

**ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES
DE QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN
COLOMBIA**

Laura Catalina Contreras Rodríguez

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ
2016**

**ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES
DE QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN
COLOMBIA**

LAURA CATALINA CONTRERAS RODRÍGUEZ

TRABAJO DE GRADO

**DIRECTORA: DORA LUZ GOMEZ AGUILAR
Mg.Sc en Biología con énfasis en Fitoquímica
Grupo de Investigación Didáctica y sus Ciencias**

**CODIRECTOR: Mg. Ricardo Andrés Franco Moreno
Grupo de Investigación IREC**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ
2016**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por permitirme culminar esta etapa, a mi madre, Alba Lucía Rodríguez Urrego por ser el motor de mi vida y brindarme el apoyo necesario en cada paso, a mi tío Jorge Enrique Urrego por creer en mí y apoyarme, a mi prima Gina Constanza Sánchez Gonzales por fomentar en mí el amor por la ciencia, a Noriel Alberto Vargas Marroquín por estar junto a mí en cada paso, de igual forma agradezco a mi directora de trabajo de grado Dora Luz Gómez Aguilar por ser el ejemplo a seguir de cualquier profesor en formación, por su acompañamiento durante toda la carrera y el tiempo que invirtió en el desarrollo de este trabajo, a mi codirector Ricardo Andrés Franco por su inmensa ayuda en este proyecto, a la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, por haberme formado durante todos estos años no sólo como profesional sino como persona y por haberme dado la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa institución. Finalmente agradezco a toda mi familia por brindarme todo su amor y por sobre todo a mi abuela Irene Urrego por permanecer a mi lado, tú y mi madre dan luz y sentido a mi vida.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Abordaje de controversias socioambientales con profesores de química en formación inicial: el caso del glifosato en Colombia.
Autor(es)	Contreras Rodríguez, Laura Catalina
Director	Gómez Aguilar, Dora Luz Franco Moreno, Ricardo Andrés
Publicación	Bogotá. Universidad pedagógica Nacional, 2016. 88 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES, ENFOQUE CIENCIA TECNOLOGIA Y SOCIEDAD, GLIFOSATO.

2. Descripción
Trabajo de grado que se propone partir de la aplicación de una secuencia didáctica generar un aprendizaje significativo de los contenidos en química abordados desde las controversias socioambientales generadas por el uso del glifosato en Colombia para la erradicación de cultivos lícitos e ilícitos en Colombia a partir de bioensayos de germinación con semillas bioindicadoras de <i>Lactuca sativa</i> .

3. Fuentes
Cruz Lugo, A. L. (2007). Correlación del método Kjendahl con el método de combustión Dumas automatizado para determinación de proteína en alimentos. Pachuca de Soto, México .
Daza Rosales, S. F., Arrieta Vergara, J. R., Ríos Carrascal, O., & Crespo Rojas, C. A. (2011). Ciencia/Tecnología/Sociedad/Ambiente: Algunos elementos a tener en cuenta en un proceso de renovación de la enseñanza de las ciencias. <i>CITECSA</i> , 50 - 68.
Díaz Moreno, N., & Jiménez Liso, M. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. <i>Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 54 - 70.
Economía, S. d. (2001). Análisis de aguas - determinación de fósforo total en

aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. México.

EL TIEMPO.COM. (15 de Mayo de 2015). Es oficial: Termina era del glifosato en fumigaciones en Colombia. *El Tiempo*.

Fernandez, N. E., Etel Pujol, E., & Maher, E. (2012). *Los Plaguicidas aquí y ahora*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

Forero, C., Rodríguez, E., & Fuentes, C. (27 de 05 de 2004). Detección de residuos biodisponibles de glifosato en aguas y suelos: Optimización de una técnica de bioensayos con plantas indicadoras. *Agronomía Colombiana*, 63 - 73.

Foti, M., & Lallana, V. (2014). Detección de glifosato en el percolado de muestras de suelo de un lote agrícola a través de bioensayos de germinación con semillas de *Lactuca Sativa L.* *Revista FABISCIB*, 107 - 118.

Monsanto. (2013). Recuperado el 01 de 09 de 2015, de <http://www.monsanto.com/global/es/quienes-somos/pages/default.aspx>

4. Contenidos

La tesis consta de 8 apartados, en donde el primero se titula como introducción y se muestran las controversias socioambientales causadas por el uso del glifosato en Colombia y como a partir de la aplicación de una secuencia didáctica los profesores de química en formación inicial apropian los conceptos químicos relacionados con la temática, un planteamiento del problema abordando las ventajas y desventajas del desarrollo científico y tecnológico con profesores de química en formación inicial, los objetivos generales y específicos, el marco teórico consta principalmente de una revisión bibliográfica del enfoque ciencia tecnología y sociedad, las investigaciones realizadas desde el abordaje de controversias sociocientíficas y las investigaciones hechas sobre el glifosato a nivel mundial y nacional, los resultados alcanzados experimentalmente para los bioensayos de germinación y la aplicación de los instrumentos propuestos en la secuencia didáctica con el grupo de trabajo, las conclusiones y recomendaciones del trabajo, la bibliografía, una lista de tablas, gráficas y esquemas y por último los anexos que contienen los instrumentos de aplicación.

5. Metodología

Se realizó un trabajo experimental con el grupo de estudiantes de Sistemas Orgánicos II de la licenciatura de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, a partir del diseño metodológico de una secuencia didáctica conformada por cuatro etapas, la primera, una etapa exploratoria compuesta por la aplicación de un instrumento inicial, un instrumento de cuestiones socioambientales y una contextualización de la temática, la segunda una aplicación de prácticas de laboratorio para evaluar la Fitotoxicidad, la cinética de desaparición en aguas y la biodisponibilidad en suelos del glifosato a partir de bioensayos de germinación, la tercera etapa de debates de cuestiones sociocientíficas a partir de la aplicación de un instrumento y finalmente, la cuarta etapa de retroalimentación con la socialización de resultados de laboratorio y la aplicación de un instrumento final.

6. Conclusiones

El desarrollo de la secuencia didáctica le permitió a los profesores de química en formación inicial tomar actitudes críticas y reflexivas frente a la problemática generada por el uso del glifosato en Colombia desde su conocimiento científico y los contenidos en química orgánica, mejorando la calidad del discurso argumentativo y relacionando aspectos éticos, económicos, políticos, sociales y ambientales, generando un aprendizaje significativo, evitando ideas deformadas de la ciencia, relacionando el avance científico y tecnológico como una actividad humana que genera impactos positivos y negativos en la sociedad.

Evidenciaron la inhibición del crecimiento radicular de las semillas bioindicadoras, por la exposición a diferentes concentraciones de glifosato, teniendo en cuenta que es un compuesto altamente tóxico y bioacumulable, debido a varias características ambientales que lo afectan, lo cual, les permitió el uso de competencias científicas, el aprendizaje significativo y actitudes positivas hacia la ciencia.

Elaborado por:	Laura Catalina Contreras Rodríguez
Revisado por:	Dora Luz Gómez Aguilar Ricardo Andrés Franco Moreno

Fecha de elaboración del Resumen:	08	06	2016
--	----	----	------

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
1. JUSTIFICACIÓN	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo general.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. IDENTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
4. MARCO DE REFERENCIA.....	18
4.1 Antecedentes.....	18
4.2 Fundamento teórico:.....	21
4.2.1 Pesticidas:	24
4.2.2 Herbicidas:.....	26
4.2.3 Glifosato:	27
4.2.3.1 Mecanismo de acción:.....	28
4.2.3.2 Toxicidad del Glifosato:	28
4.2.4 Enfoque ciencia tecnología y sociedad:	29
5. METODOLOGÍA.....	32
5.1 Enfoque Metodológico	32
5.2 Población participante.....	33
5.3 Diseño metodológico	34
6. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	40
6.1 Criterios para el análisis de la información.	40
6.1.1 Evaluación de la fitotoxicidad del glifosato en semillas de <i>Lactuca sativa</i>	41
6.1.1.1 Análisis elemental de Roundup® Brío Transorb II Technology	41
6.1.1.2 Fitotoxicidad del glifosato en semillas de <i>Lactuca sativa</i> :	42
6.1.1.3 Cinética de desaparición del glifosato en aguas.	49
6.1.1.4 Biodisponibilidad del glifosato en suelos	51
6.1.2 Caracterización de las controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato en cultivos de <i>Lactuca sativa</i> con PQFI.....	57
6.1.2.1 Información tabulada a partir del instrumento de ideas previas.	57
6.1.2.2 Información tabulada a partir del trabajo de laboratorio realizado con los PQFI.	61
6.1.2.3 El abordaje de controversias socioambientales en el aula.....	63
6.1.3 Abordaje de conceptos químicos asociados al uso de glifosato en cultivos de <i>Lactuca sativa</i>	66
7. CONCLUSIONES.....	70
8. RECOMENDACIONES	71

9. BIBLIOGRAFÍA71

10. ANEXOS74

Lista de Tablas

Tabla 1: Imágenes correspondientes al Glufosinato de Amonio.....	24
Tabla 2: Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad. Tomado de (Organizatio World Heald, 2009).....	25
Tabla 3: Imagen de la Formula Estructural del Glifosato.	28
Tabla 4: Diseño Metodológico de la secuencia Didáctica.	34
Tabla 5: Imagen del Etiquetado de Rounup® Brío.....	41
Tabla 6: Imagen del Resultado de la Práctica de Análisis Elemental.	42
Tabla 7: Imagen de la Pregerminación de Semillas.....	42
Tabla 8: Imagen de Medición de Semillas con el Micrómetro.....	43
Tabla 9: Cálculo matemático para hallar la cantidad de glifosato necesaria para cada tratamiento.	43
Tabla 10: Imagen de la Obtención del Percolado.....	44
Tabla 11: Valores de pH y conductividad eléctrica de los lixiviados obtenidos después de 96 horas de la aplicación de 10,00µL de glifosato.....	44
Tabla 12: Imágenes Correspondientes a la Siembra y Medición de Semillas.	44
Tabla 13: Diferencia de longitud radical en µm de las plántulas de lechuga a las 96 horas de la aplicación de glifosato en los lixiviados de las muestras.....	45
Tabla 14: Porcentaje de crecimiento de las radículas después de poner en contacto a las 96 horas de la aplicación de glifosato.	45
Tabla 15: Imagen de la Obtención de pH de los Lixiviados.....	46
Tabla 16: Valores de pH y conductividad eléctrica de los lixiviados obtenidos de las muestras de suelos 192 horas después de la aplicación de glifosato.....	46
Tabla 17: Medidas de las radículas a las 72 horas en µm de estar en contacto con el glifosato adicionado a las muestras de suelo a las 192 horas.	46
Tabla 18: Diferencia de longitud radical en µm de las plántulas de lechuga a las 192 horas de la aplicación de glifosato en los lixiviados de las muestras.	47
Tabla 19: Porcentaje de crecimiento de las radículas después de poner en contacto a las 96 horas de la aplicación de glifosato y descartando los datos negativos.	47
Tabla 20: Imagen de la Preparación de Soluciones de Glifosato.....	49
Tabla 21: Diferencia de las medidas iniciales y finales de las radículas en µm 72 horas después de poner en contacto con las diferentes concentraciones de glifosato.	49
Tabla 22: Porcentaje de crecimiento de las radículas de las semillas 72 horas después de poner en contacto con las diferentes concentraciones de glifosato. ..	50
Tabla 23: Imagen del Tamizado de las Muestras de Suelo.....	51
Tabla 24: Cálculos para la preparación de soluciones de glifosato.	51

Tabla 25: Imagen del Secado y Calcinación de las Muestras.	53
Tabla 26: Masas del crisol y de las muestras de suelo para hallar el porcentaje de materia orgánica.	53
Tabla 27: Imagen de la Determinación de pH de las muestras.	53
Tabla 28: Características texturales y medidas de pH para suelo arrocero y pastizal.	54
Tabla 29: Diferencias entre las medidas iniciales y finales en μm de las radículas de las semillas después de poner en contacto con el glifosato y suelo arrocero. ...	54
Tabla 30: Porcentaje de crecimiento de las semillas después de ponerlas en contacto con glifosato y suelo arrocero.	54
Tabla 31: Diferencias entre las medidas iniciales y finales de las radículas de las semillas después de poner en contacto con el glifosato y muestra de pastizal.	55
Tabla 32: Porcentaje de crecimiento de las radículas de las semillas después de poner en contacto con el glifosato y muestra de pastizal.	55
Tabla 33: Comparación entre los promedios de crecimiento de las radículas de las semillas en suelo arrocero y pastizal.	56
Tabla 34: Información tabulada a partir del instrumento de ideas iniciales, primera parte.	58
Tabla 35: Información tabulada a partir del instrumento de ideas iniciales, segunda parte.	59
Tabla 36: Análisis y conclusiones de los PQFI a partir de las prácticas de laboratorio realizadas con glifosato.	61
Tabla 37: Clasificación de preguntas para el abordaje de CSA sobre el Glifosato.	63
Tabla 38: Tendencias de respuestas de los grupos en el abordaje de CSA sobre el glifosato.	63
Tabla 39: Clasificación de preguntas para el abordaje de CSA sobre el Glifosato, Instrumento final.	66
Tabla 40: Tendencias de respuestas de los grupos sobre instrumento de cierre de la secuencia didáctica.	67

Lista de Gráficas

Gráfica 1: Porcentaje de crecimiento de las radículas después del contacto con el glifosato.	48
Gráfica 2: Comparación del crecimiento de las raíces de las semillas de Lactuca Sativa a diferentes concentraciones de glifosato.....	50
Gráfica 3: Comparación entre el promedio del porcentaje de crecimiento de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> contra las diferentes concentraciones de glifosato.....	51
Gráfica 4: Porcentaje de crecimiento de las semillas expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en muestras de suelo arrocero.	54
Gráfica 5: Porcentaje de crecimiento de las semillas expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en muestras de pastizal.....	56
Gráfica 6: Grafica comparativa entre los porcentajes de crecimiento de las radículas de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en dos muestras de suelos diferentes.	56

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A (Rúbrica de validación).....	72
ANEXO B (Instrumento de ideas previas).....	74
ANEXO C (Procedimientos de laboratorio).....	78
ANEXO D (Instrumento de controversias socioambientales).....	84
ANEXO E (Instrumento final).....	85

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años Colombia ha sido víctima del flagelo producido por la guerra y el narcotráfico, por lo cual en 1999 el presidente Colombiano Andrés Pastrana Arango y el presidente estadounidense Bill Clinton firmaron el Plan Colombia, acuerdo mediante el cual Estados Unidos incrementa sustancialmente los recursos necesarios para financiar la lucha contra el narcotráfico, inyectando capital al programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea de Glifosato.

El Roundup® activo es un herbicida a base de glifosato, altamente comercializado en Colombia para la erradicación de maleza, coca y marihuana. Los estudios realizados sobre los efectos negativos producidos a la fauna y la flora por aspersiones con herbicidas cuyo compuesto activo es el glifosato han determinado medianos y altos niveles de toxicidad en diferentes especies animales, además de causar efectos muy nocivos para la vegetación general ya que es un herbicida no selectivo.

Actualmente se desarrollan diferentes estrategias pedagógicas en educación ambiental para el manejo adecuado de herbicidas generando una sensibilización frente a los problemas ambientales y de salud ocasionados por el uso de agroquímicos, además de la capacitación sobre las medidas de seguridad necesarias para disminuir el impacto ambiental de los mismos.

Mediante el desarrollo de este trabajo se articularon los conceptos químicos aprendidos en el aula de clase con las controversias sociocientíficas y la problemática ambiental producida por las aspersiones aéreas con glifosato, a partir de la implementación de una secuencia didáctica que permitió a los estudiantes establecer relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, logrando así, la aplicabilidad de las ciencias a su entorno cotidiano, aumentando de esta forma el interés de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias experimentales y proporcionando una imagen menos descontextualizada de las mismas.

Lo anterior, desarrollando una secuencia didáctica a partir de las controversias socioambientales generadas por los diversos actores implicados en el uso del herbicida en Colombia y sus efectos secundarios en el ecosistema del país y en la salud de la población afectada, relacionando los conceptos químicos abordados con el grupo de Sistemas Orgánicos II de profesores de química en formación inicial de la Universidad Pedagógica nacional, con los cuales se realizaron cuatro sesiones de trabajo en las cuales se implementó un instrumento de recolección de ideas previas, se realizó una contextualización acerca de la temática, se desarrollaron bioensayos de germinación con semillas de *Lactuca sativa*, variando las condiciones de crecimiento de las semillas con un formulado comercial de glifosato, se llevó a cabo una discusión con los profesores en formación inicial utilizando noticias de circulación en diferentes medios de comunicación del país y un instrumento de indagación sobre controversias sociocientíficas, finalmente se

realizó una socialización de los resultados y las conclusiones obtenidos en las prácticas de laboratorio y la resolución de un instrumento de cierre.

Con el desarrollo de la secuencia didáctica los profesores en formación inicial pudieron observar como el uso del glifosato disminuye significativamente el crecimiento de las semillas, ratificando así, su efecto negativo en las plantas que no son objetivo de la erradicación, concluyendo a partir de estos resultados y de las controversias actuales que se han generado política, científica, social y económicamente alrededor de la decisión sobre el uso o la discontinuación de este producto en Colombia; que este producto fitosanitario, desarrollado a partir de la investigación científica y la innovación agrícola, genera alteraciones en la salud de la población expuesta al herbicida, inhibe el crecimiento de plantas que se encuentran alrededor de los cultivos objetivo, afectando negativamente las cosechas de los campesinos y su economía, provoca infertilidad en los suelos que entran en contacto con el glifosato los cuales se pueden ver afectados en mayor proporción y durante mayor tiempo dependiendo de diversos factores como su característica textural, el pH, su porcentaje de materia orgánica, la concentración del herbicida y la dosis utilizada, entre otros. Además, es importante para la sociedad en general y en particular para los profesores en formación inicial conocer y comprender los efectos del desarrollo científico y tecnológico teniendo así una imagen contextualizada de las ciencias y capacitando a la población para la participación y la toma de decisiones éticas y morales relacionadas con el desarrollo de las ciencias.

1. JUSTIFICACIÓN

La descontextualización de las ciencias, como la química en los diferentes niveles de escolaridad, ha generado una brecha entre el desarrollo científico y el impacto causado por el mismo, social y ambientalmente ya que los estudiantes no relacionan el avance de las ciencias con el mundo que los rodea. En tal sentido, para lograr un ambiente pedagógico y didáctico en el aula de clase es necesario que los profesores de química en formación inicial sean capaces de relacionar el conocimiento científico con el impacto ambiental y social permitiéndoles participar activamente en las discusiones y polémicas generadas a partir de este conflicto ambiental, para lo cual en este trabajo se pretende implementar como estrategia pedagógica la discusión frente a la controversia sociocientífica generada por el uso del glifosato como herbicida en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia evaluando su fitotóxicidad, su cinética de desaparición en el agua y la biodisponibilidad del mismo en el suelo a partir de bioensayos de germinación con semillas de *Lactuca sativa* (Lechuga) puesto que se ha demostrado que esta especie vegetal es altamente sensible a la exposición a glifosato.

La secuencia didáctica planteada para el presente trabajo, a través de una serie de actividades articuladas y coherentes aborda las controversias sociocientíficas generadas a partir del uso del glifosato como herbicida en Colombia con el objetivo de brindar a los profesores en formación inicial de química las herramientas necesarias para relacionar los conceptos de química orgánica en la solución de problemas socioambientales.

El diseño metodológico planteado procura que los profesores en formación inicial generen una relación entre las ventajas y desventajas producidas por los avances de la química relacionándolos con la sociedad y el ambiente, para así lograr que los estudiantes sean ciudadanos conscientes capaces de aportar en la toma de decisiones respecto a los debates que originados a partir de las controversias sociocientíficas.

La relación estrecha entre la controversia generada por el uso del glifosato en Colombia con el trabajo realizado desde la química orgánica de diferentes compuestos en el grupo de Sistemas Orgánicos II, de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, permite desarrollar en los profesores en formación inicial una contextualización entre los avances científicos y el mundo real, generando ideas innovadoras para cambiar la imagen de la química, esperando, que ellos como futuros docentes en química sean capaces de implementar en el currículo controversias sociocientíficas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar los aportes de una secuencia didáctica en la interrelación de conceptos químicos, cuando se abordan controversias socioambientales, asociadas al uso del glifosato en Colombia, con el grupo de Sistemas Orgánicos II en, la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato en cultivos de *Lactuca sativa*, con profesores de química en formación inicial, mediante el desarrollo e implementación de una secuencia didáctica.

Determinar la concentración efectiva media de inhibición del crecimiento de semillas bioindicadoras de *Lactuca sativa*, a partir del uso de una fórmula comercial de glifosato y evaluar su fitotoxicidad mediante bioensayos de germinación.

Abordar conceptos químicos asociados al uso de glifosato en cultivos de *Lactuca sativa* desde el enfoque de controversias sociocientíficas.

3. IDENTIFICACIÓN, PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El desarrollo científico y tecnológico ha generado un avance significativo en la sociedad causando diversas controversias frente a las implicaciones del mismo, social y ambientalmente.

En el caso particular del uso del glifosato en el contexto Colombiano, recientemente se ha generado una fuerte discusión frente a la suspensión de las fumigaciones con glifosato o N-(fosforimetil) glicina el cual, es un herbicida de amplio espectro, no selectivo utilizado en varios países latinoamericanos, principalmente en Colombia para la erradicación de cultivos ilícitos de marihuana, amapola y coca. El glifosato por si sólo es tóxico para animales, en dosis muy altas, pero la fórmula del herbicida, contiene productos diferentes como algunos surfactantes que mejoran la adherencia y uniformidad de las preparaciones agroquímicas, los cuales están considerados en la literatura como altamente tóxicos (Torres , 2011).

Desde el enfoque de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente se busca utilizar casos controversiales, tales como el uso del glifosato como uno de los herbicidas más empleados para la erradicación de maleza, esto con el fin de contextualizar a los estudiantes frente a la aplicación, usos, impactos sociales y ambientales de la química en el mundo real, permitiéndoles así participar activamente frente a la toma de decisiones sobre las consecuencias generadas por acciones humanas social y ambientalmente (Torres , 2011).

Para tal fin es necesario incluir en el desarrollo de actividades en las aulas de clase la enseñanza de las ciencias, en particular, de la química, dilemas sociales generados por el avance científico, favoreciendo el desarrollo de una sociedad crítica que sea capaz de aplicar los conceptos disciplinares en el desarrollo del trabajo colaborativo para considerar diversas soluciones desde los diferentes puntos de vista de los actores sociales. Por lo anterior es preciso añadir en los programas de formación inicial de profesores de ciencias la educación en ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (Díaz Moreno & Jiménez Liso , 2012).

Se ha generado un gran debate sobre el impacto ambiental causado por el frecuente uso de glifosato como herbicida en Colombia, frente a esta cuestión ambiental;

¿Cuáles son los aportes de una secuencia didáctica centrada en el abordaje de controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato en Colombia, en la interrelación de conceptos químicos que se abordan en el grupo de Sistemas Orgánicos II en, la Licenciatura en Química de la universidad Pedagógica Nacional de Colombia?

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 Antecedentes

En el año 2014 estudiantes del Instituto universitario Italiano de Rosario en Argentina realizaron un diseño experimental en animales para evaluar qué efectos tiene el glifosato (Roundup® II) en el endometrio de ratas hembra, utilizando 18 ratas Wistars hembras de 80 – 90 días de vida con un peso de 300g manteniendo constantes las condiciones de laboratorio, adicionándole al agua para consumo de las ratas glifosato en forma líquida; se retiró el alimento y el agua 16 horas antes de un procedimiento de laparotomía con extracción del útero y los ovarios, se obtuvieron 5mL de sangre de cada rata para realizar una medición hormonal. Los resultados obtenidos fueron disminución de 70mg en promedio de peso corporal en cada rata, cambios significativos en los niveles séricos de progesterona y cambios en el estroma endometrial lo que afecta la implantación embrionaria (Serpá , y otros, 2015).

