras Cocinadas	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	0,011
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	0,010
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	0,011
	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	0,045
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	0,044
	SEMANA 16 (HOJA 3) C24	0,046

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO VI EN LA MUESTRA PROBLEMA		
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 15 (TALLO 1) C1	0,21
	SEMANA 15 (TALLO 2) C2	0,22
	SEMANA 15 (TALLO 3) C3	0,24
	SEMANA 15 (HOJA 1) C4	0,60
	SEMANA 15 (HOJA 2) C5	0,59
	SEMANA 15 (HOJA 3) C6	0,57
	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	3,03
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	3,05
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	3,04
Análisis de Muestras Crudas	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	0,31
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	0,29
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	0,32
	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	0,74
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	0,71
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	0,73
	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	3,09
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	3,09
Análisis de Muestras Cocinadas	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	3,09
	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	0,28
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	0,27
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	0,28
	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	0,68
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	0,67
	SEMANA 16 (HOJA 3) C24	0,69

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (TALLO 1) C1	0,21	0,2	0,0117
	SEMANA 15 (TALLO 2) C2	0,22	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (TALLO 3) C3	0,24	5,23	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (HOJA 1) C4	0,60	0,6	0,0117
	SEMANA 15 (HOJA 2) C5	0,59	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (HOJA 3) C6	0,57	1,99	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	3,03	3,0	0,0116
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	3,05	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	3,04	0,38	

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	0,31	0,3	0,0117
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	0,29	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	0,32	3,84	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	0,74	0,7	0,0117
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	0,71	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	0,73	1,62	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	3,09	3,1	0,0003
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	3,09	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	3,09	0,01	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cocinadas	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	0,28	0,3	0,0067
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	0,27	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	0,28	2,42	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] VI (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cocinadas	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	0,68	0,7	0,0116
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	0,67	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (HOJA 3) C24	0,69	1,71	

C. Determinación de cromo III en tejido vegetal (semana 15 a 16)

RESUMEN CONCENTRACIONES DE CROMO III EN LA MUESTRA PROBLEMA	
Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)
SEMANA 15 (TALLO 1) C1	5,5
SEMANA 15 (TALLO 2) C2	5,4
SEMANA 15 (TALLO 3) C3	5,3
SEMANA 15 (HOJA 1) C4	21,8
SEMANA 15 (HOJA 2) C5	21,8
SEMANA 15 (HOJA 3) C6	21,7
SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	175,3
SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	175,2
SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	175,4
SEMANA 16 (TALLO 1) C10	10,1
SEMANA 16 (TALLO 2) C11	10,2
SEMANA 16 (TALLO 3) C12	10,0
SEMANA 16 (HOJA 1) C13	59,8
SEMANA 16 (HOJA 2) C14	59,9
SEMANA 16 (HOJA 3) C15	59,9
SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	178,1
SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	178,0
SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	178,2
SEMANA 16 (TALLO 1) C19	9,2
SEMANA 16 (TALLO 2) C20	9,5
SEMANA 16 (TALLO 3) C21	9,3
SEMANA 16 (HOJA 1) C22	59,0
SEMANA 16 (HOJA 2) C23	59,0
SEMANA 16 (HOJA 3) C24	59,1

DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 15 (RAIZ 1) C7	175,3	175,3	0,0820
	SEMANA 15 (RAIZ 2) C8	175,2	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 15 (RAIZ 3) C9	175,4	0,05	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (TALLO 1) C10	10,1	10,1	0,0803
	SEMANA 16 (TALLO 2) C11	10,2	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (TALLO 3) C12	10,0	0,79	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (HOJA 1) C13	59,8	59,8	0,0779
	SEMANA 16 (HOJA 2) C14	59,9	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (HOJA 3) C15	59,9	0,13	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cruda	SEMANA 16 (RAIZ 1) C16	178,1	178,1	0,0853
	SEMANA 16 (RAIZ 2) C17	178,0	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (RAIZ 3) C18	178,2	0,05	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cocinadas	SEMANA 16 (TALLO 1) C19	9,25	9,3	0,1093
	SEMANA 16 (TALLO 2) C20	9,46	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (TALLO 3) C21	9,31	1,17	
DETERMINACIÓN DE LA DESVIACION ESTANDAR Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN				
	Rotulo	[Cr] III (mg / Kg)	Promedio	Desviación Estandar
Análisis de muestras cocinadas	SEMANA 16 (HOJA 1) C22	59,0	59,0	0,0859
	SEMANA 16 (HOJA 2) C23	59,0	Coeficiente de variación (%)	
	SEMANA 16 (HOJA 3) C24	59,1	0,15	