En el año 2014 estudiantes del departamento de Biología de la Universidad del Tolima realizaron una investigación con renacuajos en estadio 25 de cuatro especies diferentes de anuros Colombianos, estas especies se encuentran frecuentemente en zonas asperjadas con Roundup®, *Rhinella Marina*, *Rhinella Humboldti*, *Hipsyboas Crepitans* y *Engystomops Putulosus*. El primer experimento fue bajo condiciones controladas de laboratorio, durante 96 horas se expusieron a 20 renacuajos de cada especie a cinco concentraciones diferentes de Roundup y de Cosmo-Flux 411F manteniendo constantes los parámetros fisicoquímicos del agua y las condiciones del laboratorio. El segundo experimento se realizó bajo las condiciones de microcosmo, durante 96 horas 50 renacuajos de cada especie fueron expuestos a cinco concentraciones diferentes que pueden encontrarse en el ambiente natural de Roundup® y Cosmo-Flux 411F sin alterar los parámetros fisicoquímicos del agua y simulando las condiciones del habitat natural de los renacuajos. Los resultados de DL₅₀ no superan las concentraciones aproximadas que se pueden encontrar en el ambiente, sin embargo el herbicida representa un riesgo moderado ya que puede causar la muerte al 50% de la población de renacuajos de las cuatro especies, mientras que Cosmo-Flux no resulta letal. Después de las 96 horas se seleccionaron 10 renacuajos de pruebas de laboratorio y 20 de microcosmos sobrevivientes y sin alteraciones morfológicas aparentes para establecer diferencias entre las medidas corporales por cada concentración de herbicida y se realizaron pruebas de capacidad natatoria. Se encontró que la especie más afectada por Roundup® fue *Hipsyboas Crepitans* y la más resistente a la exposición fue *Engystomops Putulosus*. Las especies expuestas a Roundup no presentaron cambios morfológicos apreciables ni disminución en la capacidad natatoria, mientras que las expuestas a Cosmo-Flux 411F evidencian cambios morfológicos, principalmente en las medidas de ancho corporal, su capacidad natatoria no se vió afectada. Con los resultados

encontrados en este trabajo se puede afirmar que el herbicida Roundup junto con el coadyuvante que se encuentra en esta fórmula comercial es tóxico y genera cambios morfológicos apreciables en algunas especies animales (Henaó Muñoz , Triana Velásquez , & Bernal Bautista , 2014).

En el año 2008 estudiantes del departamento de biología de la Universidad Veracruzana de México, realizaron un ensayo de toxicidad en linfocitos humanos en una solución de glifosato concentrada, a las 24 horas de crecimiento se expusieron los linfocitos a 5 concentraciones diferentes de glifosato y después de 48 horas de exposición se realiza un conteo de células viables para cada uno de los ensayos y analizando el ADN por electroforesis.

Con la citotoxicidad del glifosato se determinó el porcentaje de células que sobrevivieron con lo cual se establece que el incremento de alteraciones citogenéticas está directamente relacionado con la exposición a herbicidas y que la relación entre alteraciones y concentración del compuesto es directamente proporcional. Por lo cual el uso de glifosato debe ser reevaluado ya que altera a nivel celular y genético, a partir de una concentración de 240ppm se produce daño genotóxico lo cual puede llevar a enfermedades relacionadas con daños del gen (Rivera, 2008).

En el año 2014 se realizó un trabajo de investigación en el departamento de química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia acerca del estudio exploratorio de Pequeños Grupos de Investigación de docentes en ejercicio que se realizó a través de una metodología microetnográfica de forma cualitativa interpretativa, en el cual se analizó el cambio discursivo con frente a las CSC y al trabajo colaborativo en grupo, el proyecto se realizó en un colegio del sur de Bogotá en el cual se observaba un alto consumo de sustancia psicoactivas suministrando así a los grupos de investigación herramientas para analizar las CSC. Para el desarrollo de la investigación se implementaron talleres de sensibilización, caracterización y discusión alrededor de experiencias docentes al abordar CSC, debates, socialización de artículos, realización de encuestas, diseño de una secuencia didáctica y finalmente evaluar el trabajo de los grupos de investigación por medio de debates sobre las CSC.

A partir de los resultados obtenidos se pudo concluir que al abordar CSC los docentes desarrollan diferentes habilidades al tomar decisiones y cuestionar la información obtenida de medios de comunicación, promoviendo el pensamiento crítico y una opinión independiente permitiéndole una participación activa en la toma de decisiones (Rodríguez & Martínez , 2014).

En el año 2012 se realizó un trabajo de investigación para analizar los discursos de profesores de química en ejercicio y en formación inicial desarrollando unidades didácticas sobre cuestiones sociocientíficas. El trabajo se desarrolló con 14 profesores en ejercicio y 13 profesores en formación inicial durante dos semestres académicos. Se recogió información mediante grabaciones de las sesiones del seminario taller Unidades didácticas, entrevistas focales sobre

cuestiones sociocientíficas con el cual se pretendía contribuir en la formación de los profesores en CSC, diferenciar los puntos de vista de los profesores participantes del estudio. El estudio se realizó en dos fases, la primera, una fase de diagnóstico en la cual se caracterizan los discursos de los profesores y sus experiencias referentes a las CSC, en una segunda fase se analizaron los discursos de los profesores en forma comparativa mediante el diseño de la unidad didáctica para finalmente evaluar los impactos en la formación del profesor de Ciencias a partir del diseño de unidades didácticas desde el enfoque de CSC (Martínez, Parga , & Gómez , 2012).

En el desarrollo del movimiento CTS se ha generado una ruptura entre la investigación científica y el desarrollo industrial ya que esta última se centra en la competitividad y en el desarrollo tecnológico, sin tener en cuenta los aspectos sociales que intervienen en dicho desarrollo. Por lo anterior es claro que se debe realizar una propuesta educativa que permita consolidar el movimiento como un modelo de desarrollo (Quintero, 2010). En América Latina el desarrollo en investigación se ha visto sesgado por algunas políticas inestables ya que depende del estado, aunque los estudios CTS han procurado promover el desarrollo de participación que faciliten las decisiones frente a la ciencia y a tecnología, una mayor integración de los intelectuales con el movimiento y el uso de las ciencias y la tecnología para la resolución de problemas.

En el campo de la educación el movimiento CTS ha logrado introducir programas en enseñanza secundaria y universitaria, preparación de cursos a distancia para la formación de docentes en el enfoque CTS con la inclusión de nuevas estrategias didácticas, aunque se han dejado de lado factores tales como el medio ambiente, la apropiación social del conocimiento y la participación social, esto puesto que no se ha prestado atención a los problemas que se generan en el proceso educativo por la ciencia y la tecnología, por lo cual es necesario crear estrategias pedagógicas que fortalezcan el movimiento CTS (Quintero, 2010).

Por otro lado la enseñanza de las ciencias desde el enfoque CTS pretende facilitar el aprendizaje de los alumnos desde un enfoque reformador, promoviendo el trabajo en equipo, generando el aprendizaje científico desde el entorno habitual del estudiante, creando conciencia social frente al desarrollo técnico y científico (Quintero, 2010).

En la enseñanza de las ciencias se ha hecho evidente la descontextualización que existe entre la ciencia y la tecnología con los problemas sociales y ambientales que se desarrollan diariamente en el mundo, para lo cual el enfoque CTS pretende formar ciudadanos que estén contextualizados frente a la importancia del desarrollo científico en la sociedad, lo que le permite al estudiante comprenderlos mejor, lo cual implica renovar la imagen de las ciencias frente a los estudiantes, disminuyendo los errores conceptuales; esto, permitiéndole aplicar los conocimientos aprendidos en el aula de clase en la resolución de problemas

sociales y ambientales relacionados con el desarrollo científico – tecnológico dándole aplicabilidad a la teoría haciéndola útil (Ríos & Solbes , 2007).

Para poder interconectar la formación científica con el desarrollo social el estudiante debe adquirir una serie de habilidades que le permitan comprender el contexto científico – tecnológico, de tal forma que el estudiante sea capaz de poner ese conocimiento en función de la sociedad, transformando de esta manera la concepción reduccionista y deformada de las ciencias.

Este objetivo se puede lograr realizando una alfabetización científica que, está dirigida a todos los ciudadanos y que les permita tomar decisiones responsables, teniendo en cuenta la interdisciplinariedad con estudios sociales, geográficos e históricos (Daza Rosales, Arrieta Vergara, Ríos Carrascal, & Crespo Rojas, 2011). Por otro lado el profesor asume una postura de investigador en el aula entrelazando su conocimiento epistemológico y social con los movimientos ambientales para poder cuestionar las consecuencias socio – ambientales que ha traído el avance científico, promoviendo la participación autónoma de los estudiantes promoviendo así, el papel activo y responsable del estudiante como miembro de la sociedad (Martínez , Villamil, & Peña , 2006).

El uso del glifosato en Colombia para la erradicación de cultivos ilícitos, ha generado intensos debates puesto que se han logrado relacionar problemas de salud en la población y efectos negativos en el ecosistema con el uso del glifosato, mientras que el herbicida ha sido una técnica efectiva en cuanto a costos, tiempo y seguridad para la lucha contra el narcotráfico, por lo cual la temática puede ser abordada desde el enfoque de las cuestiones socio-científicas por ser una situación controversial, que aborda aspectos sociales, éticos y científicos que contribuyen al desarrollo de competencias críticas (Torres , 2013).

4.2 Fundamento teórico:

Monsanto es una multinacional de la industria agrícola fundada en 1901 por John Francis Queeny encargada de la producción de agroquímicos como herbicidas, insecticidas y transgénicos. Dos de sus productos más representativos es el glifosato conocido bajo la marca Roundup® y el maíz genéticamente modificado Mon 810.

El glifosato fue descubierto por Henri Martin químico Suizo, en 1950 en la empresa farmacéutica Cilag, en la década del setenta se descubrió su actividad herbicida, época en la cual, la empresa Monsanto realizaba estudios sobre agentes potenciales descalificadores del agua y hallaron la actividad herbicida del glifosato frente a especies perennes.

El químico orgánico John Franz sintetizó las moléculas del compuesto, el cual fue patentado bajo la marca comercial Roundup®. Se vendió por primera vez en Malasia y en el Reino Unido en 1974 (Monsanto, 2013).

Programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea de glifosato:

La guerra contra las drogas en Colombia comenzó bajo el gobierno de Jimmy Carter, ya que para 1978 Colombia tenía entre 25.000 y 30.000 hectáreas de marihuana y aproximadamente 10.000 toneladas de la droga, eran introducidas a Estados Unidos por traficantes Colombianos, es decir entre el 60 y 65% de droga ingresada al país (Plazas, 2006).

En 1978 se realizaron fumigaciones de prueba con Paraquat en la Sierra Nevada de Santa Marta con ayuda de un comité científico – tecnológico que posteriormente manifestó la toxicidad y los peligros para el medio ambiente que representaba el herbicida, con estos resultados el Consejo Nacional de Estupefacientes decidió no seguir utilizado el químico para la erradicación de marihuana (Plazas, 2006).

En 1984 Colombia buscó una alternativa con el uso del glifosato. Por lo que a mediados de Junio del mismo año el Ministro de Justicia ordena comenzar la erradicación de cultivos ilícitos con glifosato en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Serranía del Perijá, llegando a la fumigación de 12.000 hectáreas en 1986. (Plazas, 2006).

Frente a los cultivos de coca en 1985 se implementa la fumigación de los mismos con Garlon – 4 herbicidas que se utilizó por menos de un año ya que se demostró su alta peligrosidad. En esta época el narcotráfico logro mermarse sustancialmente gracias al uso de glifosato por lo que la producción de marihuana fue trasladada a los departamentos del Meta y del Cauca fenómeno conocido como efecto globo.

En 1989 se crea la Iniciativa Andina Contra las Drogas, herramienta complementaria a la Estrategia andina Contra las Drogas la cual permitió presupuestar la ayuda al Plan Colombia que brindaba patrocinio económico, técnico y militar. La Dirección Nacional de Estupefacientes indica la utilización de 10.4 litros de glifosato por hectárea en la erradicación aérea de esa época, durante el gobierno de Pastrana, extendiéndose hasta el gobierno de Álvaro Uribe (Plazas, 2006).

En 1992 el gobierno autoriza la fumigación de 2.900 hectáreas de coca con glifosato, pero el aumento progresivo de los cultivos de coca llevó al gobierno a tomar la decisión de utilizar el Glifosato en aspersiones aéreas de forma masiva, ya que para 1998 existían casi 110.000 hectáreas productivas de coca, amapola y marihuana (Plazas, 2006).

En el año 2001 se crea un Plan de Mejoramiento Ambiental impuesto por el Ministerio del Medio Ambiente concentrando aspectos de tipo procedimental,

riesgos potenciales de la aplicación del programa y la evaluación de los efectos del mismo, estableciendo medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación, teniendo en cuenta el debate suscitado frente al impacto ambiental y a la salud humana generado por el uso de glifosato (Plazas, 2006).

El 15 de Mayo de 2015 el Consejo Nacional de Estupefacientes determino la suspensión del uso de glifosato en la aspersión aérea de cultivos ilícitos puesto que el 20 de Marzo de 2015 la Agencia Internacional para la Investigación contra el Cáncer, la cual depende de la Organización Mundial de la Salud declaro cinco pesticidas, entre ellos diazon, malation y glifosato como posibles cancerígenos para los humanos, ingresando así al grupo 2A de clasificación toxicológica (EL TIEMPO.COM, Es oficial: Termina era del glifosato en fumigaciones en colombia., 2015).

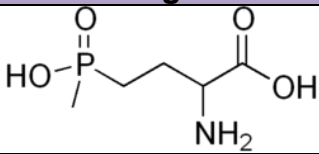

El 4 de Mayo de 2016 el Consejo Nacional de Estupefacientes decidió que se puede seguir utilizando el glifosato en los cultivos de coca, pero directamente en las hojas de la planta. La fumigación llamada “mata mata” se realizara sobre las plantas y a partir de erradicación manual (extraer la planta del suelo de forma manual). Para poder llevar a cabo estas fumigaciones se determinó que la Policía Antinarcóticos debe realizar una prueba piloto y la Autoridad Nacional de las Licencias Ambientales diseñar un plan de manejo ambiental llamado, además de una socialización con la comunidad, protocolos de seguridad para las personas que estén a cargo de la aplicación de glifosato en las plantas y una selección de las zonas donde se utilizara la estrategia (El TIEMPO.COM, 2016).

En el Espinal, Tolima, en el Centro de Estudios de la Policía Nacional, se están realizando las primeras pruebas con moléculas similares al glifosato, examinando el comportamiento de las hojas y el tallo de las plantas y su resistencia a los diferentes herbicidas, además de dos modelos de bombas de fumigación, uno personal y otro con una mayor capacidad. Después de dos años de pruebas, con más de veinte compuestos diferentes se determinó que el glufosinato de amonio es un herbicida capaz de quemar al menos cinco variedades de matas de coca siendo el más indicado para controlar el aumento de los cultivos ilícitos en el país, para ser utilizado en aspersiones aéreas en zonas de difícil acceso, estas pruebas se han realizado con el acompañamiento del Instituto Colombiano Agropecuario. El Ministerio de salud y del Medio Ambiente determinara si el nuevo herbicida es toxico para el ambiente y para la población, los cuales junto con el gobierno serán los encargados de aprobar el uso del compuesto. (EL TIEMPO.COM, 2016)

El glufosinato de amonio es un herbicida de post-emergencia, no selectivo que se absorbe por el follaje, pero tiene acción sistémica limitada, se utiliza como desecante de las plantas y es resistente a las lluvias después de 4 a 6 horas. Es un compuesto sintetizado químicamente, conocido comercialmente como Basta® y Finale®, su ingrediente activo es el fosfotricina, el cual, es un tripeptido natural producido por la bacteria *Streptomyces hygroscopicus*, el cual inhibe la glutamina sintetasa, enzima que interviene en la asimilación de amonio y en la regulación de nitrógeno en las plantas, además actúa sobre la fotosíntesis inhibiendo la

fotorrespiración y la formación de los aminoácidos histidina y metionina afectando de esta forma la biosíntesis enzimática y el metabolismo de la planta en general (Pérez Pérez , Garcia Rodríguez , Veitia , Bermudez , Collado López , & Torres Rodríguez , 2015).

Tabla 1: Imágenes correspondientes al Glufosinato de Amonio.

Imagen	Descripción
 <p>The image shows the chemical structure of Glufosinate ammonium. It consists of a central carbon atom bonded to a hydrogen atom, an amino group (-NH₂), a carboxylic acid group (-COOH), and a phosphonate group (-CH₂-CH₂-P(=O)(OH)-). The phosphorus atom is also bonded to a methyl group (-CH₃).</p>	<p>Molécula de Glufosinato de amonio.</p>
 <p>The image shows a white plastic bottle of Basta 200 SL herbicide. The label is red and white with yellow accents. It features the brand name 'Basta' in a red box and '200 SL' below it. The text on the label includes 'HERBICIDA SELECCIONADO', 'CONCENTRADO SOLUBLE', and '480 g/L de glufosinato de amonio'. At the bottom of the label, it says 'CUIDADO'.</p>	<p>Embace de formulado comercial de concentrado soluble de concentración 480 g/L de glufosinato de amonio, herbicida agrícola de marca Basta®.</p>

4.2.1 Pesticidas:

Los pesticidas son un grupo de compuestos químicos tóxicos que incluyen a todos los productos encargados de controlar plagas, incluyendo vectores de enfermedades o especies animales o vegetales que interfieren en la producción de alimentos, los cuales pueden ser herbicidas, insecticidas, fungicidas, nematocidas y rodenticidas. Estas sustancias pueden causar efectos nocivos en la salud tales como efectos locales, intoxicaciones agudas, alteración de la función inmunitaria, neurotoxicidad, defectos congénitos hasta cáncer. El uso indiscriminado de este tipo de compuestos afecta negativamente el suelo, el aire, el agua y el equilibrio de los ecosistemas (Rafaela Stela Benítez, 2012).

Organoclorados: Son compuestos de síntesis, orgánicos, cíclicos, lipofílicos, ampliamente resistentes a la degradación en el medio ambiente y a su descomposición biológica, donde varios de sus átomos de hidrógeno han sido sustituidos por átomos de cloro principalmente, de alta importancia toxicológica. Uno de los principales pesticidas de este grupo es el DDT o dicloro difenil tricloroetano, presentan características tales como su alta estabilidad en diferentes ecosistemas, presentan altos coeficientes de partición, baja solubilidad en agua, tienden a acumularse en tejido lipídico, son neurotóxicos, baja toxicidad aguda aunque causan efectos nocivos a largo plazo tales como mutagénesis, teratogénesis o cáncer (Torres Wilches, 2006).

Organofosforados: Son compuestos formados de los ésteres del ácido fosfórico tales como el Paration, de amplio espectro, se hidrolizan fácilmente, son muy volátiles, están clasificados dentro del grupo de toxicidad aguda ya que inhiben la colinesterasa sanguínea.

Carbamatos: Son derivados del ácido carbámico, se hidrolizan fácilmente en el enlace carbamato, presentan baja solubilidad cuando el compuesto contiene anillos aromáticos, son menos volátiles e hidrosolubles que los organofosforados.

Ditiocarbamatos: Son sales metálicas del ácido ditiodietilencarbámico, compuestos utilizados como fungicidas, sólidos poco solubles en agua, solubles en compuestos orgánicos, no son volátiles, son cancerígenos y considerados como teratógenos, entre los más conocidos está el maneb y el mancozeb (Torres Wilches, 2006).

Bipiridilos: En este grupo se encuentra el Paraquat, considerado con un alto grado de toxicidad ya que es una sal de amonio cuaternario, son compuestos que bloquean el mecanismo de fotosíntesis de las plantas ya que genera peróxido de hidrógeno como radical libre muy tóxico y además produce infertilidad en la tierra durante años. Son sólidos solubles en agua e insolubles en solventes apolares, las soluciones acuosas resultantes son corrosivas para los metales y los tejidos biológicos, son compuestos que se adhieren fuertemente a arcillas (Torres Wilches, 2006).

Piretroides: Son compuestos químicos desarrolladas y sintetizadas a partir de las piretrinas, que presentan alta estabilidad a la luz, baja volatilidad e isomería óptica dando lugar a isómeros cis y trans siendo los primeros mucho más tóxicos dado a que se metabolizan más lentamente, son altamente tóxicos y presentan características neurotóxicas (Torres Wilches, 2006).

Fenoles: Son utilizados como insecticidas, herbicidas y fungicidas, son ácidos débiles, volátiles, poco hidrosolubles de alta toxicidad aguda (Rafaela Stela Benítez, 2012).

La organización Mundial de la Salud clasifica los pesticidas de acuerdo a su capacidad de producir daño en la salud durante un periodo de tiempo relativamente corto frente a múltiples exposiciones, basándose en los valores de dosis letal media aguda (DL_{50}) los cuales indican la cantidad de la sustancia ingerida de una sola vez para producir la muerte en el 50% de la población de estudio. En el caso particular de los plaguicidas estos estudios se realizan en diferentes especies animales y en exposición oral, dérmica y respiratoria (Rafaela Stela Benítez, 2012).

Tabla 2: Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad. Tomado de (Organizatio World Heald, 2009)

Clasificación	DL ₅₀ en las ratas (mg/Kg de peso corporal)			
	Oral		Dérmica	
	Sólido	Líquido	Sólido	Líquido
Ia Extremadamente Peligroso	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Ib Altamente Peligroso	5 – 50	20 – 200	10 – 100	40 – 400
II Moderadamente Peligroso	50 – 500	200 – 2000	100 – 1000	400 – 4000
III Ligeramente Peligroso	Más de 500	Más de 2000	Más de 1000	Más de 4000

4.2.2 Herbicidas:

Es un producto fitosanitario que inhiben parcial o totalmente las malas hierbas, ya que interfieren en su proceso de crecimiento.

Los herbicidas se pueden clasificar por su método de aplicación, su comportamiento en la planta, su comportamiento en el suelo, su tipo de acción o su familia química (Hernández, 2012).

Estos herbicidas remplazan la eliminación manual optimizando el proceso mediante el ahorro de tiempo y el aumento de extensiones fumigadas, este tipo de compuestos producen diversos efectos sobre el medio ambiente y la salud humana (Fernandez, Etel Pujol, & Maher, 2012).

Método de aplicación: Dentro de este grupo de herbicidas se encuentran los herbicidas pre-emergentes, emergentes y post-emergentes.

Los herbicidas pre-emergentes se aplican después de la siembra, pero antes de que nazcan la maleza y el cultivo, este tipo de agroquímicos requieren de riego con agua para poder fijarse en los primeros 5cm de profundidad del suelo.

Los herbicidas emergentes se aplican en el cultivo cuando la maleza está naciendo.

Los herbicidas post-emergentes se utilizan durante el crecimiento del cultivo y de la maleza. Su efectividad depende principalmente de la interacción entre el grupo químico del herbicida y las especies de malezas presentes (Hernández, 2012).

Comportamiento en la planta: En esta clasificación se pueden encontrar los herbicidas selectivos, los cuales eliminan cierto tipo de plantas sin dañar los cultivos aledaños. Los herbicidas no selectivos son los que afectan a todo tipo de plantas por lo tanto se deben emplear en zonas donde solo se encuentre maleza y no exista contacto con cultivos (Hernández, 2012).

Comportamiento en el suelo: Estos herbicidas se pueden categorizar según su persistencia en el suelo. Los poco persistentes duran entre uno o dos meses en el suelo, los de persistencia media están presentes en el suelo durante la primera mitad del tiempo de crecimiento del cultivo, los persistentes actúan durante todo el tiempo de cultivo e inclusive durante los primeros días de la recolección y los herbicidas con largo poder residual son aquellos que tiene una duración de un año o más activos en el suelo (Hernández, 2012).

Tipo de acción: Estos herbicida pueden ser de contacto, es decir eliminan solo las partes de la planta con las que entra en contacto y tiene un limitado transporte

dentro del metabolismo de la planta y los herbicidas de translocación son los que se aplican al suelo y al follaje y son transportados a todas las partes de la planta (Hernández, 2012).

Familia química: Se pueden encontrar dos clases de herbicidas en este grupo, los pertenecientes a la familia de los compuestos inorgánicos y los pertenecientes a la familia de los compuestos orgánicos. Los compuestos inorgánicos generalmente son sales y actúan como herbicidas no selectivos, dentro de este grupo se pueden encontrar el trióxido arsénico, el arsenito de sodio, el bórax, el clorato de sodio y el nitrato de cobre.

Los compuestos orgánicos son en su mayoría sintéticos tales como los fenoxiacéticos, bipiridílicos, triazínicos, carbámicos y los derivados de la urea (Hernández, 2012).

Estos herbicidas actúan de diversas formas en el metabolismo de las plantas. Los inhibidores de la síntesis de aminoácidos actúan sobre las enzimas acetolactato sintetasa la cual interviene en la síntesis de valina, de leucina e isoleucina y 5-enolpiruvil-shikimitato-3-fosfato-sintetasa la cual participa en la síntesis del triptófano la fenilalanina y la tirosina; lo cual provoca una inhibición del crecimiento hasta llegar a la necrosis de la planta, uno de los herbicidas de este tipo más utilizados es el glifosato (Fernandez, Etel Pujol, & Maher, 2012).

Los inhibidores de la fotosíntesis se unen a las proteínas que hacen parte del proceso de la fotosíntesis, específicamente del proceso llevado a cabo en los cloroplastos. Los inhibidores del crecimiento son fitohormonas que afectan directamente el crecimiento de las plantas. Los disruptores de la membrana celular son compuestos que entran a los cloroplastos y reaccionan con los electrones que intervienen en el proceso de fotosíntesis y forman radicales libres altamente reactivos (Fernandez, Etel Pujol, & Maher, 2012).