D. Determinación de cromo (VI y III) sin el aporte total de la semilla y el suelo (semana 15 a 16)

CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA		CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte de la semilla	16,8	Aporte de la semilla	1,22
CONCENTRACIÓN DEL SUELO VEREDEA		CONCENTRACIÓN DEL SUELO VEREDEA	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Suelo Vereda	173,2	Aporte Suelo Vereda	2,60
CONCENTRACIÓN TOTAL		CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] TOTAL. (ppm)	Rotulo	[Cr] VI. (ppm)
Aporte Total	190,0	Aporte Total	3,82
RESUMEN S15 A S16		RESUMEN S15 A S16	
SEMANA	C(ppm). Cr Total	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
SEMANA 15 (TALLO)	5,6	SEMANA 15 (TALLO)	0,22
SEMANA 15 (HOJA)	22,3	SEMANA 15 (HOJA)	0,59
SEMANA 15 (RAIZ)	178,3	SEMANA 15 (RAIZ)	3,04
Total	206,3	Total	3,85
SEMANA 16 (TALLO)	10,4	SEMANA 16 (TALLO)	0,31
SEMANA 16 (HOJA)	60,6	SEMANA 16 (HOJA)	0,73
SEMANA 16 (RAIZ)	181,2	SEMANA 16 (RAIZ)	3,09
Total	252,2	Total	4,12
SEMANA 16 (TALLO C)	9,6	SEMANA 16 (TALLO C)	0,28
SEMANA 16 (HOJA C)	59,7	SEMANA 16 (HOJA C)	0,68
RESUMEN S15 A S16 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL		RESUMEN S15 A S16 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] TOTAL. (ppm)	SEMANA	[Cr] VI. (ppm)
15	16,3	15	0,04
16	62,2	16	0,31

CONCENTRACIÓN DE LA SEMILLA	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte de la semilla	15,60
CONCENTRACIÓN DEL SUELO VEREDEA	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Suelo Vereda	170,60
CONCENTRACIÓN TOTAL	
Rotulo	[Cr] III. (ppm)
Aporte Total	186,20
RESUMEN S15 A S16	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
SEMANA 15 (TALLO)	5,39
SEMANA 15 (HOJA)	21,75
SEMANA 15 (RAIZ)	175,28
Total	202,42
SEMANA 16 (TALLO)	10,10
SEMANA 16 (HOJA)	59,85
SEMANA 16 (RAIZ)	178,11
Total	248,06
SEMANA 16 (TALLO C)	9,34
SEMANA 16 (HOJA C)	59,04
RESUMEN S15 A S16 DE CROMO SIN EL APORTE TOTAL	
SEMANA	[Cr] III. (ppm)
15	16,2
16	61,9

ANEXO 17

A. Análisis de varianza entre la semana 1 hasta la semana 14 para Cr Total.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CROMO TOTAL DESDE LA SEMANA 1 HASTA LA 14							
Varianzas	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
V. INTER	Entre grupos	474469,9085	13	36497,68527	93823,1405	2,43077E-61	2,088929347
V. INTRA	Dentro de los grupos	10,89214432	28	0,389005154			
	Total	474480,8007	41				

F crítico	2,088929347						
F calculado	93823,1						

CONCLUSIÓN: Como el F calculado es mayor que el F crítico, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede afirmar, que con un nivel de confiabilidad del 95 % una de las medias es distinta o diferente a las demás.

B. Análisis de varianza entre la semana 1 hasta la semana 14 para Cr VI.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CROMO VI DESDE LA SEMANA 1 HASTA LA 14							
Varianzas	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
V. INTER	Entre grupos	70,4249314	13	5,417302415	4688,02116	3,9866E-43	2,088929347
V. INTRA	Dentro de los grupos	0,032355756	28	0,001155563			
	Total	70,45728715	41				

F crítico	2,088929347						
F calculado	4688,02116						

CONCLUSIÓN: Como el F calculado es mayor que el F crítico, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede afirmar, que con un nivel de confiabilidad del 95 % una de las medias es distinta o diferente a las demás.

C. Análisis de varianza entre la semana 15 hasta la semana 16 para Cr Total.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CROMO TOTAL DESDE LA SEMANA 15 HASTA LA 16							
Varianzas	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
V. INTER	Entre grupos	3161,383098	1	3161,383098	566750,23	1,86794E-11	7,708647422
V. INTRA	Dentro de los grupos	0,022312355	4	0,005578089			
	Total	3161,40541	5				

F crítico	7,708647422						
F calculado	566750,2						

CONCLUSIÓN: Como el F calculado es mayor que el F crítico, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede afirmar, que con un nivel de confiabilidad del 95 % una de las medias es distinta o diferente a las demás.

C. Análisis de varianza entre la semana 15 hasta la semana 16 para Cr VI.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CROMO VI DESDE LA SEMANA 15 HASTA LA 16							
Varianzas	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
V. INTER	Entre grupos	0,108406937	1	0,108406937	387,891786	3,92015E-05	7,708647422
V. INTRA	Dentro de los grupos	0,001117909	4	0,000279477			
	Total	0,109524846	5				

F crítico	7,708647422						
F calculado	387,89179						

CONCLUSIÓN: Como el F calculado es mayor que el F crítico, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede afirmar, que con un nivel de confiabilidad del 95 % una de las medias es distinta o diferente a las demás.