4.2.3 Glifosato:

El compuesto organofosforado más utilizado en la agricultura es el glifosato o N-Fosforimetil -glicina, perteneciente al grupo de las glicinas sustituidas, con un peso molecular de 167,09 g/mol, es un polvo blanco e inodoro poco volátil y resistente a ser degradado por la luz solar. Es un ácido débil que presenta cuatro constantes de acidez, es extremadamente polar y anfótero, soluble en agua e insoluble en solventes orgánico.

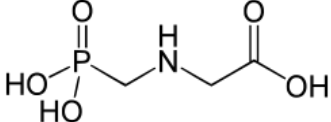
Es una estructura zwitteriónica que puede formar compuestos quelantes y estructuras de puente con iones metálicos

Se considera como un herbicida de amplio espectro, post-emergente, no selectivo, que actúa sobre la parte superior de la planta y se transporta a todas sus partes por medio del xilema y del floema, funciona como un inhibidor de la síntesis de la enzima 5-enolpiruvil shikimato - 3 - P sintetasa, afectando el crecimiento de la planta llevándola a una clorosis y finalmente a la necrosis de los tejidos. Su persistencia en suelos es de alto rango, entre pocos días hasta tres meses y su actividad tóxica de más de 19 semanas ya que se une por medio de enlaces de

hidrógeno a la materia orgánica y por intercambio aniónico a las arcillas (Pardo, 2014).

Su fórmula comercial incluye además del glifosato como ingrediente activo un surfactante, es decir un compuesto que por medio de tensión superficial ayuda a fijar el herbicida en las hojas de las plantas, el cual, constituye casi el 59% del compuesto y por lo general es más tóxico que el compuesto activo (Rivera, 2008).

Tabla 3: Imagen de la Formula Estructural del Glifosato.

Imagen	Descripción
	<p>Formula Estructural del glifosato.</p>

4.2.3.1 Mecanismo de acción:

El glifosato inhibe la síntesis de la enzima 5-enolpiruvil shikimato - 3 - P sintetasa (EPSPS), también puede afectar otras dos enzimas que están relacionadas en la síntesis de EPSPS que son la clorismatomutasa y la preferato hidratasa.

La EPSPS se codifica en el núcleo celular y un péptido de transporte es el encargado de llevarla al cloroplasto donde ayuda en la síntesis del ácido Shikimato, además de la síntesis de la fenilalanina, la tirosina y el triptófano, precursores de la síntesis de varios compuestos aromáticos esenciales en la planta. La EPSPS se enlaza a una molécula de shikimato - 3 - fosfato y con una molécula de fosfoenolpiruvato para producir 5-enolpiruvil shikimato - 3 - fosfato. Como la estructura del fosfoenolpiruvato y la estructura del glifosato son muy similares el herbicida lo reemplaza uniéndose al shikimato y la EPSPS acumulando en la planta shikimato en concentraciones tóxicas, posteriormente se transporta de manera simplástica dentro de la planta logrando bloquear la síntesis de compuestos aromáticos hasta llevar a la planta a la muerte (Herrera, 2011).

4.2.3.2 Toxicidad del Glifosato:

El uso indiscriminado de herbicidas como glifosato ha generado grandes controversias a nivel ambiental, esto, puesto que el compuesto organofosforado está considerado según la Organización Mundial de la Salud en una categoría toxicológica clase III, es decir ligeramente peligroso, con una DL₅₀ de 4230mg/kg, según "El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos " (GHS) se encuentra en la categoría 5, es decir nocivo en caso de ingestión y al contacto con la piel (Organizatio World Heald, 2009) y nivel D de oncogenicidad, es decir se considera como un compuesto ligeramente tóxico o con una toxicidad aguda relativamente baja y que no presenta riesgos oncogénicos en animales (Rivera, 2008). Esta clasificación se le ha dado al glifosato justificada en que el compuesto inactiva la encima 5-enolpiruvil shikimato-3-P sintetasa la cual solo está presente en especies vegetales, por lo que teóricamente no afecta a los animales ni al ser humano.

Sin embargo se han realizado varios estudios que revelan una toxicidad aguda por vías de exposición oral, dérmica y subcutánea, de acuerdo a los valores en mg/Kg de peso necesarios para matar al 50% de la población de animales objeto de estudio (Rivera, 2008).

El glifosato en su fórmula comercial más utilizada a nivel mundial y específicamente en Colombia, Roundup es un herbicida mezclado con el coadyuvante estéreo – específico de carácter iónico Cosmo-Flux 411F cuya función es ayudar a fijar el herbicida en la superficie de las hojas de las plantas, está compuesto por esteres de hexitan e isoparafinas líquidas y está clasificado como ligeramente toxico según el Ministerio de Salud de Colombia. Se han realizado diferentes estudios para determinar la toxicidad del glifosato y de los compuestos inertes utilizados en la fórmula comercial del herbicida, ya que estas sustancias pueden ser las causantes de las diferencias de toxicidad (Henao Muñoz , Triana Velásquez , & Bernal Bautista , 2014).

4.2.4 Enfoque ciencia tecnología y sociedad:

La ciencia, la tecnología y la sociedad es una línea de trabajo académico y de investigación que estudia los factores del cambio científico y tecnológico y las consecuencias sociales y ambientales del mismo. Este movimiento se formó hace treinta años debido a la necesidad de sensibilizar acerca del cambio científico y tecnológico.

El enfoque CTS tiene un carácter crítico e interdisciplinar ya que nace en el año 1976 en Inglaterra como un movimiento que pretende cambiar la idea de cómo se ve la ciencia, es decir no es más una producción y acumulación del conocimiento acerca del mundo para tener control sobre la naturaleza. Por el contrario el conocimiento científico – tecnológico es producto de un proceso social donde los elementos epistemológicos tienen un papel fundamental teniendo en cuenta las consecuencias sociales y ambientales que puede llegar a generar (Quintero, 2010).

Este enfoque pretende proyectarse hacia tres campos diferentes, la investigación, la política y la educación.

Frente a la investigación, pretende generar una reflexión académica sobre la ciencia y la tecnología, en el campo político procura generar una participación democrática frente a las políticas concernientes al desarrollo científico – tecnológico, en el campo educativo se desarrollan programas formativos de enseñanza en educación media y superior. De esta forma se da una inclusión de la sociedad en la construcción del conocimiento en ciencias y tecnología, teniendo en cuenta no solo el racionalismo la objetividad sino también los valores de la sociedad participe (Quintero, 2010).

En el desarrollo del enfoque CTS se pueden identificar dos grandes tradiciones o antecedentes una de origen europeo y otra de origen norteamericano que son conocidas como “alta iglesia” y “baja iglesia” respectivamente. Estos dos enfoques

son antecedentes importantes y complementarios en el desarrollo de la propuesta académica del estudio y la enseñanza en ciencia, tecnología y sociedad (Quintero, 2010). Lo cual pone de manifiesto que el currículo de educación en ciencias requiere nuevos modelos de enseñanza en donde los contenidos tengan en cuenta la relevancia social en relación con la ciencia y la tecnología, estimulando la participación pública en el desarrollo científico.

En América Latina este movimiento se encuentra en una etapa de desarrollo y presenta las siguientes características: La formación en CTS tiene un alto interés epistemológico, se presenta como un campo de conocimiento, tiene una fuerte desvinculación entre la investigación académica y la investigación organizacional, se cuestiona la interdisciplinariedad del movimiento y la acción de las universidades para difundir el movimiento CTS ya que los actores disciplinares por lo general se mantienen al margen por ende los científicos sociales son los encargados de la investigación académica en este campo.

En Colombia los estudios CTS se han enfocado en la investigación socio - histórica por lo cual no se han hecho evidentes los resultados en el campo de las políticas públicas. El desarrollo del campo educativo se ha visto afectado por la baja calidad educativa que constituye uno de los principales problemas del país ya que los resultados en áreas como matemáticas, ciencias y lenguaje han sido bajos; otros factores como la falta de docentes calificados, de materiales educativos, los suficientes textos escolares, de procesos que promuevan el pensamiento científico contribuye a la baja percepción sobre la ciencia en Colombia. La enseñanza de ciencias y de tecnología en el país se ha centrado en una educación técnica que fomenta el desarrollo del trabajo por lo que el movimiento CTS busca que el estudiante aborde problemas socio – científicos en contextos específicos incluyendo aspectos éticos, políticos, económicos donde el estudiante sea capaz de tomar decisiones frente a los aspectos CTS (Quintero, 2010).

Los docentes no promueven espacios donde se puedan realizar aproximaciones a temas científicos y tecnológicos que contribuyan a la solución de problemas epistemológicos, además no se tiene en cuenta la relación entre los conocimientos científicos tecnológicos con el contexto social y cultural. El enfoque CTS pretende abordar problemas socio-científico relevante para los estudiantes en contextos específicos teniendo en cuenta el ámbito filosófico, ético, político, económico entre otros generando conciencia crítica hacia la experimentación científica.

Para lograr una transformación frente a la relación que tiene la ciencia y la tecnología en el desarrollo social se requiere incluir currículos CTS teniendo en cuenta la responsabilidad social frente al medio ambiente, la calidad de vida, el bienestar individual y el común; para lo cual se plantea implementar los estudios de caso CTS donde se evidencia como la tecnología afecta la calidad de vida como una propuesta educativa.

Por lo cual se puede decir que el enfoque CTS tiene como objetivo principal la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos a partir de la información sobre ciencia y tecnología que impacte en alguna medida el desarrollo de la sociedad, consolidando el saber científico con el saber popular para que el ciudadano tenga capacidad de participar activamente y tomar decisiones reconociendo su papel activo en la sociedad.

El enfoque CTSA es importante implementarlo en el currículo de profesores en formación inicial ya que, si se pretende replantear la enseñanza de las ciencias, es necesario tener en cuenta las concepciones de los docentes lo cual facilitaría posteriormente la implementación del modelo CTSA en la enseñanza básica y media vocacional, para lo cual se utiliza el modelo de estudio de caso, lo que permite al profesor en proceso de formación realizar una investigación dirigida con ayuda del profesor experto, basados en un problema medio ambiental socialmente relevante, que le permite al estudiante desarrollar conceptos desde el enfoque disciplinar que le proporcionen el criterio necesario para participar activamente en un contexto de desarrollo científico – tecnológico y que le permita asumir una postura crítica y consiente sobre el impacto que este ocasiona (Daza Rosales, Arrieta Vergara, Ríos Carrascal, & Crespo Rojas, 2011).

Para que el estudiante entienda la relación entre la ciencia y la tecnología con las implicaciones socio – ambientales, debe ser un sujeto crítico capaz de decidir con una postura analítica sobre la construcción científica y tecnológica, preocupándose por los problemas sociales y ambientales que implica el desarrollo científico, articulando la postura social y ética con sus conocimientos científicos y tecnológicos.

Las CTS al tratar cuestiones técnicas, ambientales, médicas y de la industria química entre otras, a las que se enfrenta la sociedad actual facilitan la introducción de ideas y valores críticos para lo cual es importante incluir cuestiones socio-científicas en la enseñanza de la CTS, es decir cuestiones implicadas en debates sociales, con las cuales el ciudadano será capaz de tomar decisiones argumentadas y conscientes frente a todos los puntos de vista acerca de una controversia científica que se le plantee. Este pensamiento crítico se desarrolla al estar informado sobre la problemática, sin limitarse únicamente a los discursos que predominan en los medio de comunicación, analizando las pruebas que le dan fundamento a las diferentes posturas, estudiando el problema no solo desde el punto de vista científico, sino incluyendo los aspectos sociales, económicos, culturales y éticos permitiendo al estudiante realizar valoraciones morales teniendo en cuenta los diferentes intereses para poder hacer parte de la toma de decisiones conscientes y críticas (Solves , 2013).

Se entiende como controversia socio-científica aquellas diferencias sociales que surgen a partir del desarrollo de las ciencias debido a la relación que existe entre ciencia y sociedad, las cuales aparecen cuando existe una diferencia de opinión relacionada con este tipo de desarrollos entre los diferentes actores que participan

en el proceso como investigadores, periodistas, opinión pública, científicos y empresas que financian la investigación ya sea por desacuerdo, discusión o debate, además de los dilemas sociales asociados al desarrollo científico se encuentran relacionados los campos éticos, políticos, sociales y ambientales (Díaz Moreno & Jiménez Liso , 2012).

Los debates de CSC son actividades que motivan a los estudiantes a elaborar discursos argumentativos con los cuales se pueden abordar fácilmente contenidos CTS favoreciendo la alfabetización científica, potenciando el pensamiento crítico, es decir, desarrollando opiniones independientes, reflexionar sobre la realidad social actual para poder transformarla (Ruíz & Solves , 2013).

Las CSC son temas de interés en medios de comunicación que tiene las siguientes características: una base en ciencias, involucran diferentes opiniones reportadas en medios de comunicación, tienen una base científica incompleta, incluye dimensiones nacionales, locales y globales, involucran valores éticos y requieren entendimientos de probabilidad y riesgos. Con el uso de estos temas se pretende que los estudiantes sean capaces de tomar decisiones informadas sobre bases científicas o poder contribuir en el proceso democrático desde una perspectiva informada o que sean capaces de lidiar con la controversia para juzgar (Ratcliffe, 2009).

5. METODOLOGÍA

5.1 Enfoque Metodológico

En el presente trabajo se implementó una investigación de tipo cualitativo de aproximación interpretativa, a partir del desarrollo de una secuencia didáctica abordando la controversia socioambiental generada por el uso del glifosato a partir de cinco actividades con las cuales se realizó una inclusión del enfoque de CSC en el espacio académico de Sistemas Orgánicos II de profesores en formación inicial.

Esquema 1: Diseño Metodológico de la Secuencia Didáctica.



Se observaron de forma sistematizada los resultados obtenidos a partir de los bioensayos de germinación, los cuales, son métodos desarrollados a partir del uso de plantas para determinar la supervivencia de diversas especies vegetales, las concentraciones fitotóxicas, la permanencia del herbicida en suelo y agua, el efecto en el desarrollo de las plantas, entre otros; frente a diferentes compuestos químicos que alteren desfavorablemente el ecosistema, para posteriormente interpretarlos cualitativamente. Lo cual enriquece el proceso de alfabetización científica siendo complementarios el uno del otro.

Esta alternativa es económicamente viable y se considera como un método relativamente rápido y eficaz que puede llegar a remplazar los métodos convencionales de detección de glifosato en el medio. Puesto que la técnica analítica de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para determinar la presencia de glifosato en agua o suelo es un procedimiento costoso y además complejo, principalmente por los solventes y el equipo específico que se requieren para realizar el proceso y teniendo en cuenta que en Colombia no se está realizando en laboratorio certificado el análisis por HPLC para la detección de glifosato. (Foti & Lallana, 2014)

5.2 Población participante

La aplicación del trabajo de grado se realizó en el primer semestre del año 2016 con el grupo de quinto semestre de Sistemas Orgánicos II dirigido por la profesora Dora Luz Gómez Aguilar. El grupo está conformado por 30 participantes, 17 mujeres y 13 hombres entre 18 y 24 años de edad.

5.3 Diseño metodológico

Se construyó una secuencia didáctica con la cual se logró relacionar conceptos químicos abordando controversias socioambientales generadas por el uso del glifosato en Colombia con profesores de química en formación inicial, la cual está dividida en cuatro etapas: actividad exploratoria, prácticas de laboratorio, cuestiones socioambientales y retroalimentación. Esta, fue sometida a evaluación por la profesora Blanca Rodríguez Hernández, Licenciada en Química, Ingeniera de Alimentos, Magister en Modelos de enseñanza problemática y estudiante del Doctorado en Educación en ciencias a partir de una rúbrica de validación (Anexo A).

Tabla 4: Diseño Metodológico de la secuencia Didáctica.

ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA SECUENCIA DIDÁCTICA								
ETAPA	TEMATICA	PREGUNTA ORIENTADORA	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE	ACTIVIDADES	RECURSOS DIDACTICOS	EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES	TIEMPOS	A N E X O
Actividad exploratoria	Conocimientos generales sobre plaguicidas y herbicidas, específicamente sobre el glifosato.	¿Cómo se utiliza el glifosato en Colombia, cuáles son sus características fisicoquímicas y su mecanismo de acción?	Analizar los conocimientos previos de profesores en formación inicial acerca del glifosato y su uso en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia	Resolución de cuestionario sobre conocimientos generales de herbicidas como el glifosato, composición química, usos y opinión acerca de los pros y los contras del uso del mismo.	Instrumento de recolección de ideas previas	Análisis estadístico de las preguntas abiertas formuladas en el instrumento	1/2 Hora de clase	Anexo B
	Controversias socioambientales generadas por el uso del glifosato en Colombia	¿Se deben utilizar plaguicidas en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia?	Caracterizar las controversias socioambientales generadas a partir del uso del glifosato en Colombia y de la decisión de suspender o no el uso del herbicida.	Resolución de cuestionario basado en una noticia de actualidad extraída del periódico El Tiempo que expone diversas problemáticas ambientales y de salud pública generadas por el uso del glifosato en Colombia.	Instrumento para evaluar controversias socioambientales	Análisis estadístico de las preguntas abiertas formuladas en el instrumento a partir de la lectura sobre glifosato planteada	1/2 Hora de clase	Anexo B
	Contextualización sobre generalidades y usos del glifosato en Colombia	¿Cuáles son los antecedentes y las polémicas generadas por el uso del glifosato?	Identificar las generalidades, los usos, las ventajas y las desventajas del uso del glifosato en Colombia.	Explicación sobre las características fisicoquímicas, la clasificación, los antecedentes, los mecanismos de acción del glifosato y los trabajos prácticos de laboratorio que se van a realizar	Exposición de la autora del trabajo de grado con ayudas audiovisuales sobre la historia y los antecedentes del glifosato, que es el Plan Colombia, que es un pesticida, un herbicida y su clasificación por su función química, que es el glifosato, su mecanismo de acción y su toxicidad, además de una breve explicación de los procedimientos de laboratorio que se realizarán para los bioensayos de germinación.		Solución de preguntas generadas a partir de la explicación dada en clase y socialización sobre la temática expuesta.	1 Hora de clase
Prácticas de Laboratorio	Análisis porcentaje de nitrógeno y fósforo presente en	¿Existe presencia de glifosato en las muestras finales de lixiviado y de suelo después	Encontrar el porcentaje de nitrógeno y fósforo presente en un formulado comercial de	Se realizará una actividad de laboratorio en la cual se empleará el método Kjendahl para encontrar el	Actividad práctica de laboratorio.	Entrega de informe de laboratorio enfatizando los resultados y los análisis de los mismos	1 Hora de clase	Anexo

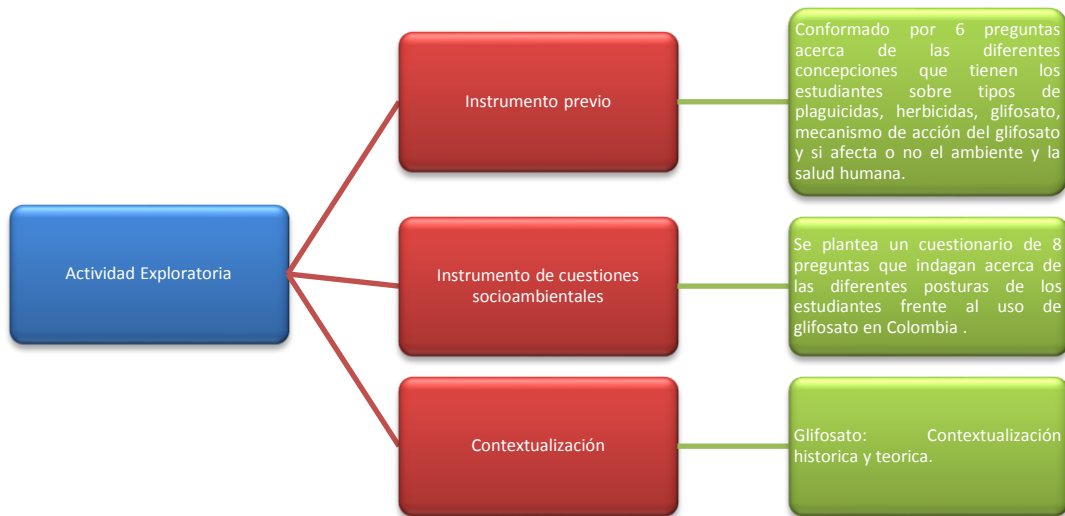
	el formulado comercial de glifosato	de estar en contacto durante varios días con las semillas pregerminadas de <i>Lactuca Sativa</i> ?	glifosato Roundup® Brío Transorb II Technology fabricado por la empresa Monsanto e importado y distribuido por la Compañía Agrícola S.A.S. para identificar de forma indirecta la presencia de glifosato en el producto.	porcentaje de nitrógeno presente en la muestra y el método σ - molidato vanadato para la identificación del porcentaje de fósforo en la muestra, midiendo, de esta manera, de forma indirecta la cantidad de glifosato que se puede encontrar en las muestras puesto que la molécula tiene presencia de átomos de nitrógeno y fósforo.				C
	Fitotóxicidad	¿La morfología y el crecimiento de las semillas de <i>Lactuca Sativa</i> se ven afectadas con la exposición a una fórmula comercial de glifosato diluyéndola para reducir el riesgo?	Analizar el cambio morfológico producido por la toxicidad del glifosato en semillas pregerminadas de <i>Lactuca Sativa</i> .	Se realizará una práctica de laboratorio utilizando bioensayos de germinación con la especie <i>Lactuca Sativa</i> la cual se someterá a lixiviados provenientes de suelos tratados con glifosato para evaluar el cambio en la longitud de la radícula de las semillas.	Actividad practica de laboratorio	Entrega de informe de laboratorio enfatizando los resultados y los análisis de los mismos. Realizando la comparación entre el crecimiento de las radículas del control negativo con el crecimiento de las radículas expuestas a las muestras de suelo con glifosato.	1 hora de clase	A n e x o C
	Cinética de desaparición del glifosato en agua	¿La permanencia del glifosato en fuentes hídricas se ve influenciada por factores fisicoquímicos?	Identificar los factores que afectan la cinética de desaparición del glifosato en fuentes hídricas.	Se realizará una práctica en la cual se realizarán bioensayos de germinación sometiendo semillas de <i>Lactuca Sativa</i> a diferentes concentraciones de glifosato con diferentes tiempos de exposición para analizar la cinética de desaparición del glifosato en agua.	Actividad práctica de laboratorio	Entrega de informe de laboratorio enfatizando los resultados y los análisis de los mismos. Comparando el crecimiento de las radículas del control negativo con las expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato.	1 hora de clase	A n e x o C
	Biodisponibilidad del glifosato en suelos.	¿La biodisponibilidad del glifosato en el suelo se ve afectada por la textura y las características del mismo?	Identificar los factores que afectan la biodisponibilidad del glifosato en suelos. Teniendo en cuenta el porcentaje de materia orgánica, las características texturales y el pH de cada muestra.	Se realizarán bioensayos de germinación con semillas pregerminadas de <i>Lactuca Sativa</i> en diferentes clases de suelos que permitan identificar la biodisponibilidad del glifosato en los mismos.	Actividad práctica de laboratorio	Entrega de informe de laboratorio enfatizando los resultados y los análisis de los mismos. Comparando el crecimiento de las radículas del control negativo frente al crecimiento de las radículas expuestas a las diferentes concentraciones de glifosato y el crecimiento entre las semillas sembradas en suelo arrocero y pastizal.	1 Hora de clase	A n e x o C
Cuestiones socioambientales	Debate sobre controversias socioambientales generadas a partir del uso de glifosato en Colombia	¿Cuáles son las implicaciones éticas y morales acerca del uso y la suspensión del glifosato?	Relacionar diferentes conceptos de química orgánica con las problemáticas actuales del país.	Debates en grupos de trabajo a partir del análisis de diferentes noticias de circulación del país.	Instrumento sobre uso del glifosato	Análisis de las respuestas de los estudiantes a partir de la orientación de discusiones en grupos de trabajo. Las preguntas formuladas se clasifican con base en las características de las cuestiones sociocientíficas propuestas por	2 Horas de clase	A n e x o D

						Ratcliffe (2009).		
Retroalimentación	Controversias socioambientales generadas por el uso del glifosato en Colombia	¿Qué tanto afecta la salud humana y al ecosistema el uso de herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia? ¿Se deberían utilizar estos productos? ¿Por qué?	Analizar el cambio conceptual frente a las controversias socioambientales generado en los profesores en formación inicial después de la experiencia con el glifosato.	Implementación del instrumento final que pretende evaluar el cambio conceptual de los estudiantes y las polémicas generadas a partir del uso del glifosato en Colombia	Instrumento final	Análisis estadístico de las preguntas abiertas formuladas en el instrumento	1 Hora de clase	Anexo E

La primera etapa se abordó inicialmente desde la implementación de un instrumento previo, el cual se aplicó en una sesión de clase durante media hora de trabajo, el instrumento está estructurado por 6 preguntas abiertas. Posteriormente se aplicó un instrumento de controversias socioambientales que inicia con la lectura de una noticia nacional extraída del periódico El Tiempo por medios electrónicos, la cual aborda la problemática generada por el uso de glifosato, en el sur de Bolívar, Colombia. (Anexo B).

Durante la segunda hora de la primera sesión se realizó una contextualización histórica y teórica acerca de cómo y quién descubrió la molécula de glifosato; que es el Plan Colombia y su historia; que son los pesticidas, como se clasifican, sus características, toxicidad, y mecanismos de acción según su composición química; que son los herbicidas y su clasificación según su método de aplicación, comportamiento en la planta, comportamiento en el suelo, tipo de acción y familia química; que es el glifosato, cuál es su mecanismo de acción en las plantas, cuál es su clasificación toxicológica y que problemas ambientales trae consigo el uso del glifosato, con ayuda de medios audiovisuales como diapositivas, gráficas, imágenes y diagramas de flujo, además de una breve explicación de los procedimientos que se realizaron en las prácticas de laboratorio de la segunda sesión de trabajo con los profesores de química en formación inicial.

Esquema 2: Diseño Metodológico de la Actividad Exploratoria.



En la segunda etapa, se realizaron cuatro procedimientos de laboratorio, la primera actividad consistió en determinar la presencia de nitrógeno y fósforo en la muestra del formulado comercial de glifosato Roundup® Brío ya que la molécula del herbicida contiene un átomo de nitrógeno y un átomo de fósforo en su estructura. Puesto que no es posible cuantificar el glifosato por el método cromatográfico HPLC, se determinó por medio de un procedimiento de análisis elemental, a partir de una fusión sódica (Anexo C).

Esquema 3: Procedimiento para realizar el Análisis Elemental del Roundup® Brío.

Fusión Sódica:

En un tubo de vidrio se adicionó una pequeña porción de sodio metálico, limpio y seco, se calentó el tubo, ligeramente inclinado hasta que se formaron los vapores de sodio, se retiró el tubo de la llama y se mantuvo en posición vertical. Se adicionan 2 gotas de la alícuota.

Se calentó el tubo hasta el rojo vivo durante un minuto, posteriormente se retiró el tubo y se adicionaron dos gotas más de la muestra para calentar nuevamente al rojo vivo asegurando una reacción mas completa.

Se dejó enfriar y se adicionaron entre 5 y 8 gotas de metanol para destruir los excesos de sodio, se calentó el tubo al rojo vivo, posteriormente se introdujo en un vaso de precipitado con 15mL de agua destilada, lo cual produjo un rompimiento del tubo de vidrio al contacto con el agua fría.

Se calentó el vaso de precipitado hasta que llegó a punto de ebullición y se filtro la muestra. La solución obtenida se presentaba de forma incolora y alcalina, con la cual se realizaron las pruebas de análisis elemental (Gómez & Moreno, 1991).

Determinación de Nitrógeno:

En un tubo de ensayo se tomaron 2mL del filtrado de la fusión sódica, se adicionaron 2 gotas de solución al 5% de sulfato ferroso y se calentó hasta llegar a punto de ebullición durante pocos segundos.

Se dejó enfriar y se adicionaron dos gotas de solución al 2% de cloruro férrico y se calentó hasta llegar al punto de ebullición.

Se aciduló la muestra con ácido clorhídrico 2N hasta que se disolvieron los hidróxidos de hierro. Se dejó la muestra en reposo durante 2 minutos. Una coloración o la presencia de un precipitado azul indicó la presencia de nitrógeno en la muestra. (Gómez & Moreno, 1991)

Determinación de Fosforo:

En la muestra, en un tubo de ensayo se adicionaron 2mL de alícuota y con ayuda de una pipeta se adicionó una disolución de ortofosfatos, donde el molibdato de amonio reaccionó en condiciones ácidas con el vanadato para formar un heteropoliácido o ácido vanadomolibdofosfórico. En la presencia de vanadio, se formó el ácido vanadomolibdofosfórico de color amarillo. La intensidad del color amarillo es proporcional a la cantidad de fosfatos, lo cual indicó una muestra positiva para fosforo en la muestra de glifosato (Economía, 2001)

Posteriormente se realizaron las actividades de bioensayos de germinación que permitieron establecer el comportamiento de las semillas de *Lactuca sativa* frente a la fitotoxicidad, la cinética de desaparición, y la biodisponibilidad en suelos del glifosato y cómo se puede ver afectado negativamente el ambiente (Anexo C). Para realizar los bioensayos de germinación se recolectaron muestras de suelos en la finca Valencia en el kilómetro 15 vía Girardot – Tocaima, municipios ubicados en los departamentos del Tolima y Cundinamarca en Colombia, puesto que esta zona se caracteriza por los extensos cultivos de arroz que son asperjados frecuentemente con glifosato.

Esquema 4: Metodología para el desarrollo de los Bioensayos de Germinación.

Fitotóxicidad:

Para el primer procedimiento se realizaron cuatro tratamientos diferentes a las muestras de suelo recolectadas, suelo testigo, suelo tratado, suelo homogeneizado tratado y suelo esterilizado tratado (Foti & Lallana, 2014).

Para homogeneizar las muestras fue necesario macerarlas con ayuda de un mortero y mezclarlas con ayuda de una cuchara para homogeneizar; para esterilizar las muestras se llevaron a autoclave a 1,1 atm de presión por 20 minutos y posteriormente se regaron con agua destilada ajustando el pH en 7, finalmente a todas las muestras se les aplicó una dosis de 10 de glifosato en su fórmula comercial Roundup Brío Transorb II Technology, producido y comercializado por Monsanto, con ayuda de una micropipeta (Foti & Lallana, 2014).

Noventa y seis horas después de la aplicación de glifosato se le adicionó agua destilada a cada muestra con el fin de obtener un percolado aproximadamente de 100mL de cada una de ellas. Este mismo procedimiento se realizó a las 192 horas de la aplicación del glifosato, a los lixiviados resultantes.

El bioensayo se realizó con semillas de *Lactuca sativa* (Lechuga) pregerminadas en papel filtro cualitativo humedecido con agua destilada durante 72 horas en cámara de crecimiento a 23°C; posteriormente, en cajas de Petri, que contenían cada una papel filtro humedecido con 3 mL de los lixiviados obtenidos de las muestras de suelo, se depositaron 10 semillas pre germinadas, junto a una caja de Petri con agua destilada utilizada control negativo. Se taparon y sellaron las cajas de Petri y se llevaron a cámara de crecimiento a 23 °C durante cuatro días. Finalmente con ayuda de un micrómetro de marca L&W TOOLS Co. Ltd. de calibre 0 - 25 X 0,01mm, se mide la longitud de la raíz de cada plántula (Foti & Lallana, 2014).

Cinética de Desaparición del Glifosato en Agua:

Para medir la cinética de la desaparición del glifosato en agua se prepararon cuatro soluciones de concentraciones 0, 3, 5 y 10 ppm de glifosato y se dejaron en reposo durante 20 días expuestas a la luz del sol, posteriormente se pregerminaron semillas de *Lactuca sativa* 72 horas antes de ponerlas en contacto con las soluciones de glifosato. finalmente se adicionaron 10 semillas a cada una de las cajas de Petri que contenían doble papel filtro y 10mL de cada solución, se taparon, se sellaron y se dejaron en condiciones de laboratorio, a las 72 horas de la exposición se realizó una medición de la raíz de las plántulas con ayuda del micrómetro (Forero, Rodríguez, & Fuentes, 2004).

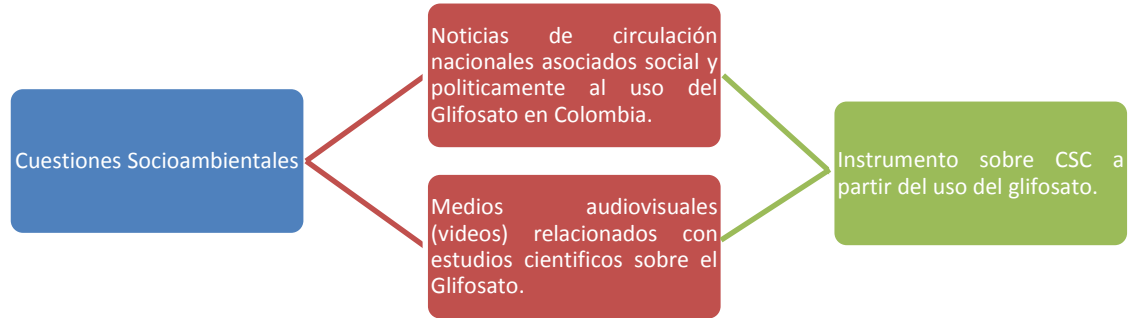
Biodisponibilidad del Glifosato en Suelos:

Para medir la cantidad de glifosato biodisponible en el suelo se realizaron pruebas con dos clases de suelos diferentes, un suelo proveniente de cultivos de arroz asperjado con glifosato y otro suelo proveniente de un pastizal, ambos provenientes de la finca Valencia. A cada uno se le realizaron pruebas de porcentaje de materia orgánica, humedad, pH y la determinación de porcentaje de arenas, limos y arcillas. Estos suelos se tamizaron y trataron con concentraciones de 0; 0,05; 0,50; 1,00; 2,50; 3,00; 5,00; 7,50 y 10,0 ppm de glifosato. En las cajas de Petri se adicionaron 10g de arena cuarcítica, 6mL de la solución de glifosato de diferentes concentraciones, 10g de suelo y se homogeneizó la muestra; se sembraron en cada caja, 10 semillas pre germinadas y se adicionaron 10mL de una solución de cloruro de calcio de concentración 0,01M, se dejaron en condiciones de laboratorio para medir la longitud de las raíces a las 72 horas después de que emergieran los cotiledones (Forero, Rodríguez, & Fuentes, 2004).

Finalmente los estudiantes hicieron entrega de un informe de laboratorio y una socialización grupal donde se analizaron los resultados obtenidos a partir de los bioensayos de germinación por medio de graficas comparativas entre el porcentaje de reducción de crecimiento de las raíces de las plántulas expuestas al glifosato en los diferentes procedimientos de laboratorio.

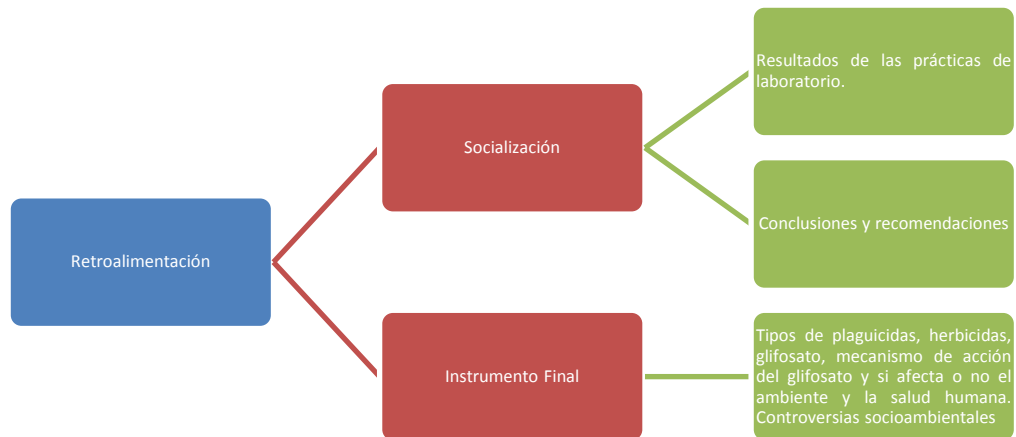
En la tercera etapa del desarrollo la secuencia con los profesores de química en formación inicial, durante dos horas de clase se realizó una caracterización de las controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato en Colombia, teniendo en cuenta la postura de cada uno de los actores implicados en el tema como campesinos, gobierno y comunidad científica a partir de diferentes noticias extraídas de medios de circulación nacionales y medios audiovisuales, a partir debates en grupos de un cuestionario compuesto por once preguntas que orientaban la discusión de los profesores (Anexo D).

Esquema 5: Metodología para el Desarrollo del Debate sobre Controversias Socioambientales.



En la cuarta etapa y última sesión con los profesores en formación inicial se reunieron en grupos de trabajo para realizar una socialización acerca de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio y para resolver un instrumento final compuesto por 13 preguntas similares a las utilizadas en los instrumentos anteriores que pretendían dar cuenta del cambio conceptual de los estudiantes frente a las controversias generadas por el uso del glifosato en Colombia para la erradicación de cultivos ilícitos y de plagas que afectan el desarrollo de los cultivos de los campesinos en las zonas rurales del país (Anexo E).

Esquema 6: Metodología para el desarrollo de la retroalimentación.



6. RESULTADOS, ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1 Criterios para el análisis de la información.

Según el problema y los objetivos planteados en la presente investigación, una vez desarrollada la fase de implementación y procesada la información recopilada, a continuación se presentan los criterios planteados para el análisis de los resultados.

Se realizó la evaluación de la fitotóxicidad, la cinética de desaparición en aguas y la biodisponibilidad en suelos del glifosato a partir de los resultados obtenidos en los bioensayos de germinación con semillas de *Lactuca sativa*.


La caracterización de las controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato con profesores de química en formación inicial (PQFI) se realizó a partir de la información obtenida y tabulada del instrumento de ideas previas aplicado en la primera etapa exploratoria, los resultados y las conclusiones a las que llegaron los PQFI a partir de las prácticas de laboratorios los cuales fueron reportados en los informes, el instrumento CSC desarrollado en la etapa de abordaje de controversias sociambientales en el aula y finalmente en la etapa de retroalimentación la resolución el instrumento final.

6.1.1 Evaluación de la fitotoxicidad del glifosato en semillas de *Lactuca sativa*.

6.1.1.1 Análisis elemental de Roundup® Brío Transorb II Technology

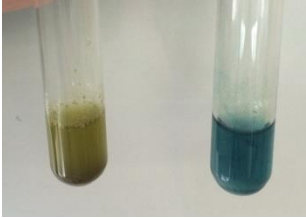
A partir del análisis elemental realizado en una alícuota de 2mL para la determinación de nitrógeno y fósforo en un formulado de glifosato de marca comercial Roundup® Brío Transorb II Technology fabricado por la empresa Monsanto e importado y distribuido por la Compañía Agrícola S.A.S, se pudo determinar experimentalmente la presencia de nitrógeno y fósforo en el producto.

Tabla 5: Imagen del Etiquetado de Roundup® Brío.

Imagen	Descripción
	<p>Etiquetado y envase del formulado comercial de glifosato de marca Roundup® Brío Transorb II Technology fabricado por la empresa Monsanto e importado y distribuido por la Compañía Agrícola S.A.S usado para las pruebas en el laboratorio.</p>

En la prueba para la presencia de nitrógeno en el formulado comercial, se produjo un precipitado de color azul intenso lo cual indica una prueba positiva para la presencia de nitrógeno. La prueba realizada para la determinación cualitativa de fósforo fue una prueba positiva puesto que ocurrió un cambio de coloración de marrón a amarillo oscuro (Gómez & Moreno, 1991).

Tabla 6: Imagen del Resultado de la Práctica de Análisis Elemental.


Imagen	Descripción
	<p>Cambio de coloración frente a las pruebas de análisis elemental del formulado comercial Roundup® Brío Transorb II Technology fabricado por la empresa Monsanto e importado y distribuido por la Compañía Agrícola S.A.S.</p>

Con el resultado positivo de esta prueba cualitativa se puede afirmar de manera indirecta que el producto efectivamente contiene N-fosforometil glicina como compuesto activo del herbicida, puesto que en su estructura se pueden encontrar átomos de fósforo y de nitrógeno.

6.1.1.2 Fitotoxicidad del glifosato en semillas de *Lactuca sativa*:


Se realizó la siembra de las semillas de *Lactuca sativa* y se llevaron a incubadora durante 72 horas para pregerminarlas antes de realizar la siembra.

Tabla 7: Imagen de la Pregerminación de Semillas.

Imagen	Descripción
	<p>Semillas de <i>Lactuca sativa</i> pregerminadas en incubadora a 23°C por 72 horas.</p>

Se tomaron las medidas iniciales de las radículas de las semillas pregerminadas con ayuda de un micrómetro para ponerlas en contacto con los lixiviados a las 96 y 192 horas después de haber aplicado el glifosato en las muestras de suelo (Foti & Lallana, 2014).

Tabla 8: Imagen de Medición de Semillas con el Micrómetro.

Imagen	Descripción
	<p>Medición inicial de las radículas de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> en el laboratorio antes de ponerlas en contacto con el glifosato.</p>

La muestra de suelo se dividió en cuatro partes y a cada una se le realizó el tratamiento respectivo, teniendo cuidado de no modificar el perfil del suelo y se le adicionó el herbicida a cada muestra.

El producto utilizado fue un formulado comercial de 540 g/L de sal potásica de N-fósforometil glicina o glifosato, la dosis utilizada durante este procedimiento fue la que comúnmente se usada en campo, es decir 1,5 Kg/ha (Foti & Lallana, 2014).

$$\frac{mL}{cm^2} C_3H_8NO_5P = \frac{1,5 \text{ Kg } C_3H_8NO_5P}{ha} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1 \times 10^8 cm^2} \times \frac{1 \times 10^3 g}{1Kg} \times \frac{L}{540 g} \times \frac{1 \times 10^3 mL}{1 L}$$

$$= 2,77 \times 10^{-5} mL/cm^2 C_3H_8NO_5P$$

Es decir que se adicionaron $2,77 \times 10^{-5} mL/cm^2$ de glifosato a cada uno de los suelos utilizados para cada tratamiento.

Se calculó la cantidad de glifosato necesaria para realizar el tratamiento teniendo en cuenta el área de suelo de cada uno de los procedimientos.

Tabla 9: Cálculo matemático para hallar la cantidad de glifosato necesaria para cada tratamiento.

Tratamiento	Cálculo Matemático
T ₀	$325,5 \text{ cm}^2 \times 2,77 \times 10^{-5} mL/cm^2 = 9,04 \times 10^{-3} mL$
T ₁	$340 \text{ cm}^2 \times 2,77 \times 10^{-5} mL/cm^2 = 9,418 \times 10^{-3} mL$
T ₂	$340 \text{ cm}^2 \times 2,77 \times 10^{-5} mL/cm^2 = 9,418 \times 10^{-3} mL$
T ₃	$321,75 \text{ cm}^2 \times 2,77 \times 10^{-5} mL/cm^2 = 8,91 \times 10^{-3} mL$

Se realizó la aplicación de glifosato a cada suelo y 96 horas después, en el laboratorio se obtuvieron aproximadamente 100mL de lixiviado de cada uno de los tratamiento a los cuales se le tomaron medidas de pH y conductividad eléctrica (Foti & Lallana, 2014).

Tabla 10: Imagen de la Obtención del Percolado.




Imagen	Descripción
	<p>Obtención del lixiviado a partir de un percolado de las muestras de suelo en el laboratorio.</p>

Tabla 11: Valores de pH y conductividad eléctrica de los lixiviados obtenidos después de 96 horas de la aplicación de 10,00µL de glifosato.

Tratamiento	pH	Conductividad Eléctrica (µS/cm)
T ₀ = Suelo testigo sin herbicida	6,55	77,4
T ₁ = Suelo tratado con glifosato	7,09	459
T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato	5,60	930
T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato	6,76	72
Tratamiento Control sin suelo	7,57	436

Se tomó una alícuota de 3mL de cada uno de los lixiviados obtenidos para cada tratamiento y se procedió a la siembra de las 10 semillas de *Lactuca Sativa* por caja de Petri. Después de 72 horas de estar en contacto con el glifosato se procedió a medir la longitud de las radículas de las semillas (Foti & Lallana, 2014).

Tabla 12: Imágenes Correspondientes a la Siembra y Medición de Semillas.

Imagen	Descripción
	<p>Siembra de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> en los lixiviados obtenidos de las muestras de suelo en el laboratorio.</p>
	<p>Medición final de las semillas de <i>Lactuca sativa</i> 72 horas después de estar en contacto el glifosato.</p>

Con la diferencia obtenida entre las medidas iniciales de las radículas y las finales se halló el porcentaje de crecimiento de cada una de las semillas de *Lactuca sativa* después de estar en contacto con el lixiviado obtenido a las 96 horas de la aplicación de glifosato.

Tabla 13: Diferencia de longitud radical en μm de las plántulas de lechuga a las 96 horas de la aplicación de glifosato en los lixiviados de las muestras.

Número de semilla	T ₀ = Suelo testigo sin herbicida (μm)	T ₁ = Suelo tratado con glifosato (μm)	T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato (μm)	T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato (μm)	Tratamiento Control sin suelo (μm)
1.	11,22	50,96	5,58	42,93	18,74
2.	19,01	53,67	34,53	11,97	32,62
3.	19,78	55,24	29,94	30,65	25,53
4.	6,34	8,340	23,26	51,62	37,72
5.	22,94	47,85	18,22	50,94	19,34
6.	44,13	38,84	16,08	47,48	27,96
7.	11,20	52,95	23,40	18,61	18,98
8.	33,88	43,91	28,39	53,33	2,33
9.	2,39	50,36	20,79	46,2	18,94
10.	34,25	54,29	13,86	25,88	36,73
Promedio	20,51	45,64	21,40	37,96	23,89

Tabla 14: Porcentaje de crecimiento de las radículas después de poner en contacto a las 96 horas de la aplicación de glifosato.

Número de semilla	T ₀ = Suelo testigo sin herbicida (%)	T ₁ = Suelo tratado con glifosato (%)	T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato (%)	T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato (%)	Tratamiento Control sin suelo (%)
1.	48,53	90,42	48,95	80,49	78,12
2.	69,61	83,95	76,94	74,03	86,29
3.	68,32	83,99	58,41	87,85	81,49
4.	26,84	35,31	80,46	90,35	76,99
5.	81,06	82,27	57,89	90,39	67,57
6.	84,06	61,68	79,09	89,70	77,00
7.	62,74	73,36	80,94	81,62	60,60
8.	88,57	76,86	81,37	91,41	10,75
9.	27,16	76,16	83,16	88,68	60,63
10.	88,89	84,08	65,62	82,60	74,99
Promedio	64,58	74,81	71,28	85,71	67,44

A las 192 horas de poner en contacto el glifosato con el suelo se repitió el procedimiento anterior para obtener nuevamente los lixiviados por cada uno de los tratamientos y se hallaron los valores de pH y conductividad eléctrica (Foti & Lallana, 2014).

Tabla 15: Imagen de la Obtención de pH de los Lixiviados.


Imagen	Descripción
	<p>Toma de medida de conductividad eléctrica de los lixiviados obtenidos de cada muestra de suelo.</p>

Tabla 16: Valores de pH y conductividad eléctrica de los lixiviados obtenidos de las muestras de suelos 192 horas después de la aplicación de glifosato.

Tratamiento	pH	Conductividad Eléctrica ($\mu S/cm$)
T ₀ = Suelo testigo sin herbicida	6,97	69,6
T ₁ = Suelo tratado con glifosato	7,18	142,9
T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato	7,00	141,5
T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato	6,92	289
Tratamiento Control sin suelo	7,99	369

Se tomó una alícuota nuevamente de 3mL y se procedió a la siembra de 10 semillas para cada tratamiento. A las 72 horas de poner en contacto las semillas con los lixiviados se obtuvo la medida del crecimiento de las raíces de cada plántula (Foti & Lallana, 2014).

Tabla 17: Medidas de las radículas a las 72 horas en μm de estar en contacto con el glifosato adicionado a las muestras de suelo a las 192 horas.

Número de semilla	T ₀ = Suelo testigo sin herbicida	T ₁ = Suelo tratado con glifosato	T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato	T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato	Tratamiento Control sin suelo
1.	45,25	39,80	42,77	35,40	38,30
2.	41,49	47,66	44,92	29,98	37,16
3.	45,49	50,00	33,87	40,89	46,90
4.	33,13	30,16	46,56	30,85	54,10
5.	52,20	42,05	49,35	41,31	34,40
6.	41,40	37,35	28,80	30,44	36,36
7.	45,11	37,65	32,71	44,61	40,30
8.	45,10	72,06	42,53	49,78	37,92
9.	45,41	52,95	25,00	24,31	45,81
10.	57,47	27,01	35,10	40,55	49,21
Promedio	45,20	43,67	38,16	36,81	42,05

Con la diferencia obtenida entre las medidas iniciales y finales de las radículas de las plántulas, se halló el porcentaje de crecimiento de cada una de las semillas de

Lactuca sativa después de estar en contacto con el lixiviado obtenido a las 192 horas de la aplicación de glifosato.

Tabla 18: Diferencia de longitud radical en μm de las plántulas de lechuga a las 192 horas de la aplicación de glifosato en los lixiviados de las muestras.