ANEXO 18

A. Análisis de varianza en los tallos de las acelgas provenientes de los supermercados y de la vereda para analizar diferencias significativas de cromo total.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CROMO TOTAL ENTRE LAS ACELGAS DE LOS SUPERMERCADOS DE CADENA							
Varianza	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
V. INTER	Entre grupos	4620,811	4	1155,2029	1247675,836	1,93793E-28	3,478049691
V. INTRA	Dentro de los grupos	0,009	10	0,0009			
	Total	4620,821	14				

F crítico	3,478049691						
F calculado	1247675,8						

CONCLUSIÓN: Como el F calculado es mayor que el F crítico, se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede afirmar, que con un nivel de confiabilidad del 95 % una de las medias es distinta o diferente a las demás.

Nota: De esta misma manera se podría seguir realizando los ANOVA para comparar si existen diferencias significativas en los demás resultados obtenidos, Pero en este caso se comprobó que, en todos los análisis de varianza, existía diferencias significativas con un nivel de confiabilidad del 95%. Es decir que, los resultados de las determinaciones de cromo (VI y III), poseen distintas concentraciones que se van bioacumulando en la acelga, lo cual implica un impacto para la salud si no se actúa prontamente.

ANEXO 19

Reporte de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA)



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DE
AMBIENTE

CONTRATADO POR GSE CONSULTORIA LTDA
Bogotá D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE Folios 5 Anexos: 0
Proc. # 572583 Radicado # 2022ER317881 Fecha: 2022-12-23
Tercero: ATMO6880 - TERCERO SCS
Dep: SUBDIRECCION DE RECURSO HIDRICO Y DEL SUELO
Tipo Doc.: Oficio de trabajo Clase Doc.: Faltas

Señora
NERINDER XIOMARA LOPEZ GARCÍA
Correo electrónico: nlopezq@upn.edu.co
Ciudad

Referencia: Respuesta definitiva.
Derecho de petición. Radicado SDA No. 2022ER317881 del 12/12/2022.

Cordial Saludo,

En atención al radicado de la referencia, en el cual a través del canal atención al ciudadano solicita la siguiente información:

1. “[...] El presente correo es para solicitar muy encarecidamente información sobre los años en que han muestreado el Río Tunjuelo en base a la cantidad de metales pesados encontrados [...]”

La Secretaría Distrital de Ambiente se permite informar que, opera la Red de Calidad Hídrica de Bogotá – RCHB, herramienta que ha permitido la captura de los datos fisicoquímicos y microbiológicos de los principales cuerpos de agua de la ciudad (ríos Salitre, Fucha, Tunjuelo y Torca), información importante para: establecer el estado y la dinámica en la calidad del recurso hídrico superficial de la ciudad en diferentes periodos del año (lluvioso y seco), la actualización de la línea base mediante la cual se definen los lineamientos de control, determinación de los usos de los cuerpos hídricos, cumplimiento de los objetivos de calidad, implementación del instrumento económico de tasa retributiva, reporte de índices de calidad del agua y el establecimiento de tramos críticos o áreas aferentes a los mismos donde la SDA debe enfocar el trabajo para disminuir la contaminación y generar procesos de recuperación de la calidad del agua.

La RCHB está conformada por una serie de estaciones de monitoreo, distribuidas en los ríos principales de la ciudad; específicamente para el río Tunjuelo, se cuenta con diez (10) estaciones ubicadas en zonas estratégicas que representan la dinámica espacial de la calidad hídrica de este afluente principal, permitiendo establecer de manera permanente la variabilidad y el estado del recurso hídrico superficial de la ciudad.

En la Tabla 1 se presentan las diez (10) estaciones del Río Tunjuelo, con sus respectivos datos de georeferenciación.

Tabla 1. Puntos de monitoreo de la RCHB-Río Tunjuelo

Corriente Hídrica	Tramo	Estación de monitoreo/Código estación	Latitud	Longitud
Río Tunjuelo	1	La Regadera (TU-Regadera)	04°24'21.32"N	74°08'39.25"O
		Universidad Antonio Nariño (TU-UAN)	04°28'59.07"N	74°07'18.06"O
		Yomasa (TU-Yomasa)	04°30'11.03"N	74°07'37.54"O
	2	Doña Juana (TU-Doña Juana)	04°31'31.96"N	74°07'36.18"O
		Barrio México (TU-México)	04°33'33.59"N	74°08'02.83"O
		San Benito (TU-SBenito)	04°33'49.25"N	74°08'17.50"O
	3	Makro Autopista Sur (TU-Makro)	04°35'59.10"N	74°09'06.04"O
		Transversal 86 (TU-TV86)	04°36'44.69"N	74°10'47.52"O

Secretaría Distrital de Ambiente
Av. Caracas N° 54-35
PBX: 3778899 / Fax: 3778930
www.smdaentebogota.gov.co
Bogotá, D.C., Colombia