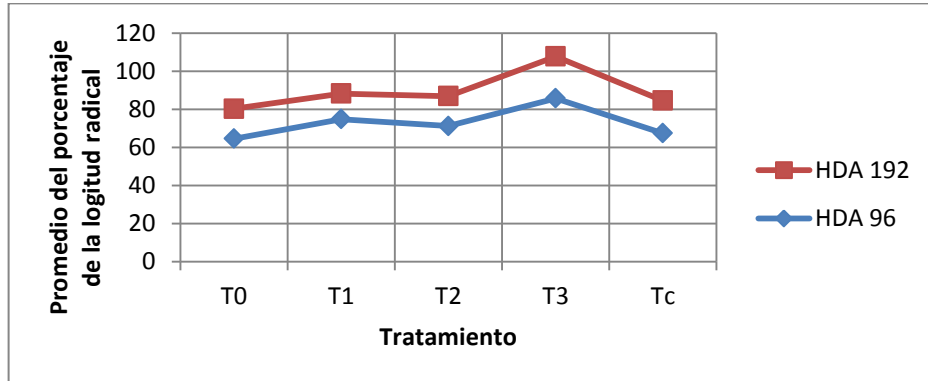
Número de semilla	T ₀ = Suelo testigo sin herbicida (μm)	T ₁ = Suelo tratado con glifosato (μm)	T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato (μm)	T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato (μm)	Tratamiento Control sin suelo (μm)
1.	12,54	1,25	8,15	2,73	12,81
2.	3,01	8,01	2,11	8,87	4,99
3.	2,36	0,62	5,07	17,39	1,80
4.	-8,12	-13,39	-7,24	5,54	6,96
5.	12,16	6,40	7,60	6,91	-3,08
6.	-8,83	9,11	7,95	3,34	6,71
7.	-10,03	5,82	-12,56	15,29	9,80
8.	4,87	6,38	7,03	5,67	4,77
9.	0,96	11,79	1,71	7,85	3,17
10.	19,35	-12,78	7,15	6,85	13,84
Promedio	7,89	6,17	5,85	8,04	7,20

Los datos negativos son descartados, puesto que indican un error procedimental en el trabajo de laboratorio, lo más probable es que las raíces de estas semillas se rompieran al momento de tomar las medidas finales por mala manipulación.

Tabla 19: Porcentaje de crecimiento de las radículas después de poner en contacto a las 96 horas de la aplicación de glifosato y descartando los datos negativos.

Número de semilla	T ₀ = Suelo testigo sin herbicida (%)	T ₁ = Suelo tratado con glifosato (%)	T ₂ = Suelo homogeneizado tratado con glifosato (%)	T ₃ = Suelo esterilizado tratado con glifosato (%)	Tratamiento Control sin suelo (%)
1.	27,71	3,14	19,05	7,71	33,45
2.	7,25	16,81	4,69	29,59	13,43
3.	5,19	1,24	14,97	42,53	3,84
4.	23,29	15,22	15,40	17,96	12,86
5.	10,79	24,39	27,60	16,73	18,45
6.	2,11	15,46	16,53	10,97	24,32
7.	33,67	8,85	6,84	34,27	12,58
8.		22,27	20,37	11,39	6,92
9.				32,29	28,12
10.				16,89	
Promedio	15,72	13,42	15,68	22,03	17,11

Gráfica 1: Porcentaje de crecimiento de las radículas después del contacto con el glifosato.



En los valores de pH obtenidos de los lixiviados para los diferentes tratamientos a las 96 y 192 horas de aplicación del glifosato no se encontraron diferencias significativas, aunque los valores de pH se relacionan inversamente con la absorción del glifosato, por lo cual se puede decir que la cantidad de glifosato absorbido por las muestras de suelo es muy similar y de alto porcentaje (Forero, Rodríguez, & Fuentes, 2004).

Para los valores de conductividad eléctrica se encuentra una disminución importante en el valor de T_0 a las 96 y 192 horas de aplicación y en T_3 solo a las 96 horas de la aplicación del herbicida, esta disminución se puede justificar por la velocidad de obtención de los lixiviados que fue mayor para estos tratamientos por lo cual no se dio un arrastre uniforme de los iones de las muestras de suelo (Foti & Lallana, 2014).

A partir de la gráfica obtenida de la comparación del porcentaje de crecimiento entre las semillas sembradas a las 96 y a las 192 horas de aplicación del glifosato se puede observar como existe un mayor crecimiento en las radículas de las semillas que entran en contacto con el herbicida a las 192 horas después de su aplicación, esto, debido a que los microorganismos presentes en las muestras de suelo ya han degradado e inmovilizado la mayor parte del glifosato adicionado a las muestras, perdiendo de esta manera su actividad herbicida (Forero, Rodríguez, & Fuentes, 2004).

El tratamiento T_0 es suelo testigo sin herbicida por lo cual presenta un crecimiento similar al del tratamiento control con agua destilada, lo cual indica que el suelo testigo no está aportando concentraciones de glifosato bioacumuladas, ni nutrientes que puedan afectar el crecimiento de las radículas. Entre T_1 y T_2 no se encuentran diferencias significativas en el porcentaje de crecimiento, mientras que en T_3 se puede observar que fue el tratamiento donde hubo mayor crecimiento en las raíces de las semillas, probablemente, porque el proceso de esterilización de la muestra no eliminó la mayoría de los microorganismos presentes en el suelo los cuales degradaron e inmovilizaron el glifosato (Foti & Lallana, 2014).

6.1.1.3 Cinética de desaparición del glifosato en aguas.

Después de preparar las soluciones de glifosato se expusieron a la luz solar durante 20 días, pasado este tiempo se realizó la medida inicial de las radículas de las semillas de *Lactuca sativa* con ayuda del micrómetro, para, posteriormente realizar la siembra de las semillas.

Tabla 20: Imagen de la Preparación de Soluciones de Glifosato.


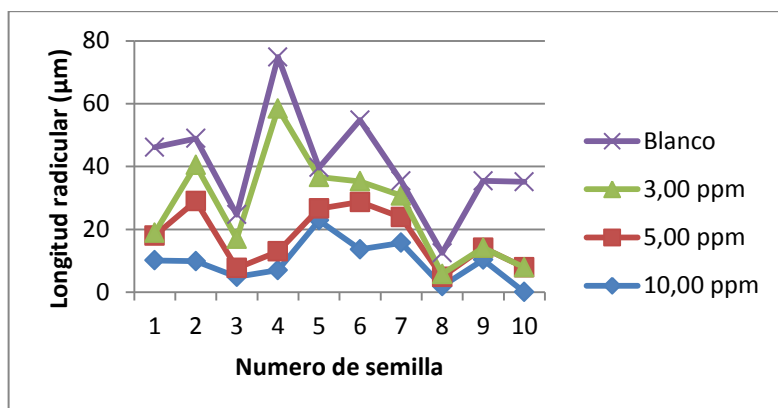
Imagen	Descripción
	<p>Soluciones de glifosato expuestas a la luz solar durante 20 días.</p>

Tabla 21: Diferencia de las medidas iniciales y finales de las radículas en μm 72 horas después de poner en contacto con las diferentes concentraciones de glifosato.

Semilla	Blanco	3,00 ppm	5,00 ppm	10,00 ppm
1	27,21	0,94	7,88	10,09
2	8,45	11,46	19,16	9,85
3	7,68	9,33	2,78	4,87
4	16,36	-36,7	5,96	6,98
5	3,00	45,51	3,75	22,85
6	19,52	10,04	15,10	13,6
7	4,65	-5,42	8,15	15,71
8	6,72	6,57	2,92	1,91
9	21,30	6,84	3,80	10,3
10	27,21	0,94	7,88	
Promedio	14,21	4,95	7,74	10,68

Se realizó un descarte de datos negativos que indican una mala manipulación de las semillas dentro de las prácticas de laboratorio.

Gráfica 2: Comparación del crecimiento de las raíces de las semillas de Lactuca Sativa a diferentes concentraciones de glifosato

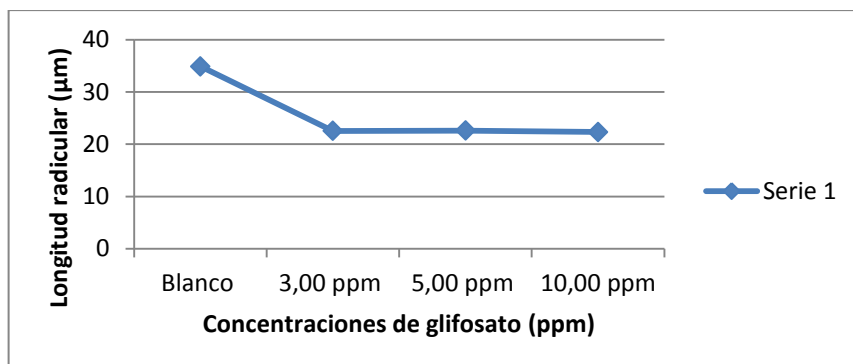


En la gráfica anterior se puede observar el crecimiento de cada una de las semillas sembradas en las diferentes concentraciones de glifosato, en la cual el mayor crecimiento de la mayoría de las semillas se encuentra en las sembradas en el blanco de agua destilada seguidas de las de 3,00 ppm y 5,00 ppm, el menor crecimiento se encuentra en la mayoría de las semillas sembradas a una concentración de 10,00 ppm de glifosato siendo este comportamiento el esperado, a mayor concentración de glifosato menor será el crecimiento de las radículas de las semillas.

Tabla 22: Porcentaje de crecimiento de las radículas de las semillas 72 horas después de poner en contacto con las diferentes concentraciones de glifosato.

Semilla	Blanco	3,00 ppm	5,00 ppm	10,00 ppm
1	51,66	1,65	32,56	11,30
2	28,67	26,13	56,54	17,65
3	18,43	11,95	11,53	6,92
4	39,32	-210,92	28,14	17,68
5	11,19	75,28	13,54	62,60
6	69,91	17,48	32,14	25,28
7	15,66	-17,26	21,51	36,61
8	20,89	25,76	11,11	2,97
9	45,51	13,90	16,07	20,06
10	47,67	8,28	2,87	10,68
Promedio	34,89	22,55	22,6	22,34

Gráfica 3: Comparación entre el promedio del porcentaje de crecimiento de las semillas de *Lactuca sativa* contra las diferentes concentraciones de glifosato.



En la gráfica 3 se realiza una comparación entre el porcentaje de crecimiento de las semillas sembradas a diferentes concentraciones de glifosato en el cual se puede ratificar que el mayor valor se encuentra en el blanco de agua destilada, debido a que las semillas no están en contacto con el herbicida, el comportamiento de la gráfica demuestra que a mayor concentración de glifosato menor es el porcentaje de crecimiento de las radículas, esto debido a que no se dio una fotodegradación efectiva del compuesto a los 20 días de exposición a la luz solar, ratificando lo encontrado en la literatura que reporta una degradación del herbicida por acción de microorganismos, algas y bacterias, mas no por efectos de la luz (Forero, Rodríguez, & Fuentes , 2004).

6.1.1.4 Biodisponibilidad del glifosato en suelos

Se prepararon las soluciones de glifosato a diferentes concentraciones y se realizó el procedimiento correspondiente para obtener los datos físicos de cada muestra, para finalmente realizar la siembra de semillas de *Lactuca sativa*.

Tabla 23: Imagen del Tamizado de las Muestras de Suelo.


Imagen	Descripción
	Tamizado de las muestras de suelo para obtener el porcentaje de arcillas limos y arenas de cada una.

Tabla 24: Cálculos para la preparación de soluciones de glifosato.

Preparación de solución Stock de glifosato	Preparación de solución intermedia
$ppm = \frac{mg \text{ soluto}}{L \text{ de solución}}$	$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$

$\frac{540 \text{ g}}{\text{L}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 540.000 \text{ ppm}$ $C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $540.000 \text{ ppm} * V_1 = 1080 \text{ ppm} * 100 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{1080 \text{ ppm} * 100 \text{ mL}}{540.000 \text{ ppm}} = 0,2 \text{ mL}$ $0,2 \text{ mL} * \frac{1000 \mu\text{L}}{1 \text{ mL}} = 200 \mu\text{L}$	$1080 \text{ ppm} * V_1 = 108 \text{ ppm} * 100 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{108 \text{ ppm} * 100 \text{ mL}}{1080 \text{ ppm}} = 10 \text{ mL}$
Preparación de soluciones	
Solución de 10 ppm	Solución de 7,50 ppm
$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $108 \text{ ppm} * V_1 = 10 \text{ ppm} * 25 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{10 \text{ ppm} * 25 \text{ mL}}{108 \text{ ppm}} = 2,3 \text{ mL}$	$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $108 \text{ ppm} * V_1 = 7,50 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{7,50 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}}{108 \text{ ppm}} = 0,7 \text{ mL}$
Solución de 5,00 ppm	Solución de 3,00 ppm
$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $108 \text{ ppm} * V_1 = 5,00 \text{ ppm} * 50 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{5,00 \text{ ppm} * 50 \text{ mL}}{108 \text{ ppm}} = 2,3 \text{ mL}$	$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $108 \text{ ppm} * V_1 = 3,00 \text{ ppm} * 25 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{3,00 \text{ ppm} * 25 \text{ mL}}{108 \text{ ppm}} = 0,7 \text{ mL}$
Solución de 2,50 ppm	Solución de 1,00 ppm
$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $5,00 \text{ ppm} * V_1 = 2,50 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{2,50 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}}{5,00 \text{ ppm}} = 5,0 \text{ mL}$	$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $5,00 \text{ ppm} * V_1 = 1,00 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{1,00 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}}{5,00 \text{ ppm}} = 2,0 \text{ mL}$
Solución de 0,50 ppm	Solución de 0,05 ppm
$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $5,00 \text{ ppm} * V_1 = 0,50 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{0,50 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}}{5,00 \text{ ppm}} = 1 \text{ mL}$	$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ $5,00 \text{ ppm} * V_1 = 0,05 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}$ $V_1 = \frac{0,05 \text{ ppm} * 10 \text{ mL}}{5,00 \text{ ppm}} = 0,1 \text{ mL}$
Solución de CaCl₂ a 0,01 M	
$0,05 \text{ L} * \frac{0,01 \text{ M}}{1 \text{ L}} * \frac{110,98 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 0,05 \text{ g CaCl}_2$	

Se secaron las muestras en estufa durante 24 horas, se llevaron a desecador hasta que se enfriaran y se calcinaron en mufla durante 24 horas, se dejaron enfriar en desecador y se pesaron para determinar el porcentaje de materia orgánica en el suelo arrocero y el pastizal.

Tabla 25: Imagen del Secado y Calcificación de las Muestras.


Imagen	Descripción
	Proceso de secado y calcificación de las muestras en mufla y estufa en el laboratorio.

Tabla 26: Masas del crisol y de las muestras de suelo para hallar el porcentaje de materia orgánica.

Muestra de Suelo	Masa del crisol (g)	Masa de la muestra + crisol (g)	Masa de muestra + crisol (Estufa): (g)	Masa de muestra (Estufa): (g)	Masa de muestra + crisol (Mufla): (g)	Masa de muestra (Mufla): (g)
Pastizal	29,18	34,15	33,11	3,93	32,93	3,75
Arroz	25,21	30,23	29,80	4,59	29,61	4,40

A partir de los datos obtenidos en la tabla anterior se realizó el cálculo para hallar el porcentaje de materia orgánica en las dos muestras de suelo.

$$\% \text{ Materia Orgánica} = \frac{\text{Masa de la muestra Estufa} - \text{Masa de la muestra (Mufla)}}{\text{Masa de la muestra (Estufa)}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia Orgánica (Pastizal)} = \frac{3,93 - 3,75}{3,93} \times 100 = 4,6\%$$

$$\% \text{ Materia Orgánica (Suelo Arrocero)} = \frac{4,59 - 4,40}{4,59} \times 100 = 4,1\%$$

Se realizó el procedimiento para obtener el valor de pH y para determinar el porcentaje de arcillas, limos y arenas para cada muestra de suelo.

Tabla 27: Imagen de la Determinación de pH de las muestras.


Imagen	Descripción
	Determinación de pH con ayuda de un potenciómetro, de las muestras de suelo arrocero y de pastizal en el laboratorio.

Tabla 28: Características texturales y medidas de pH para suelo arrocero y pastizal.

	pH	Arenas (%)	Limos (%)	Arcillas (%)
Suelo Arrocero	6,06	52,06	33,77	14,15
Pastizal	6,99	50,13	22,32	27,55

Se tomaron las medidas iniciales y finales de las semillas de *Lactuca sativa* que entraron en contacto con las muestras de suelo arrocero expuestas a las diferentes diluciones preparadas de glifosato. Con la diferencia obtenida de estas dos medidas se halló el porcentaje de crecimiento para cada semilla en cada tratamiento.

Tabla 29: Diferencias entre las medidas iniciales y finales en μm de las radículas de las semillas después de poner en contacto con el glifosato y suelo arrocero.

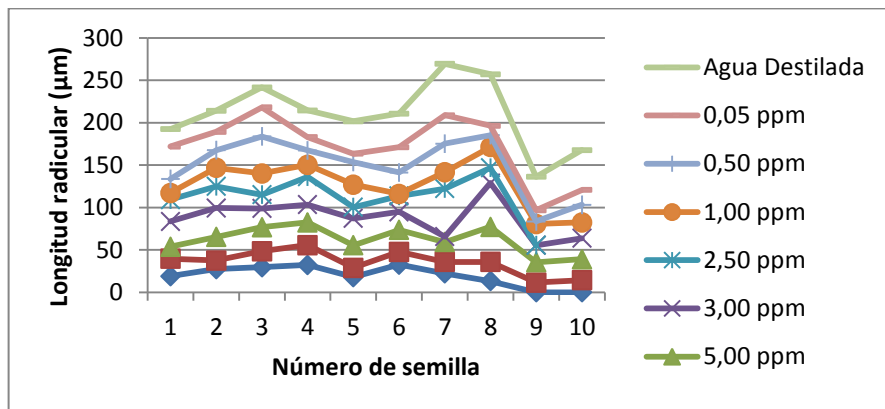
N° de Semilla	Agua destilada	0,05 ppm	0,50 ppm	1,00 ppm	2,50 ppm	3,00 ppm	5,00 ppm	7,50 ppm	10,00 ppm
1	6,03	20,84	6,84	4,48	13,40	11,62	6,12	7,66	-14,93
2	5,53	9,70	10,74	13,78	14,94	11,85	12,88	4,16	10,78
3	6,87	13,72	17,69	15,14	6,78	7,89	9,87	7,91	10,50
4	12,62	9,03	7,71	5,22	19,95	10,36	11,90	11,6	9,96
5	14,02	3,01	16,95	15,10	-2,76	11,95	17,27	6,47	15,17
6	16,16	18,58	7,65	0,98	6,57	9,15	10,42	5,54	10,21
7	29,02	18,28	21,92	8,13	8,76	2,90	6,47	7,84	14,85
8	33,52	4,85	7,73	12,33	32,81	33,35	24,49	11,92	10,22
9	17,80	8,88	1,47	10,52	-6,31	7,56	12,69	4,90	8,03
10	18,13	6,61	11,96	9,50	6,03	11,36	14,20	7,53	-1,80
Promedio	15,97	11,35	11,07	9,52	13,65	11,79	12,63	7,55	11,21

Tabla 30: Porcentaje de crecimiento de las semillas después de ponerlas en contacto con glifosato y suelo arrocero.

N° de Semilla	Agua destilada	0,05 ppm	0,50 ppm	1,00 ppm	2,50 ppm	3,00 ppm	5,00 ppm	7,50 ppm	10,00 ppm
1	20,70	38,17	16,44	7,90	25,72	29,87	13,99	20,54	-58,66
2	24,88	21,75	20,68	21,96	25,36	34,19	27,71	10,29	19,17
3	23,48	34,34	43,71	24,93	16,34	21,92	28,30	18,95	27,33
4	31,62	15,48	17,08	14,22	32,78	20,84	26,74	23,55	29,64
5	38,41	9,71	26,65	26,51	-5,65	31,71	26,57	11,02	32,21
6	39,55	29,88	25,17	2,57	13,21	21,23	25,86	15,03	17,93
7	60,55	33,61	33,61	19,46	18,65	6,25	23,39	13,59	32,74
8	60,81	11,03	13,89	24,66	56,59	51,70	41,28	22,59	22,37
9	39,42	13,18	3,01	25,15	-19,39	19,92	23,95	11,53	13,30
10	46,96	17,53	20,76	18,59	17,83	24,80	24,71	14,37	-4,49
Promedio	38,64	22,47	22,09	18,59	18,14	26,24	26,25	16,15	13,15

Se realiza un descarte de datos negativos que indican una mala manipulación de las semillas y datos erróneos.

Gráfica 4: Porcentaje de crecimiento de las semillas expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en muestras de suelo arrocero.



En la gráfica 4 se puede observar el porcentaje de crecimiento de cada una de las semillas sembradas a diferentes concentraciones de glifosato en la muestra de suelo arrocero, siendo las semillas sembradas en el blanco de agua destilada las que tienen un mayor crecimiento, descendiendo este valor, al aumentar la concentración de glifosato encontrando el menor crecimiento en las semillas expuestas a 10,00 ppm de glifosato.

Se realizó el mismo procedimiento con las semillas sembradas en las muestras de pastizal, con el fin de hallar el porcentaje de crecimiento de cada una de ellas, esperando un mayor crecimiento en estas semillas que en las sembradas en suelo arrocero.

Tabla 31: Diferencias entre las medidas iniciales y finales de las radículas de las semillas después de poner en contacto con el glifosato y muestra de pastizal.

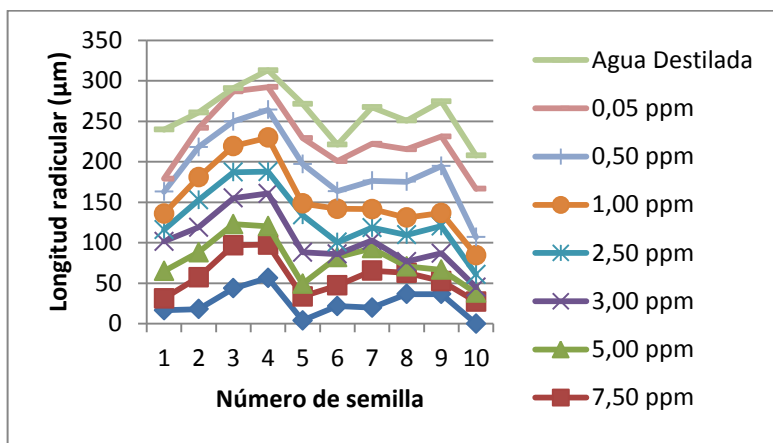
N° de Semilla	Agua destilada	0,05 ppm	0,50 ppm	1,00 ppm	2,50 ppm	3,00 ppm	5,00 ppm	7,50 ppm	10,00 ppm
1	34,77	4,75	8,39	9,25	9,39	12,44	16,17	5,67	7,12
2	9,61	8,19	14,85	15,68	17,08	16,54	17,00	16,30	8,04
3	1,66	13,30	8,72	13,28	11,65	15,90	13,28	23,74	15,85
4	9,05	8,66	12,10	25,09	16,39	16,22	8,21	19,61	-0,36
5	20,21	10,85	18,96	7,51	25,40	15,83	8,38	14,23	32,68
6	7,94	16,00	5,50	19,31	6,56	2,28	15,40	11,82	1,48
7	14,72	17,66	12,00	9,36	7,73	3,46	13,75	20,58	6,97
8	13,67	14,87	12,47	6,27	10,76	2,43	2,54	10,48	9,37
9	17,01	11,51	20,54	6,88	18,87	8,22	5,60	7,52	18,94
10	19,80	23,41	10,05	8,48	8,64	2,71	5,11	13,22	18,21
Promedio	15,97	11,35	11,07	9,52	13,65	11,79	12,63	7,55	11,69

Tabla 32: Porcentaje de crecimiento de las radículas de las semillas después de poner en contacto con el glifosato y muestra de pastizal.

N° de Semilla	Agua destilada	0,05 ppm	0,50 ppm	1,00 ppm	2,50 ppm	3,00 ppm	5,00 ppm	7,50 ppm	10,00 ppm
1	60,52	15,99	27,23	19,85	14,49	36,48	33,76	14,73	16,56

2	19,25	23,43	37,36	28,03	33,89	30,71	30,97	39,28	17,93
3	3,91	37,20	30,38	32,31	31,83	32,38	25,96	53,17	43,68
4	20,83	27,93	34,47	41,96	26,98	40,43	22,86	41,01	-1,01
5	42,21	32,19	48,66	14,33	45,98	38,88	15,74	29,52	56,52
6	20,28	37,28	21,65	41,27	14,67	3,77	35,00	25,46	3,99
7	45,13	45,73	34,97	22,83	15,74	9,79	27,67	45,55	21,69
8	35,39	40,07	44,38	21,26	32,97	6,05	7,739	26,38	19,83
9	43,36	36,39	58,05	16,19	33,42	20,36	14,11	16,10	36,53
10	41,16	59,55	22,42	23,75	15,82	6,78	10,88	27,33	36,47
Promedio	33,20	35,58	35,96	26,18	26,58	22,56	22,47	31,84	25,22

Gráfica 5: Porcentaje de crecimiento de las semillas expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en muestras de pastizal.

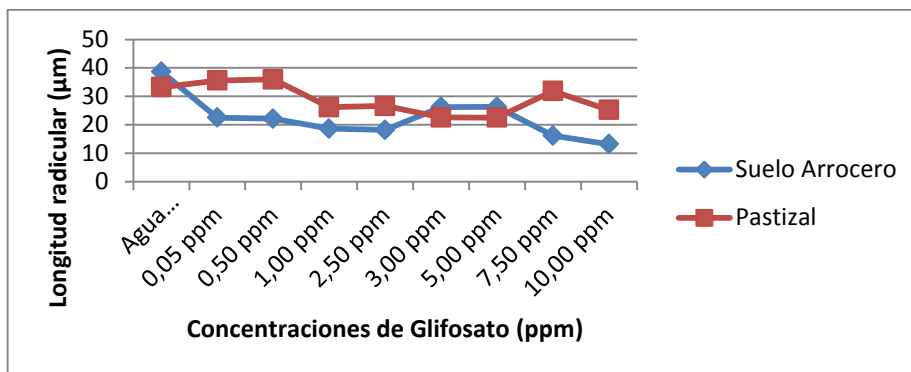


En la gráfica 5 se observa el porcentaje de crecimiento de cada una de las semillas sembradas en diferentes concentraciones de glifosato en la muestra de pastizal, donde existe un mayor crecimiento en las semillas de 0,50 ppm, 0,05 ppm y agua destilada, este comportamiento se debe a las concentraciones tan bajas de glifosato muy cercanas al valor del agua destilada, la cual no contiene glifosato. A partir de la concentración de 1,00 ppm se presenta una reducción significativa en el crecimiento de las raíces, disminuyendo este valor a medida que aumentan las concentraciones del herbicida.

Tabla 33: Comparación entre los promedios de crecimiento de las radículas de las semillas en suelo arrocero y pastizal.

	Agua destilada	0,05 ppm	0,50 ppm	1,00 ppm	2,50 ppm	3,00 ppm	5,00 ppm	7,50 ppm	10,00 ppm
Promedio % de crecimiento Suelo Arrocero	38,64	22,47	22,09	18,59	18,14	26,24	26,25	16,15	13,15
Promedio % de crecimiento Pastizal	33,20	35,58	35,96	26,18	26,58	22,56	22,47	31,85	25,22

Gráfica 6: Grafica comparativa entre los porcentajes de crecimiento de las radículas de las semillas de *Lactuca sativa* expuestas a diferentes concentraciones de glifosato en dos muestras de suelos diferentes.



En la gráfica 6 se observa un mayor crecimiento en las semillas sembradas en las muestras de pastizal respecto a las sembradas en el suelo arrocerero. Debido a que estas muestras fueron tomadas de un terreno que se utiliza únicamente para la alimentación del ganado, no para la agricultura, por lo cual en este suelo no se realizan aspersiones con glifosato, mientras que al suelo arrocerero se le adicionan constantes dosis del herbicida para proteger los cultivos de arroz, el cual debe tener fracciones bioacumuladas de glifosato, aumentando así su concentración.

Otro factor que afecta el crecimiento de las radículas de las semillas en el suelo arrocerero es su mayor porcentaje de materia orgánica (4,6%), respecto al valor encontrado en el suelo de pastizal (4,1%), puesto que al aumenta el contenido de materia orgánica en los suelos, incrementa la adsorción de glifosato al suelo, además el porcentaje de limos (22,32%) y arcillas (27,55%) en el pastizal son mayores que los porcentajes de limos (33,77%) y arcillas (14,15%) en el suelo arrocerero, por lo cual el porcentaje de crecimiento de las radículas en el suelo de pastizal fue menor, ya que al disminuir el porcentaje de arcillas en el suelo disminuye la absorción de glifosato. Este comportamiento también se puede explicar a partir de los valores de pH de las muestras, puesto que para el pastizal se obtuvo un valor de 6,99 y para el suelo arrocerero 6,06 de pH y al aumentar los valores de pH disminuye la absorción de glifosato del suelo disminuyendo la fracción biodisponible del herbicida para el suelo de pastizal y por lo tanto aumentando el crecimiento de las radículas de las semillas (Forero, Rodríguez, & Fuentes, 2004).

6.1.2 Caracterización de las controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato en cultivos de *Lactuca sativa* con PQFI.

6.1.2.1 Información tabulada a partir del instrumento de ideas previas.

En la primera sesión de trabajo participaron 30 estudiantes de Licenciatura en Química, del grupo de Sistemas Orgánicos II a los cuales se realizó la aplicación de un instrumento de ideas previas, descrito en la metodología de trabajo, desarrollado durante la etapa exploratoria de la secuencia, el cual permite evaluar los conceptos de los estudiantes acerca de las temáticas relacionadas con los plaguicidas y herbicidas, específicamente del glifosato y la controversia

socioambiental generada por el uso del mismo en la erradicación de cultivos lícitos e ilícitos en Colombia.

Tabla 34: Información tabulada a partir del instrumento de ideas iniciales, primera parte.

Pregunta	Tendencias de respuestas de los profesores en formación inicial
¿Conoce algún tipo de plaguicida? ¿Sí, No? ¿Cuáles?	<ul style="list-style-type: none"> • Un plaguicida utilizado en cultivos de café, papa, lechuga para eliminar la plaga. • Insecticidas organoclorados. • Plaguicidas organofosforados. • Pesticidas y fungicidas. • Rodenticidas. • No conoce ningún tipo de plaguicida. • Raid. • Naftaleno. • Plaguicidas naturales a base de ajo o desechos orgánicos.
¿Conoce algún tipo de herbicida? ¿Sí, No? ¿Cuáles?	<ul style="list-style-type: none"> • No conocen ningún tipo de herbicida. • El glifosato, el cual, es un herbicida persistente en suelos, comercializado bajo diferentes marcas. • Diversos compuestos utilizados para evitar el crecimiento de malezas perjudiciales para los cultivos. • El bórax que inhibe el crecimiento de las plantas.
¿Considera que se deben utilizar herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos? ¿Sí, No? ¿Por qué?	<ul style="list-style-type: none"> • Se deben utilizar herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos puesto que es un medio rápido y efectivo para su destrucción, teniendo en cuenta su clasificación para hacer uso del compuesto menos dañino para el entorno, a sabiendas de que la erradicación manual pone en riesgo la seguridad de los militares encargados del proceso. • No se deben utilizar herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos puesto que afectan negativamente la salud de la población circundante, contamina suelos causando infertilidad en la tierra, fuentes hídricas y ocasiona la muerte en plantas que no son el objetivo de la erradicación, además de su alta toxicidad. Deberían existir políticas ambientales que ayuden a mitigar estos efectos negativos en el ambiente, preferiblemente se deben utilizar diferentes alternativas para la erradicación de cultivos ilícitos como la quema controlada o la erradicación manual.
¿Conoce la composición química del glifosato y cómo se clasifica?	<ul style="list-style-type: none"> • Sal de isopropilamina. • Grandes concentraciones de halógenos. • Inhibidor de aminoácidos aromáticos. • Está compuesto por nitrógeno, grupos OH, fósforo, carbono e hidrógeno. • Se considera de acción selectiva. • Está clasificado en el grupo D lo cual indica que no es cancerígeno. • No conoce la composición del glifosato. • N-fosforometil glicina y se clasifica como tóxico
¿Cómo actúa el glifosato en el ambiente?	<ul style="list-style-type: none"> • Perjudica la salud de los seres humanos que viven cerca de los cultivos que son asperjados con glifosato provocando diversos síntomas tales como problemas hepáticos, deformaciones en el estado embrionario, insuficiencias respiratorias, salpullido, mareo o enfermedades digestivas. Es de acción lenta, se acumula en los suelos afectando los cultivos lícitos que son sustento de los campesinos y las fuentes hídricas. Los efectos en el ambiente pueden variar dependiendo de la concentración de glifosato y de los surfactantes que se emplean en la fórmula comercial del herbicida que se está utilizando, es absorbido por las hojas y no por las raíces, actúa principalmente sobre la síntesis de una proteína encargada del crecimiento de la planta y de los nutrientes que le sirven como alimento, es ligeramente soluble en el agua en la cual se descompone por acción de la luz y de bacterias, genera infertilidad en la tierra y procesos de erosión. • Al aplicar el glifosato, este se dispersa en el ambiente quedando en forma de material particulado. • Favorece el crecimiento de plantas acuáticas invasoras y es utilizado como fuente de maduración en granos. • Por el efecto de las precipitaciones el glifosato es arrastrado a las diferentes capas del suelo y a los depósitos de aguas subterráneas.
¿Cree usted que las aspersiones con glifosato generan contaminación a nivel ambiental y afectan	Es perjudicial ya que es un herbicida no selectivo por lo cual puede afectar todo tipo de cultivos y plantas que son importantes dentro de la cadena trófica, para la salud de los seres humanos en especial para los niños y animales, se considera como cancerígeno y mutagénico, además genera alteraciones en el sistema nervioso central y enfermedades

la salud humana? Explique su respuesta.	como microcefalia, esto debido a las diversas formas de exposición al mismo. Se bioacumula en el ambiente afectando negativamente el ecosistema y las redes tróficas, puede provocar graves efectos en el calentamiento global, los alimentos destinados para el uso de los seres humanos se pueden contaminar.
--	---

Con respecto a las primeras preguntas, con las cuales se pretendía establecer si los estudiantes tenían conocimientos acerca de los plaguicidas y específicamente sobre los herbicidas, la mayoría de los estudiantes no conocen este tipo de productos químicos, muy pocos logran diferenciarlos por su composición química o por su acción específica, sin saber exactamente su definición, ni su mecanismo de acción, la mayoría identifican al glifosato como un herbicida persistente comercializado bajo diferentes marcas que se considera como no cancerígeno ni tóxico, aunque peligroso para la salud humana provocando diversas enfermedades y para el ambiente contaminando suelos y fuentes hídricas.

En general, el grupo está en contra de la erradicación de cultivos ilícitos con herbicidas, argumentando graves efectos colaterales a la salud humana y al ecosistema circundante, apoyan el desarrollo de políticas ambientales con las cuales se pueda prevenir el daño ambiental con este tipo de productos químicos y la erradicación manual de los cultivos ilícitos.

Tabla 35: Información tabulada a partir del instrumento de ideas iniciales, segunda parte.

Pregunta	Tendencia de respuestas de los profesores en formación inicial
¿Cómo afecta la salud humana el uso del glifosato?	Se ha logrado relacionar al uso del glifosato con el desarrollo de enfermedades en la población como brotes, vómito, malestares estomacales, cáncer y mutaciones genéticas, contaminación de fuentes hídricas, suelos y alimento entre otras que afectan negativamente a la sociedad.
¿El desarrollo económico, social y cultural de la población campesina se ve afectada por el uso del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos? ¿Por qué?	El desarrollo, económico, social y cultural de la población se ve afectada negativamente puesto que el uso del glifosato causa deterioro en la salud de la población, infertilidad en las tierras y cosechas de mala calidad que los campesinos utilizan para su sustento y su desarrollo económico lo cual, por lo general obliga a los campesinos a buscar otros medios para su sustento económico o al desplazamiento forzoso a zonas urbanas, viéndose afectada la economía del país.
¿Cuál es su postura frente a la polémica generada por el uso del glifosato en Colombia?	<p>En desacuerdo con el uso de glifosato en Colombia puesto que se está generando un grave deterioro al ecosistema y en la salud de la población. Es necesaria la implementación de políticas de estado que velen por la seguridad e integridad de la población nacional que prohíba el uso de los plaguicidas. Pero ya que existen varios actores involucrados, que se ven beneficiados económica y políticamente, es muy factible que no se tome ninguna decisión acerca de la suspensión del uso del glifosato.</p> <p>Sería de suma importancia realizar trabajos pedagógicos con el sector campesino para incentivar los cultivos lícitos y promover la reinserción a la sociedad de las personas que se dedican al negocio de los cultivos ilícitos.</p> <p>El uso del herbicida es importante para la erradicación de cultivos ilícitos, pero para proteger los cultivos lícitos y la salud de la población en general, se debe considerar el control de los medios de propagación del mismo, además de diversos factores de seguridad, tipos de suelos, degradación, cultivos afectados entre otros para tomar una decisión al respecto. Es importante realizar diferentes estudios con otro tipo de compuestos que eliminen los cultivos ilícitos pero que no afecten los cultivos lícitos aledaños, para propender por el bienestar de la población en general.</p> <p>Postura neutral puesto que no existen pruebas que argumenten con exactitud los impactos negativos que genera el uso del glifosato</p>
Como profesor en formación inicial ¿Considera necesario	Tal vez se deben relacionar estos temas en el aula de clase, pero son temas que deben ser tratados prudentemente.

<p>relacionar los problemas ambientales generados por el desarrollo científico y tecnológico con el uso de plaguicidas?</p>	<p>Se deben relacionar los problemas ambientales, sociales, culturales y económicos para promover una postura crítica frente al desarrollo tecnológico y científico, no solamente con el uso de plaguicidas sino de todas las problemáticas existentes producto del uso de la tecnología y el avance de las ciencias, donde por desconocimiento, la población no participa activamente en la toma de decisiones tecno científicas. Teniendo en cuenta que es una problemática que no solo compete a los actores directamente involucrados sino también a toda la población en general, quienes deben ser precursores del cambio y defensores del medio donde vivimos, además, es parte fundamental de un profesor poder articular el conocimiento acerca de su entorno para poder generar en sus estudiantes una apropiación sobre su territorio, interactuando con los problemas cotidianos y llevándolos a las aulas de clase generando una interrelación entre conceptos químicos que se pueden enseñar a partir de la problemática, generando ideas de conservación y preservación del ambiente, interesando a los estudiantes en el aprendizaje de la química.</p>
<p>Para que Colombia “No nade en coca” como afirma el procurador general de la nación ¿Es necesario fumigar los cultivos ilícitos con glifosato?</p>	<p>Se deben utilizar otro tipo de herbicidas que no sean tan tóxicos. Es importante tener en cuenta las políticas que intervienen en el uso del herbicida directamente sobre los cultivos, por aspersión aérea y la erradicación manual de cultivos ilícitos para poder tomar una decisión acerca de su uso o suspensión.</p> <p>No es necesario, puesto que genera ambientes precarios para el desarrollo de la vida, es mejor implementar programas de concientización frente al daño ambiental y a la salud humana que producen los cultivos ilícitos. El problema no radica en el uso del glifosato sino en el consumo y la producción de cultivos.</p>
<p>Según la nueva clasificación de la IRAC el glifosato es considerado como cancerígeno ¿Son suficientes las medidas tomadas por el gobierno frente al uso del glifosato en Colombia?</p>	<p>El gobierno no está tomando las medidas necesarias para contrarrestar los efectos negativos que han causado las aspersiones con glifosato, teniendo en cuenta que, solo se da la prohibición del uso del herbicida en zonas declaradas como parques nacionales, no se controla la dispersión del herbicida en el medio lo cual afecta negativamente el ecosistema, además no se realizan las investigaciones necesarias acerca de las consecuencias que ha generado el uso continuo del herbicida y a la población que está en constante contacto con el producto no se le ha dado la información necesaria acerca de las consecuencias del uso de glifosato ni una alfabetización sobre la forma correcta de manipular el producto para minimizar los riesgos de exposición, deberían implementar acciones legales que prohíban la comercialización de este tipo de productos. Aunque, es importante tener en cuenta que el ecosistema ya está contaminado de residuos del herbicida.</p>
<p>¿El uso y las pruebas de los diferentes herbicidas e insecticidas que ha desarrollado la industria han sido adecuados?</p>	<p>Las pruebas realizadas sobre herbicidas para saber qué efectos secundarios pueden provocar al medio ambiente y a la comunidad no han sido adecuados puesto que no se han tenido en cuenta estos resultados para aprobar o mitigar su uso debido a que los resultados pueden afectar negativamente la economía de la industria agroquímica, además, los resultados de las pruebas de laboratorio exhiben comportamientos diferentes puesto que las condiciones utilizadas en los laboratorios por lo general difieren bastante de las condiciones reales de los cultivos donde se utiliza el herbicida constantemente.</p> <p>Las pruebas realizadas por la industria han sido adecuadas, lamentablemente los resultados han sido modificados a favor de la industria agroquímica y aunque a historia del uso del glifosato y otros herbicidas durante el siglo XX ha demostrado como estos productos han afectado negativamente las fuentes hídricas o el grosor de las cáscaras de huevos de las aves provocando la extinción de muchas especies, enfermedades mutagénicas y teratogénicas, estas son el soporte para la toma de decisiones frente al uso responsable de este tipo de compuestos, esta decisión compete a los entes gubernamentales.</p>
<p>¿Cómo deberían intervenir los gobiernos la legislación que regula el uso de herbicidas como el glifosato teniendo en cuenta su nueva clasificación y la importancia que han tenido a nivel político, económico y social.</p>	<p>El gobierno debería ser más eficiente y rígido tomando medidas contundentes frente al cumplimiento de las leyes de protección ambiental y a la prohibición, bajo cualquier circunstancia del uso del herbicida, sin tener en cuenta los intereses políticos que puedan afectar la toma de decisiones. Es importante realizar un consenso con toda la población en general para conocer su opinión frente al tema, informando a los Colombianos para que estén en la capacidad de tomar una decisión, acerca de retirar o no, el glifosato del mercado. También se puede pensar en una sustancia diferente o en modificar su composición química buscando disminuir los daños colaterales al usar el producto.</p>

Después de leer las noticias de circulación del país, los estudiantes afirman, que se ha logrado relacionar la aparición de diferentes enfermedades en la población asociadas al uso de glifosato en zonas rurales, afectando, también el desarrollo económico, social y cultural de la población, puesto que, este herbicida genera infertilidad en las tierras, cultivos de mala calidad o destrucción de cultivos lícitos

los cuales son el sustento económico de los campesinos, causando desplazamientos forzosos a zonas urbanas que generan un impacto negativo en la economía del país.

Frente al uso del glifosato en Colombia, la mayoría del grupo cree que no se debería utilizar, haciendo referencia a problemas de salud y al ecosistema que genera. Como profesores en formación inicial, el grupo apoya la inclusión de controversias socioambientales respecto al avance científico y tecnológico en el aula de clase, argumentando, que de esta manera se promueve el desarrollo de una postura crítica en los estudiantes, que sean capaces de participar activamente en la toma de decisiones, despertando su interés en aprender una química contextualizada y con aportes a la sociedad.

La CSC generada por el uso del glifosato en Colombia le permite a los profesores en formación inicial abordar aspectos sociales, hacer una reflexión crítica y asumir posturas a favor o en contra, se presentan los conocimientos científicos de forma contextualizada desde la información divulgada por los medios de comunicación (Torres , 2013).

Para poder reconocer una controversia sociocientífica en una noticia de prensa, los estudiantes realizaron una lectura crítica, ya que en estos artículos se encuentra la ciencia en construcción, por lo tanto se pueden encontrar diversos puntos de vista, los cuales dan origen a las controversias, respecto a las cuales, tomaron una posición crítica, desarrollando la capacidad de reflexión y se generó una alfabetización científica (Díaz Moreno & Jiménez Liso , 2012).

El desarrollo de la discusión argumentativa es muy importante en la construcción del conocimiento científico ya que contribuye a la adquisición de competencias básicas proporcionando una idea más realista de la naturaleza de las ciencias aproximando el desarrollo de las clases en el aula a la verdadera actividad científica (Ruíz & Solves , 2013).

6.1.2.2 Información tabulada a partir del trabajo de laboratorio realizado con los PQFI.

Después de desarrollar la etapa de prácticas de laboratorio los profesores de química en formación inicial realizaron informes de laboratorio a partir de los cuales se recopilaron los análisis y las conclusiones a las que llegaron en los resultados de laboratorio.

Tabla 36: Análisis y conclusiones de los PQFI a partir de las prácticas de laboratorio realizadas con glifosato

	Análisis	Conclusiones
Fitotoxicidad del Glifosato	Para los tratamientos T ₀ , T ₁ y T ₂ las diferencias en el crecimiento de las radículas de las semillas no es tan significativa, esto puede deberse al tiempo de aplicación del glifosato y a la homogeneización de la muestra con mortero. Para el T ₃ se identifica una variación significativa en el crecimiento	Los resultados no son concluyentes puesto que se requeriría una mayor cantidad de tiempo en exposición de las semillas frente al glifosato. Sería importante aumentar las concentraciones de glifosato en los tratamientos para observar el efecto en el crecimiento de las semillas y el

	<p>de las radículas, debido a la esterilización de la muestra de suelo, en cuanto a las semillas sembradas en el blanco se identifica un crecimiento significativo ya que no están expuestas al glifosato.</p> <p>El pH alcalino y la variación de conductividad eléctrica no afectan significativamente el crecimiento de las radículas.</p>	<p>tiempo de exposición.</p>
<p>Cinética de desaparición del glifosato en aguas</p>	<p>El glifosato interviene en el crecimiento de las radículas, las semillas sembradas en el blanco de agua destilada son aquellas que presentan un mayor crecimiento, las semillas que presentaron un menor crecimiento fueron las de 10,00; 5,00 y 3,00 ppm por lo cual se puede afirmar que se degrada con la luz solar, la cual depende de la concentración del herbicida, entre mayor sea la concentración más rápido se producirá la fotodegradación.</p>	<p>El glifosato es un herbicida no selectivo con un alto nivel de toxicidad, por lo que afecta cualquier tipo de cultivos y la salud de organismos complejos, es importante estudiarlo no solo por las consecuencias negativas a la salud humana sino también por las que afectan el ambiente, desde la contaminación de fuentes hídricas por su alta estabilidad y los daños en la cadena trófica de entornos agrarios.</p> <p>Entre mayor sea la concentración del herbicida mayor será su fotodegradación lo cual reduce el tiempo de vida media del herbicida permitiendo un mayor crecimiento de las semillas.</p> <p>La fotodegradación del glifosato está relacionada con la exposición a rayos UV, por lo que entre mayor sea su exposición a la luz solar mayor será la degradación, la cual también depende de la actividad microbiana.</p>
<p>Biodisponibilidad del glifosato en suelos</p>	<p>Se observa una reducción significativa en las medidas de las radículas después de ser expuestas al herbicida, las semillas sembradas en el blanco son las que presentan un mayor crecimiento, se determina un mayor crecimiento en las semillas sembradas en las muestras de pastizal en relación con las semillas sembradas en muestras de suelo arrocero debido a que este último ha tenido un desarrollo de actividades agrícolas y ha sido expuesto a aspersiones con glifosato y es muy probable que exista una bioacumulación del herbicida.</p> <p>Los suelos con mayor porcentaje de materia orgánica facilitan el crecimiento de las semillas y absorben mayor cantidad de glifosato.</p> <p>La absorción de glifosato está influenciada por el tipo de suelo.</p>	<p>La descomposición del glifosato es rápida y la función herbicida dura poco tiempo debido a la acción microbiana, la reducción en el crecimiento de las raíces depende de la concentración de glifosato utilizada, a mayor concentración, mayor será la reducción en el crecimiento de la raíz, el tipo de suelo y sus características texturales.</p> <p>El pH levemente ácido explica que exista una mayor fracción biodisponible de glifosato en el suelo</p>

A partir de los resultados obtenidos en las prácticas de laboratorio, los PQFI confirman la toxicidad del glifosato en semillas de *Lactuca sativa*, al evidenciar la reducción en el crecimiento de las radículas cuando están en contacto con diferentes dosis del herbicida, en comparación con el crecimiento de las radículas sembradas en agua destilada como control negativo, además encuentran una relación significativa entre el comportamiento del glifosato, y su absorción en

suelos dependiendo de las características texturales, de pH y del porcentaje de materia orgánica presentes en el suelo, confirman la degradación del compuesto por la presencia de microorganismos y de la exposición a la luz solar. Recomienda un aumento en el valor de las concentraciones utilizadas de glifosato y en el tiempo de exposición de las semillas para obtener resultados más confiables.

Para ellos es importante el estudio de este compuesto, debido a los efectos negativos que causa en el ambiente y a los problemas de salud que se relacionan con el uso del glifosato, incluyendo la temática en diferentes espacios académicos de los profesores en formación inicial para generar una contextualización de la química, abordar temáticas de actualidad que motiven el interés de los estudiantes para generar una postura crítica y ciudadanos capaces de tomar decisiones conscientes frente a los debates suscitados por este tipo de controversias.

6.1.2.3 El abordaje de controversias socioambientales en el aula.

A partir de la selección de noticias de circulación en diferentes medios de comunicación del país, relacionadas con el uso de glifosato y su reciente suspensión en Colombia, se formuló un cuestionario orientado a la caracterización de controversias asociadas a la temática (Anexo D). Para su abordaje se orientaron discusiones en grupos de trabajo. Las preguntas formuladas se clasificaron con base en las características de las cuestiones sociocientíficas propuestas por Ratcliffe (2009), de la siguiente manera:

Tabla 37: Clasificación de preguntas para el abordaje de CSA sobre el Glifosato.

Características de las CSC	Preguntas relacionadas
Base en la ciencia y la tecnología	1
Dilemas éticos y morales	2
Implicaciones sociopolíticas	3, 8, 10
Aspectos controversiales	4, 5, 6, 9
Impactos socioambientales	7
El papel del profesor de química	11

De acuerdo con dicha clasificación, en la siguiente tabla se presentan las respuestas elaboradas por los respectivos grupos de trabajo:

Tabla 38: Tendencias de respuestas de los grupos en el abordaje de CSA sobre el glifosato.

Características de las CSC	Tendencia de respuestas de los profesores en formación inicial
Base en ciencia y la tecnología	<p>Es un herbicida que comercialmente se conoce como Roundup activo el cual está compuesto por una sal de isopropilamina, de N-fosforometil glicina, no selectivo, de amplio espectro, desarrollado para la eliminación de hierbas y de arbustos en especial perennes, a partir de la unión de enzimas después de su absorción por las hojas de la planta por tensión superficial, no por las raíces, impidiendo su crecimiento y generando una clorosis y una necrosis hasta llegar a la muerte de la planta, de manera que afecta a los cultivos de consumo, estos alimentos llegan a nuestro cuerpo, exponiéndonos a diferentes enfermedades, las fuentes hídricas que están cercanas a estos cultivos también son contaminadas con el herbicida y ha sido acogido por muchos agricultores para la fumigación de sus cultivos.</p> <p>Su mecanismo de acción corresponde a la inhibición de la síntesis de la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-p-sintetasa (EPSPS), reduciendo parcial o totalmente las malas hierbas es decir, interrumpiendo en su proceso de crecimiento, el proceso de fotosíntesis</p>

	<p>se altera generando un cambio de pigmentación, pasando del verde al amarillo lo cual indica que la planta está muriendo. El glifosato a nivel celular interviene en su división, afectando el proceso de reproducción celular, generando mutaciones, los problemas de salud en humanos por el uso de este herbicida están relacionados con la aparición de cáncer y del linfoma no-hodgkin, cáncer de mama, erupciones en la piel, alteraciones genéticas y en casos leves vómito y diarrea.</p>
<p>Dilemas éticos y morales</p>	<p>Es evidente que el uso del glifosato contribuye a la erradicación de cultivos ilícitos en pro de una lucha contra el narcotráfico a cualquier costo, se debe impedir el uso de este herbicida teniendo en cuenta, que causa efectos adversos en la salud y en el medio ambiente. Su uso ha sido suspendido en el ámbito agrícola, ya que la sustancia se ha clasificado de tipo 2A, es decir, aquella que puede causar cáncer en los seres humanos, según la OMS. Solo se ve el interés monetario priorizando la obtención de bienes materiales, frente al daño ambiental que causa en los cultivos tradicionales, flora, fauna y la salud humana. Causa desplazamiento de las familias campesinas hacia las urbes, ya que al usar el glifosato, el cual es un compuesto no selectivo acaba tanto con las malezas y con los cultivos productivos, provocando pérdidas económicas y volviendo las tierras infértiles. Las implicaciones éticas y morales dependen de las perspectivas y de los intereses de los diferentes actores involucrados; para la empresa el resultado de los estudios realizados con respecto a los beneficios que aparentemente genera el uso del herbicida para los agricultores y consumidores de los productos alimenticios puesto que no ofrecen calidad provocando un perjuicio económico y de salud. Estos productos han sido comercializados sin ningún principio ético y utilizando publicidad engañosa.</p>
<p>Implicaciones sociopolíticas</p>	<p>La industria agrícola quiere controlar el mercado mundial, modificando las semillas, teniendo en cuenta que el campesino debe comprar la propiedad intelectual a la empresa, además de la compra de insumos para acabar con la maleza, impiden que se realice estudios científicos que demuestren deficiencias en el producto, implementando leyes acerca de las patentes. Se evitan las investigaciones por otras entidades para que no existan publicaciones o discusiones negativas en torno a sus productos como ha ocurrido anteriormente, como por ejemplo la controversia generada por la producción y el uso de los PCB's.</p> <p>Al campesino Colombiano se le deben ofrecer beneficios y garantías sobre el uso de este tipo de compuestos, para erradicar el problema de los cultivos ilícitos es necesario tener en cuenta que es un problema de orden social y económico. El uso de los herbicidas solo genera implicaciones nefastas para el hombre y el ambiente, no se podría mitigar el impacto ambiental que generan estos productos tóxicos. Es probable que se puedan implementar otro tipo de herbicida teniendo en cuenta que éste, debe tener el menor impacto ambiental posible, en los cultivos lícitos y en la salud humana.</p> <p>El gobierno en su afán por desgastar las grupos alzados en armas, busca acabar con su principal fuente de ingresos, los cultivos ilícitos, para lo cual utilizan el glifosato sin tener en cuenta las consecuencias socioambientales que genera al bienestar del campesino Colombiano. La falta de cultura de la población, el desinterés del gobierno y las multinacionales generan un consumo excesivo de estos productos que benefician al gobierno y a la empresa productora, no obstante desinforman a los consumidores en el etiquetado del producto y no anexan una hoja de seguridad para su respectiva manipulación.</p> <p>Las opiniones que deben primar son las de los científicos que buscan demostrar los verdaderos efectos del glifosato y la de los agricultores víctimas del mismo, pues ellos son la evidencia real del daño provocado por su uso.</p>
<p>Aspectos controversiales</p>	<p>Porque el uso de las semillas trae consigo cláusulas que no permiten su investigación, se ocultan los estudios fidedignos con el fin de no afectar la comercialización de Roundup® ni de los OGM, a tal punto que la empresa tiene estrechos vínculos con entes reguladores, políticos, de control ambiental y bioquímico que modifican las leyes para su beneficio como no sembrar semillas naturales. La falta de recursos, es un factor importante, ya que para realizar un estudio robusto y serio se requieren dinero y tiempo. Además para dichas organizaciones los estudios son realizados directamente por los productores y aunque estos estudios no están realizados bajo los parámetros necesarios para obtener resultados confiables siguen siendo válidos.</p> <p>El uso de este producto tiene monopolizada la industria agrícola lo que le impide a los campesinos y agricultores tener diferentes alternativas. Para muchos campesinos que utilizan semillas genéticamente modificadas para resistir herbicidas como el Roundup®, por lo cual la cosecha del producto se vuelve más rápida y eficiente generando más ingresos económicos.</p>

	<p>No les conviene divulgar sus avances científicos por fines económicos. Los entes reguladores deberían cumplir a cabalidad su función informando sobre las consecuencias reales del uso de este tipo de productos. La empresa, debe tener conocimiento acerca de los efectos colaterales que tiene el uso de estos productos pero los estudios no son divulgados porque la empresa se puede ver implicada como responsable de los diferentes casos de muertes o enfermedades como mutaciones, cáncer, diabetes, entre otras a causa de sus productos tóxicos, ya sea en el proceso de producción o de consumo. Lo ideal sería que esta información viniera especificada en el producto para que su consumo sea responsable.</p> <p>La multinacional y algunos campesinos defienden el uso de los OGM puesto que son resistentes al Roundup® y de esta manera no tienen pérdidas económicas ni de tiempo en el cultivo y la cosecha de estas semillas, las cuales han sido modificadas, adicionando una proteína en su ADN, por lo cual a muchos agricultores se les hace favorable el uso de este tipo de semillas. Respecto a la empresa, le conviene el consumo de sus productos pues generan abundantes ingresos, mientras que los campesinos se encuentran en desventaja ya que son semillas que necesitan glifosato para su desarrollo y en consecuencia se genera un doble impacto ambiental y la salud humana.</p>
<p>Impactos socioambientales</p>	<p>Las indemnizaciones económicas no son suficientes para reparar el deterioro en la salud de los campesinos ni las vidas perdidas, ya que los daños producidos son irreparables en cuanto a la salud y el ecosistema, la empresa debería buscar formas más eficientes de resarcir el daño y brindar una asistencia médica completa a los afectados. Se debería suspender la fabricación y comercialización de estos productos, la empresa debería estar en la obligación de descontaminar los lugares afectados y de construir hospitales especializados para el tratamiento de dichas patologías.</p>
<p>El papel del profesor de química</p>	<p>Es necesario e indispensable en el quehacer docente, estar informados acerca de este tipo de problemáticas, por que como profesores somos generadores de cambio en los diferentes espacios de aprendizaje, intentando concienciar acerca de las diferentes políticas socioambientales que afectan el territorio Colombiano, por medio del conocimiento científico y la divulgación social en pro de la alfabetización científica, a partir de las consecuencias que genera la elaboración de productos químicos en la población y sus implicaciones a nivel ambiental y de salud humana, permitiendo la ampliación de miradas y posturas ambientales y abordando temas de interés común sobre el desarrollo de la vida cotidiana, acercando a los estudiantes a la química y cambiando su percepción de la misma.</p>

Las preguntas realizadas en este instrumento pretendían que el estudiante valorara críticamente cada una de las declaraciones propuestas por los diferentes actores que tienen diferentes puntos de vista con respecto al uso o a la suspensión del glifosato en Colombia (Torres , 2013). Para lo cual se les presentaron cuatro declaraciones de dos campesinos, uno a favor y el otro en contra sobre el uso del glifosato, la empresa Monsanto, la comunidad científica y política.

Con respecto a la categoría basada en ciencia y tecnología los estudiantes demuestran un conocimiento más profundo y apropiado acerca de las características, uso, mecanismo de acción y enfermedades asociadas al uso del glifosato.

Frente a los dilemas éticos y morales el grupo está de acuerdo en que la comercialización de estos productos se ha hecho sin ningún principio ético, bajo publicidad engañosa, la empresa y los actores políticos no se han detenido a evaluar los graves daños causados por el uso del herbicida a la población y al medio ambiente. Afirman también que la empresa ha puesto por encima de la salud y el bienestar de la población sus intereses económicos y políticos, además el uso de cualquier tipo de herbicida, está en contra del bienestar y la salud de la población afectada y de igual manera causaran graves daños ambientales.

Frente a los aspectos controversiales afirman que los estudios científicos que realmente muestran los efectos colaterales que causa el uso del glifosato han sido encubiertos o difamados para seguir comercializando glifosato y OMG, los cuales generan una gran entrada de dinero a la industria agrícola.

Para el grupo de profesores en formación inicial es importante incluir este tipo de controversias en los espacios académicos, ya que los profesores son los encargados de generar cambios, generar posturas críticas frente al desarrollo del conocimiento, generando posturas ambientales e interés en la química cambiando la percepción que tienen sobre esta y contextualizándola con la vida diaria.

Con el debate generado a partir del instrumento se observó, como la CSC permitió establecer relaciones entre aspectos científicos, éticos, sociales, económicos y ambientales comprendiendo la ciencia como una actividad humana, permitiendo que los estudiantes analicen de manera crítica las problemáticas generadas por el uso del glifosato, pensar en diferentes estrategias para solucionar la problemática y propendiendo por el desarrollo del trabajo colaborativo (Torres , 2011).

En los procesos de educación es importante tener en cuenta la formación para la ciudadanía capacitando a los estudiantes para tomar decisiones responsables y actitudes críticas sobre problemas de actualidad sobre el impacto generado por el desarrollo científico tecnológico, para tal propósito se debe implementar en la enseñanza de las ciencias, actividades contextualizadas con enfoque CTS que incluyan situaciones controversiales con las cuales los estudiantes puedan relacionar el mundo que los rodea con la naturaleza de las ciencias, asegurado una mejor comprensión de las mismas y la toma de posturas críticas que le permiten al estudiante participar activamente en la toma de decisiones sobre cuestiones sociocientíficas (Torres , 2011).

6.1.3 Abordaje de conceptos químicos asociados al uso de glifosato en cultivos de *Lactuca sativa*.

Para finalizar el desarrollo de la secuencia didáctica se implementó con el grupo un instrumento final (Anexo E) en el cual se abordó toda la temática desarrollada durante las sesiones de trabajo con los estudiantes. Las preguntas formuladas se clasificaron con base en las características de las cuestiones sociocientíficas propuestas por Ratcliffe (2009), de la siguiente manera:

Tabla 39: Clasificación de preguntas para el abordaje de CSA sobre el Glifosato, Instrumento final.

Características de las CSC	Preguntas relacionadas
Base en la ciencia y la tecnología	1,2,4,5
Dilemas éticos y morales	3,9
Implicaciones sociopolíticas	8
Aspectos controversiales	7
Impactos socioambientales	6
El papel del profesor de química	10

Tabla 40: Tendencias de respuestas de los grupos sobre instrumento de cierre de la secuencia didáctica.

Características de las CSC	Tendencia de respuestas de los profesores en formación inicial
<p align="center">Base en la ciencia y la tecnología</p>	<p>Los plaguicidas sintéticos surgen entre 1930 y 1940 como resultado de investigaciones enfocadas al desarrollo de armas químicas que originalmente fueron probadas en insectos.</p> <p>Se denomina plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destine a controlar una plaga, incluyendo vectores de enfermedades humana o animal, especies de plantas o animales que ocasionan daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de la producción agraria y forestal. Particularmente los nitratos son bastante utilizados, estos productos deben ser lo suficientemente móviles para poder llegar a eliminar el organismo específicamente atacado. Se pueden clasificar según su estructura química en:</p> <p>Insecticidas: organoclorados, organofosforados, organosulfurados, carbamatos, formamidas, dinitrofenoles, tiocianatos orgánicos, organoestañosicos, compuestos de flúor, insecticidas naturales, azufre y arseniatos.</p> <p>Herbicidas: Sulfamato amónico, boratos, aceites derivados del petróleo, derivados organoarsenicales, ácidos fenoxialifáticos, amidas sustituidas, nitroanilinas, urea, heterociclos con nitrógeno.</p> <p>Fungicidas: Azufre, cobre, mercurio, tiozoles, dicarbixiamidas.</p>
	<p>Es un producto fitosanitario que inhibe parcial o totalmente las malas hierbas, ya que interfieren en su proceso de crecimiento.</p> <p>Se pueden clasificar según su:</p> <p>Acción: Total o selectivo</p> <p>Aplicación: Residual (Suelo) o foliar, el cual puede ser de contacto (no afectan la raíz) o sistemático (afecta la raíz)</p> <p>Momento de aplicación: Pre-siembra o post-siembra y este puede ser: pre-emergente o post-emergente.</p> <p>Antes de que un nuevo herbicida pueda venderse en cualquier país, tienen que suministrarse datos adecuados que demuestren que es seguro para ser manipulado por el operador y que los consumidores de los cultivos tratados no están en riesgo. Las toxicidades relativas se pueden comparar en forma de DL₅₀ oral o dérmica aguda para ratas (dosis ingerida o absorbida a través de la piel que es letal en el 50% de la población), mientras que la DL₅₀ aguda para ratas es útil para establecer comparaciones generales entre compuestos.</p>
	<p>Es el compuesto organofosforado más utilizado en la agricultura, el N-fosforometil glicina, perteneciente al grupo de las glicinas sustituidas, lo que corresponde a un amino fosfato análogo del aminoácido natural glicina, que tiene como fórmula química C₃H₈NO₅P, inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos de la planta como triptófano, fenilalanina y tirosina, mediante la inhibición de la enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-p-sintetasa y a otras dos enzimas que están relacionadas a la síntesis de EPSPS que son la clorismato mutasa y la preferato hidratasa.</p> <p>La enzima se encuentra al principio de la vía del ácido shikimico que convierte a los precursores en carbohidratos simples derivados de la glucólisis y la vía de la pentosa fosfato en aminoácidos aromáticos y otros metabolitos importantes en la planta. Esta enzima normalmente se encuentra en los cloroplastos, donde cataliza la reacción de shikimat-3-fosfato y fosfenolpiruvato para formar 5-enolpiruvatoshikimato-3-fosfato el cual es un precursor de aminoácidos aromáticos y en última instancia de proteínas, hormonas, vitaminas y otros metabolitos esenciales para las planta. Las similitudes estructurales con el fosfenolpiruvato permiten al glifosato unirse al lugar de unión del sustrato de EPSPS para inhibir su actividad y bloquear su integración al cloroplasto.</p> <p>Dado que el sitio activo de la enzima es muy constante en las plantas superiores el glifosato afecta un amplio espectro de malezas indiscriminadamente, produciendo una ineficiencia en los ácidos aromáticos, lo que eventualmente provoca la muerte de la planta a causa de desnutrición.</p> <p>La agencia internacional para el estudio del cáncer de la organización mundial de la salud con sede en Lyon Francia lo clasificó como una sustancia tipo 2A, es decir, aquella que puede causar cáncer en los humanos, luego de que se encontrara una relación directa entre el herbicida y el desarrollo del linfoma non hodgkin es decir cáncer de tipo linfático.</p>

	<p>El glifosato se une fuertemente a la arcilla y a la materia orgánica de los suelos y sedimentos, por lo que no es absorbido por las raíces de las plantas, se degrada con rapidez para convertirse en AMPA (ácido aminometilfosfónico), el glifosato tiene la capacidad de filtrarse desde la planta por su raíz hasta llegar al suelo incrementando su concentración, afecta los organismos acuáticos, su funcionalidad y su estructura, retarda el crecimiento de las algas y peces su tiempo de vida media va desde días, semanas y hasta meses. Su comportamiento en suelos está fuertemente influenciado por las características del suelo como potencial de fijación del fosforo, contenido de hierro disponible para las plantas, pH, capacidad de intercambio catiónico y contenido de arena, entre otras.</p>
Dilemas éticos y morales	<p>No se deben utilizar herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos ya que el objetivo es únicamente combatir los cultivos de coca y marihuana de forma rápida y segura, la cual ocasiona efectos secundarios adversos al ecosistema y a los agricultores, por ejemplo en el Putumayo las comunidades indígenas han tenido que combatir con aquellas afectaciones por casos como estos el consejo de estado ha emitido al menos 23 sentencias, entre ellas una en el 2013 para proteger a 60 familias de Policarpa, Nariño.</p> <p>En estas operaciones aéreas pueden darse condiciones generadoras de potenciales efectos secundarios ambientales y sociales, a veces es necesario descargar en pleno vuelo el herbicida para garantizar la vida de la tripulación.</p> <p>El crecimiento y la expansión de cultivos ilícitos está estrechamente relacionado con las problemáticas de las áreas rurales por lo que es necesario combatir las drogas con soluciones integrales, sistemáticas y sostenibles que incluya las variables ambientales, culturales, éticas, sociales, políticas y económicas del país.</p> <p>A lo largo de la historia, con el propósito de eliminar y contrarrestar estas pérdidas, el ser humano ha desarrollado diversas tecnologías y ha implementado infinidad de programas de control en todo el mundo, las plagas se encuentran entre los factores limitantes más importantes de la productividad de los sistemas agroforestales y pecuarios, los cuales son los responsables del 37 al 50% de las pérdidas en la agricultura. A nivel mundial se venden más de 800 ingredientes activos en decenas de miles de formulaciones de plaguicidas, el desarrollo de esta industria ha sido un avance científico importante que favorece a la agricultura pero que afecta el ambiente, los seres humanos y los animales, en pruebas con animales se ha encontrado que algunos agentes que causan mutaciones también causan cáncer o defectos de nacimiento, efecto que se ha encontrado en plaguicidas como captan, dimetoato y endosulfan.</p>
Implicaciones sociopolíticas	<p>No son suficientes, aunque se han prohibido las aspersiones con glifosato y su uso en reservas y parques naturales, sigue siendo comercializado y utilizado en zonas rurales, asentamientos campesinos o resguardos indígenas a los cuales se les sigue vulnerando su salud.</p> <p>El glifosato sigue siendo comercializado para fumigar cultivos lícitos y los campesinos que lo utilizan no conocen la normatividad de manejo de este tipo de sustancias, ni los efectos secundarios que causa, por lo tanto se sigue exponiendo a una buena parte de la población a riesgos innecesarios y a aumentar la contaminación del ecosistema con este herbicida.</p>
Aspectos controversiales	<p>La ineficacia de la política queda inconclusa, los cultivos de coca vuelven a aparecer, a pesar de las fumigaciones sin importar las implicaciones que conlleva el uso del glifosato a nivel social, económico y ambiental ya que el motivo esencial de dicha erradicación es la erradicación de cultivos ilícitos y sus consecuencias en el territorio Colombiano. La economía de los campesinos se ve seriamente afectada por la destrucción de cultivos lícitos que sirven para el sustento de esta población.</p>
Impactos socioambientales	<p>Se han encontrado niveles más elevados de AMPA que de glifosato en aguas subterráneas, el uso intensivo de este compuesto significa que existe un riesgo potencial de que se contaminen las aguas superficiales como resultado de la pulverización, escurrimiento o carencia en las buenas prácticas agrícolas. El glifosato genera afectaciones en la salud humana como el cáncer ya sea por el consumo de alimentos tratados con el químico por uso inadecuado del riego agrícola.</p> <p>Cuando se realizan aspersiones aéreas no existe control del lugar donde cae el compuesto ni de los cultivos que están entrando en contacto con este herbicida.</p>
El papel del profesor de química	<p>Es importante porque permite al estudiante tomar conciencia sobre las diferentes problemáticas ambientales relacionadas al desarrollo científico y sobre la toma de decisiones sobre si estos desarrollos deben o no ser implementados teniendo en cuenta su relación efecto-beneficio si tiene o no un efecto negativo ambiental y socialmente. Permite articular los campos disciplinares con los sociales y culturales para generar controversias de cambio e iniciativas sociales que involucren la ciencia como sistema de evolución cambio.</p> <p>Es importante realizar esta inclusión ya que se debe tener conocimiento del impacto en el medio ambiente o que este cuente con un aval o una licencia ambiental.</p> <p>Este tipo de inclusión debe estar orientada a usuarios de proyectos, obras o actividades</p>

Con la implementación del instrumento final se observó cómo, con el desarrollo de la secuencia didáctica planteada en este trabajo y la inclusión de debates sobre CSC se pudo hacer uso de la competencia científica, generando actitudes positivas hacia la ciencia con un aprendizaje significativo de los contenidos que se trabajaron en química orgánica y mejorando progresivamente la calidad de su discurso frente a conceptos como estructura, mecanismo de acción, composición, identificación, toxicidad, biodisponibilidad y bioacumulación del glifosato, rutas metabólicas de enzimas, síntesis de aminoácidos y como estos afectan en el desarrollo y crecimiento de la planta, historia, desarrollo, caracterización, uso de los plaguicidas y de los herbicidas. La evolución del discurso de los estudiantes se puede evidenciar por la diversidad de elementos utilizados, por la calidad, coherencia y las justificaciones con las que presentan su postura frente a la controversia basadas en el desarrollo del conocimiento científico (Ruíz & Solves , 2013).

El uso de la controversia les permitió a los estudiantes asumir una postura crítica y reflexiva, en muchos casos, incluso un cambio de opinión frente al uso del glifosato en Colombia desde las evidencias científicas que demuestran que el uso de este herbicida está perjudicando la calidad de vida de la sociedad Colombiana en particular y está generando problemas ambientales serios al ecosistema. Argumentado falta de políticas ambientales y de interés por parte del gobierno que promuevan el bienestar de la sociedad y el ambiente (Torres , 2011).

También permitió a los estudiantes desarrollar la temática en un ambiente participativo, fortaleciendo la interpretación y la argumentación de los diferentes puntos de vista del grupo frente a un trabajo en colaborativo, generando actitudes críticas y reflexivas sobre los impactos causados por el desarrollo científico (Torres , 2011).

Este tipo de trabajos en los espacios de los PQFI involucró el entendimiento conceptual, el procedimental, es decir cómo se genera la evidencia científica y como se toman decisiones frente a la controversia y el reconocimiento de valores personales y sociales, puesto que al considerar el desarrollo de la secuencia es inevitable que los estudiantes examinen la temática desde sus valores y que tengan en cuenta los valores de los otros para la toma de decisiones, de conceptos éticos y de responsabilidades por lo tanto se deben incluir en los currículos ya que los profesores de ciencias, por lo general solo se centran en la teoría y no en sus implicaciones sociales y en la realidad actual. Lo cual implica una toma de decisiones de forma consciente, desarrollo argumentativo, la inclusión de modelo epistemológico de controversia y el razonamiento basado en valores. Se generó experiencia y novedad compartiendo puntos de vista críticos basados en la ética y la moral sobre la controversia, el trabajo en equipos reforzando el aprendizaje significativo y colaborativo (Ratcliffe, 2009).

7. CONCLUSIONES

- La implementación de la secuencia didáctica en la interrelación de conceptos químicos cuando se abordan controversias socioambientales asociadas al uso del glifosato en Colombia permitió espacios de discusión y cuestionamiento frente a las diversas posiciones de los distintos actores involucrados en la controversia utilizando el conocimiento científico y los contenidos de química orgánica para fundamentar las diferentes posturas de los estudiantes, mejorando la calidad de sus procesos argumentativos, estableciendo relaciones entre aspectos científicos, éticos, morales, sociales, económicos y ambientales, permitiendo así una postura crítica por parte de los profesores de química en formación inicial que les permite ser ciudadanos participativos frente al desarrollo científico del país.
- La caracterización de CSC asociadas al uso del glifosato en cultivos de *Lactuca sativa* con profesores de química en formación inicial mediante el desarrollo e implementación de una secuencia didáctica generó un aprendizaje significativo para los estudiantes, evitando las ideas deformadas de la ciencia y relacionando el avance científico y tecnológico de forma contextualizada como una actividad humana que puede generar impactos negativos para la sociedad. En los procesos educativos es importante tener en cuenta la formación para la ciudadanía capacitando a los estudiantes para tomar decisiones responsables y actitudes críticas sobre problemas de actualidad y el impacto generado por el desarrollo científico tecnológico.
- Con el desarrollo de la secuencia didáctica se pudo determinar la concentración efectiva media de inhibición del crecimiento de semillas bioindicadoras de *Lactuca sativa*, a partir del uso de una fórmula comercial de glifosato y evaluar su fitotoxicidad mediante bioensayos de germinación observando la disminución en el crecimiento de las radículas sembradas a diferentes concentraciones del herbicida en los tres protocolos experimentales, con estos resultados se confirmó que el glifosato o N-fosforometilglicina es un herbicida de amplio espectro, post-emergente, no selectivo que actúa sobre la parte superior de la planta y se transporta por medio del xilema y el floema inhibiendo la síntesis de la enzima 5-enolpiruvil shikimato -3-P sintetasa, lo cual interfiere en la síntesis de los aminoácidos fenilalanina, tirosina y triptófano, afectando el crecimiento de la planta llevándola a una clorosis y finalmente a una necrosis de todos los tejidos.
- Se abordaron conceptos químicos asociados al uso del glifosato desde el enfoque de CSC identificando factores que intervienen en la biodisponibilidad del glifosato como el porcentaje de materia orgánica, ya que el aumento de absorción de glifosato en suelos es directamente

proporcional a la cantidad de materia orgánica que posea, su caracterización textural, puesto que si el suelo tiene mayor contenido de arcillas aumenta la cantidad de glifosato absorbido por el suelo, el pH debido a que este valor es inversamente proporcional con la absorción, la homogenización y esterilización de las muestras de suelo ya que la degradación del compuesto se da por medio de microorganismos y bacterias, las concentraciones de glifosato teniendo en cuenta que a mayor concentración mayor será su efecto herbicida y su acumulación en el ambiente y finalmente su resistencia a la exposición a la luz solar.

8. RECOMENDACIONES

- Se debe aumentar el tiempo de exposición de las semillas al glifosato, utilizar una variación mayor en las concentraciones de glifosato e incluso aumentarlas mejorando así la confiabilidad de los datos.
- Para los bioensayos se recomienda utilizar semillas que tengan una longitud radical similar disminuyendo así la dispersión en los datos.
- Aumentar el tiempo de la exposición del glifosato a la luz solar para obtener mejores resultados.
- La disposición de los residuos sólidos obtenidos en las prácticas de laboratorio deben ser desechados en bolsas rojas de bioseguridad y los residuos líquidos en colectores de compuestos orgánicos no halogenados.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Monsanto*. (2013). Recuperado el 01 de 09 de 2015, de <http://www.monsanto.com/global/es/quienes-somos/pages/default.aspx>
- Cruz Lugo, A. L. (2007). Correlación del método Kjendahl con el método de combustión Dumas automatizado para determinación de proteína en alimentos. Pachuca de Soto , México .
- Daza Rosales, S. F., Arrieta Vergara, J. R., Ríos Carrascal, O., & Crespo Rojas, C. A. (2011). Ciencia/Tecnología/Sociedad/Ambiente: Algunos elementos a tener en cuenta en un proceso de renovación de la enseñanza de las ciencias. *CITECSA*, 50 - 68.
- Díaz Moreno, N., & Jiménez Liso , M. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciecias* , 54 - 70.

- Economía, S. d. (2001). Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba . México.
- EL TIEMPO.COM. (15 de Mayo de 2015). Es oficial: Termina era del glifosato en fumigaciones en Colombia. *El Tiempo*.
- EL TIEMPO.COM. (4 de Mayo de 2016). Consejo de Estupefacientes avala fumigación terrestre con glifosato. *EL TIEMPO* .
- EL TIEMPO.COM. (4 de Mayo de 2016). En seis meses comenzaran fumigaciones terrestres con glifosato. *El Tiempo*.
- Fernández, N. E., Etel Pujol, E., & Maher, E. (2012). *Los Plaguicidas aquí y ahora*. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.
- Forero, C., Rodríguez, E., & Fuentes, C. (27 de 05 de 2004). Detección de residuos biodisponibles de glifosato en aguas y suelos: Optimización de una técnica de bioensayos con plantas indicadoras. *Agronomía Colombiana* , 63 - 73.
- Foti, M., & Lallana, V. (2014). Detección de glifosato en el percolado de muestras de suelo de un lote agrícola a través de bioensayos de germinación con semillas de *Lactuca Sativa* L. *Revista FABISCIB*, 107 - 118.
- Gómez, M., & Moreno, P. (1991). *Manual de Prácticas de Laboratorio*. 2da Edición, Fondo Nacional .
- Heno Muñoz, L. M., Triana Velásquez, T. M., & Bernal Bautista, M. (14 de 05 de 2014). Evaluación de la toxicidad de dos agroquímicos, Roundup activo y Cosmo-Flux 411, en renacuajos de anuros Colombianos . Ibagué, Colombia.
- Hernández, P. G. (05 de 2012). Herbicidas orgánicos Vs. Herbicidas químicos . México, Veracruz .
- Herrera, M. A. (2011). Implementación de una metodología para la determinación de glifosato en muestras de agua. Bucaramanga, Santander, Colombia.
- Lozano Urbina, L., Romero Bohórquez, A., & Urbina González, J. (2013). *Manual de Prácticas de Laboratorio I de Química Orgánica* . Bucaramanga, Colombia .

- Martínez , L., Villamil, Y., & Peña , D. (06 de 2006). Relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente a partir de casos simulados.
- Martínez, L., Parga , D., & Gómez , D. (2012). Cuestiones sociocientíficas en la Formación de Profesores de Ciencias. *Asociación Colombiana para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT*, 139-151.
- Organizatio World Heald. (2009). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification.
- Pardo, A. F. (2014). Contaminación en suelos de la provincia de Buenos Aires con el herbicida organofosforado (glifosato): impacto sobre la comunidad de hongos filamentosos. Buenos Aires , Argentina .
- Peréz Pérez , J., Garcia Rodríguez , L., Veitía , N., Bermudez , I., Collado Lopéz , R., & Torres Rodríguez , D. (2015). Determinación de la Concentración Mínima Letal de Glufosinato de Amonio para Seleccionar Embriones Somáticos Transformados de Soya Cultivar Incasoy-27. *Cultivos Tropicales* , 58-63.
- Plazas, S. G. (Julio de 2006). *El programa de erradicación de cultivos ilícitos mediante aspersión aérea de glifosato: hacia la clarificación de la política y su debate* . Bogotá : Universidad del Rosario .
- Quintero, C. A. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): Perspectivas Educativas para Colombia. *Revista del Instituto de Estudios en Educación Universidad del Norte*, 222 - 239.
- Rafaela Stela Benítez. (05 de 2012). Plaguicidas y efectos sobre la salud humana: Un estado del arte. México.
- Ratcliffe, M. (2009). Teh place of socio-scientific issues in citizenship education. . *Human Rights and Citizenship Education*, 12 - 16 .
- Ríos, E., & Solbes , J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electronica de Enseñanza para las Ciencias* , 32 - 55.
- Rivera, A. D. (2008). Efecto citotóxico y genotóxico del glifosato en linfocitos humanos . Mexico, Veracruz .

- Rodríguez , B., & Martínez , L. (2014). La Legalización de la Droga en Colombia. Controversia Sociocientífica en el Marco de Formación de Docentes en Ejercicio. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, 158-163.
- Ruíz , J., & Solves , J. (2013). *Los Debates sociocientíficos: un recurso para potenciar la competencia argumentativa en las clases de Física y Química*. Valencia.
- Serpá , I., Calvo, K., Torres Monserrat , V., Carbonaro , M., Martinez , M. Á., Rodríguez , M., y otros. (2015). Efectos del Glifosato sobre el endometrio de ratas hembras. Rosario, Argentina .
- Solves , J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción . *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* , 1- 10.
- Torres , N. (2011). Las cuestiones sociocientíficas como estrategia didáctica para el desarrollo del trabajo colaborativo en el aula de clase. *Revista "Entre Comillas"*, 45 - 52.
- Torres , N. (2013). el uso del glifosato una cuestion sociocientífica como contribución al cuestionamiento de la información. *Bio-grafía escritos sobre la biología y su enseñanza*, 903 - 911.
- Torres Wilches, M. (2006). *Principios de toxicología en la formación farmacéutica* . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

10. ANEXOS

ANEXO A
(Rúbrica de validación)

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
TRABAJO DE GRADO
ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA EN FORMACIÓN
INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA
RÚBRICA DE VALIDACIÓN
Laura Catalina Contreras Rodríguez

A continuación encontrará una rúbrica de validación de los instrumentos que se diseñaron, orientados a profesores de química en formación inicial del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Se le solicita muy comedidamente emitir su concepto acerca de los mismos. Si el instrumento cumple con los ítems establecidos calificar entre 50 – 40; si cumple parcialmente entre 39 – 30 y si no cumple con los parámetros establecidos entre 29 – 10.

ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA				
ITEM	Cumple	Cumple parcialmente	No cumple	Observaciones
La secuencia didáctica propuesta permite abordar el problema y los objetivos planteados en el proyecto de investigación.		x		Cuáles son los objetivos....de la tesis o de cada actividad.. No se mencionaron los de la tesis... no se explicó para que se hacen las preguntas, referentes..
La secuencia didáctica propuesta permite hacer una articulación desde los enfoques CTSA con los problemas ambientales y de salud humana generados por el uso del glifosato en Colombia.		x		Parece muy de opinión y superficial el aspecto que se aborda con la noticia...
La actividad inicial permite conocer las ideas sobre CTSA y glifosato de los estudiantes.		x		Son preguntas confusas entre herbicida, plaguicida.. la visión CTSA es muy superficial, no hay referentes
La redacción, ortografía y diseño de las actividades son pertinentes para abordar la temática del proyecto de grado.		x		La redacción está bien, la ortografía, pero el diseño de actividades es superficial y solo deja bosquejo de opinión en el instrumento final menciona lo curricular, entonces se desea implementar secuencia para ver la necesidad de reflexión, o se va a elaborar propuesta curricular... no entendí
La noticia de actualidad citada en la actividad inicial permite abordar la problemática ambiental generada por el uso del glifosato en Colombia.		x		No se aprovecha la noticia, se hace preguntas superficiales y no se dan otros referentes de tipo social, cultural, tecnológico, político, ético ni ambiental.
Las actividades de laboratorio propuestas dan cuenta de los objetivos planteados en el trabajo.		x		Las practicas se asumen como recetas... no hay preguntas de reflexión, de direccionalidad de análisis ...
El desarrollo de las actividades de laboratorio permiten el abordaje de la temática desde el		x		Solo dejaría ver la posición científica

enfoque CTSA				
El instrumento final permite conocer las ideas sobre CTSA y glifosato de los estudiantes a partir del trabajo realizado.		x		Considero que hay buenas practicas e intenciones, pero debería definir cuál es la controversia, hacerla discutible y saber cómo la evalúa.

Gracias por su concepto académico,

NOBRE DEL EXPERTO: Blanca Rodríguez Hernández

FORMACIÓN: Licenciada en Química, Ingeniera de Alimentos, Mg Modelos de Enseñanza Problemática, Estudiante de doctorado en educación en ciencias.

ANEXO B
(Instrumento de ideas previas)

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA EN FORMACIÓN
INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA
TRABAJO DE GRADO: INSTRUMENTO DE IDEAS PREVIAS**

A continuación se presentan cinco preguntas a las cuales se le solicita de manera cordial que responda a dichas preguntas con las cuales se pretende identificar los conocimientos previos acerca de los plaguicidas, específicamente del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia.

1. ¿Conoce algún tipo de plaguicida? ¿Sí, No? ¿Cuáles?
2. ¿Conoce algún tipo de herbicida? ¿Sí, No? ¿Cuáles?
3. ¿Considera que se deben utilizar herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos? ¿Sí, no? ¿Por qué?
4. ¿Conoce la composición química del glifosato y cómo se clasifica?
5. ¿Cómo actúa el glifosato en el ambiente?
6. ¿Cree usted que las aspersiones con glifosato generan contaminación a nivel ambiental y afectan la salud humana? Explique su respuesta.

**TRABAJO DE GRADO: ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA
EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA
INSTRUMENTO DE IDEAS PREVIAS**

A continuación encontrara una noticia extraída del periódico El Tiempo del día 22 de Mayo del 2015.

Manuel Vicente, un rostro de las víctimas del glifosato

Por: PAOLA AVENDAÑO S. |

3:11 p.m. | 22 de mayo de 2015

Manuel Vicente Durango Osorio, quien por efectos de seguridad prefiere no ser retratado, es uno de los miles de campesinos afectados por la erradicación de cultivos ilícitos con el uso de glifosato. Trabajaba en la finca Vista Hermosa, ubicada en el municipio de San Pablo, en el sur del Bolívar, en la vereda Alto San Juan. Durango, al igual que un gran número de ambientalistas, defensores de derechos humanos y científicos, entre otros, se opone a la aspersión con glifosato al considerar que esta práctica es una manera inadecuada de combatir el narcotráfico, que genera más daños que beneficios, especialmente en términos de salud.

Manuel cuenta que, entre el 2009 y el 2010, sus seis hijos, su esposa y él presentaron síntomas de diarrea, vómito y brotes en la piel cuando el Gobierno implementó la aspersión con glifosato en el territorio donde habita. Aunque hoy no hay un dictamen final que determine que el glifosato es el causante de estas enfermedades, este campesino asegura que dicho químico es el culpable.

“Inicialmente pensamos que podían ser virales, pero después de que los niños se enfermaron tanto y tan gravemente, nos dimos cuenta de que era por el glifosato. Así algunos digan que no, este químico sí enferma a las personas y sobre todo a los niños”, comenta este hombre.

Manuel narra que al principio tuvo que llevar a una de sus hijas al centro médico de San Pablo, pero por la gravedad del estado de salud de ella, tuvo que acudir al Hospital Central de Cantagallo. Aunque en este centro asistencial no le atribuyeron al glifosato los síntomas que presentaba la menor, este campesino asegura que los periodos de aspersión coinciden con el momento en que su pequeña enfermó.

El debate parece haberle dado la razón a este hombre, después de que el pasado 14 de mayo el Consejo Nacional de Estupefacientes determinara la suspensión del uso del glifosato en las fumigaciones de narcocultivos, a solicitud del ministro de Salud, Alejandro Gaviria, quien argumentó su postura basado en un estudio de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (que forma parte de la Organización Mundial de la Salud, OMS), en la que se señala que las aspersiones con este químico pueden causar cáncer.

El funcionario también fundamentó su posición en un auto de la Corte Constitucional en el que se pide la aplicación inmediata del principio de precaución, ante la existencia de dudas sobre el impacto de esta sustancia en el medioambiente y la salud humana.

Por su parte, voces opositoras al Gobierno y a campesinos como Manuel afirman que la solicitud del ministro no es correcta. Para el procurador General de la República, Alejandro Ordóñez, sin aspersiones se corre el riesgo de que “la sociedad nade en coca en los próximos años”.

Así mismo, el expresidente Álvaro Uribe afirma: “El organismo técnico de la OEA dijo en varias ocasiones que el glifosato, adecuadamente utilizado, no es nocivo”.

El glifosato y el daño en los cultivos de los campesinos:

En el 2007, Manuel hizo parte de un préstamo colectivo en el que se le adjudicaron cinco hectáreas de cacao, una hectárea y media de yuca y una de plátano, como parte de un proyecto del Gobierno en el que se busca incentivar el cultivo lícito y erradicar la coca.

Sin embargo, aunque estas iniciativas buscan fortalecer las condiciones para el desarrollo humano, territorial y socioeconómico de la región, los resultados se quedan cortos cuando los habitantes se tienen que enfrentar a este tipo de fumigaciones.

“Hace cinco o seis años se presentaron dos fumigaciones con glifosato, perdimos todos los cultivos que había en la finca Vista Hermosa. Los cultivos de cacao, plátano, yuca y hasta los árboles maderables quedaron totalmente destrozados”, comenta Durango.

Según él, el balance hecho por las fundaciones y entidades que respaldan a las víctimas y la erradicación con glifosato indica que le generó pérdidas que superan los 35 millones de pesos por hectárea cultivada de cacao, un valor mayor a los 185 millones si también se le suma la siembra de yuca, plátano y madera. Hasta el momento no ha recibido ninguna indemnización por parte del Gobierno, comenta Manuel.

Este hombre considera que el uso del glifosato solo genera enfermedad y desigualdad, y prueba de ello es que a pesar de tener su propia finca, debe trabajar cultivando el terreno de otros y haciendo oficios varios para sobrevivir, pues en sus tierras nada crece luego de las aspersiones. “Todo es rastrojo”, relata.

Para Manuel, el uso de esta sustancia también genera un problema social que se refleja en el desplazamiento y en la siembra de más cultivos ilícitos, pues los ciudadanos se ven obligados a emigrar a los cascos urbanos o a retornar a la siembra de coca. Este hombre prefiere no ser retratado por términos de seguridad.

“Esta sustancia es nociva para la siembra de productos agrícolas, la tierra afectada tarda entre 20 y 25 años para volver a ser fértil, mientras que para la coca se convierte en un ‘abono’ en el que a los tres meses se puede volver a cultivar el negocio de la muerte”, dice.

PAOLA
ELTIEMPO.COM

AVENDAÑO

S.

El glifosato puede causar cáncer, dice la OMS

Es uno de los cinco pesticidas con agentes cancerígenos, según la Organización Mundial de la Salud.

Por: AFP |

12:42 p.m. | 27 de marzo de 2015

Cinco pesticidas, entre ellos uno de los más utilizados en el mundo, fueron calificados como "posibles" o "probables" cancerígenos por la agencia del cáncer de la Organización Mundial de la Salud.

El glifosato, presente entre otros en el Roundup, uno de los herbicidas más vendidos, y los insecticidas malatión y diazinón fueron clasificados cancerígenos "probables para el hombre" aunque las "pruebas son limitadas" según la Agencia internacional de investigación sobre el cáncer (IARC), cuya sede se halla en Lyon (centro-este de Francia).

El glifosato es usado en Colombia para erradicar los cultivos ilícitos y recientemente el Consejo de Estado prohibió su aspersión en territorios comprendidos dentro de los parques naturales del país.

Los insecticidas tetraclorvinfos y paratión, que ya son objeto de prohibición o restricciones en varios países, fueron clasificados cancerígenos "posibles".

La clasificación de la IARC no tiene sin embargo un carácter obligatorio para los Estados. "Le corresponde a los gobiernos y a las demás organizaciones internacionales recomendar reglamentaciones, legislaciones o intervenciones de salud pública", indica la agencia en un comunicado.

El glifosato es el herbicida cuya producción es más importante en volumen en todo el mundo. Además de la agricultura, donde su uso ha aumentado de forma sensible, es también utilizado en los bosques y por los particulares en sus jardines.

Se ha hallado glifosato en el aire, en el agua y en la alimentación, según la IARC, que precisa que la población está expuesta cuando reside cerca de las zonas tratadas.

Los niveles de exposición observados son sin embargo "generalmente bajos", según la agencia.

En lo referente a los riesgos cancerígenos del glifosato y de los insecticidas malatión y diazinón, la IARC destaca que existen "pruebas limitadas" en el caso del hombre, en lo referente a linfomas no hodgkinianos, los cánceres de sangre.

La agencia cita igualmente el cáncer de próstata en el caso del malatión, que sigue siendo utilizado de forma importante por los agricultores, y el cáncer de pulmón para el diazinón, cuya utilización, limitada, está en baja tras las restricciones impuestas en 2006 por Estados Unidos y Europa.

Evaluación de riesgos

Los riesgos han sido evaluados basándose en estudios de exposición agrícola llevados a cabo en particular en Estados Unidos y Canadá, así como en animales en laboratorios. Pero la IARC indica haber tenido en cuenta igualmente los trabajos de la agencia estadounidense de protección medioambiental que, tras haber clasificado el glifosato como "cancerígeno posible para el hombre" en 1985, dio marcha atrás en 1991.

Para la IARC, existen hoy "suficientes pruebas de su carácter cancerígeno gracias a experiencias animales". El grupo Monsanto, que fabrica el Roundup, expresó el viernes su desacuerdo con las conclusiones de la agencia. En un comunicado divulgado por internet, Monsanto destaca que la clasificación de la IARC no establece relación entre el glifosato y un riesgo añadido de cáncer.

Recuerda además que la IARC, en el pasado, había clasificado entre los "cancerígenos probables" a productos como el café o los teléfonos móviles.

Varios expertos, citados por el Science Media Center, se mantienen cautos. "Las pruebas exhibidas son frágiles", opina el Dr Oliver Jones de la Universidad de Melbourne, mientras el profesor Alan Boobis del Colegio Imperial de farmacología bioquímica de Londres destaca la dificultad de establecer una "relación de causa a efecto".

Se le solicita amablemente responder a las siguientes preguntas teniendo en cuenta las noticias presentadas anteriormente.

1. ¿Cómo afecta la salud humana el uso del glifosato?
2. ¿El desarrollo económico, social y cultural de la población campesina se ve afectada por el uso del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos? ¿Por qué?
3. ¿Cuál es su postura frente a la polémica generada por el uso del glifosato en Colombia?
4. Como profesor en formación inicial ¿Considera necesario relacionar los problemas ambientales generados por el desarrollo científico y tecnológico con el uso de plaguicidas?
5. ¿Para qué Colombia "no nade en coca" como afirma el procurador general de la nación es necesario fumigar los cultivos ilícitos con glifosato?
6. Según la nueva clasificación de la IRAC el glifosato es considerado como cancerígeno ¿Son suficientes las medidas tomadas por el gobierno frente al uso del glifosato en Colombia?
7. ¿El uso y las pruebas de los diferentes herbicidas e insecticidas que ha desarrollado la industria ha sido adecuado?
8. ¿Cómo deberían intervenir los gobiernos la legislación que regula el uso de herbicidas como el glifosato teniendo en cuenta su nueva clasificación y la importancia que han tenido a nivel político, económico y social?

ANEXO C

(Procedimientos de laboratorio)

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TRABAJO DE GRADO: ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA
EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA
LABORATORIO

La descontextualización de las ciencias, como la química en los diferentes niveles de escolaridad, ha generado una brecha entre el desarrollo científico y el impacto social y ambiental que puede generar, ya que los estudiantes no relacionan el avance de las ciencias con el mundo que los rodea, es necesario que los profesores de química en formación inicial sean capaces de relacionar el conocimiento científico con el impacto ambiental y social permitiéndoles participar activamente en las discusiones polémicas generadas a partir de la controversia sociocientífica generada por el uso del glifosato como herbicida en la erradicación de cultivos ilícitos en Colombia evaluando su fitotoxicidad, su cinética de desaparición en agua y la biodisponibilidad del mismo en el suelo a partir de bioensayos de germinación con semillas de *Lactuca Sativa* (Lechuga) puesto que se ha demostrado que esta especie vegetal es altamente sensible a la exposición a glifosato.

Análisis Elemental:

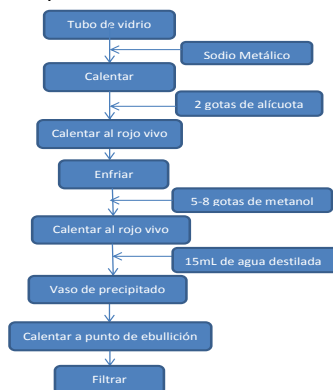
• **Fusión Sodica:**

En un tubo de vidrio adicionar una pequeña porción de sodio metálico, limpio y seco, debe evitarse el contacto del sodio con la piel y con el agua puesto que puede generar una reacción violenta. Calentar el tubo ligeramente inclinado hasta que se formen los vapores de sodio, retirar el tubo de la llama y mantenerlo en posición vertical. Se adicionan 2 gotas de alicuota.

Calentar el tubo hasta el rojo vivo durante un minuto, retirar el tubo y adicionar dos gotas más de la muestra y calentar de nuevo al rojo vivo para asegurara una reacción más completa.

Dejar enfriar y adicionar entre 5 y 8 gotas de metanol para destruir los excesos de sodio, calentar el tubo al rojo vivo, el cual debe ser introducido en un vaso de precipitado que contiene 15mL de agua destilada por lo cual se debe romper el tubo de vidrio al contacto con el agua fría, si no se rompe, hacerlo con ayuda de la espátula.

Calentar el vaso de precipitado hasta llevar a punto de ebullición y filtrar. La solución obtenida debe ser incolora y alcalina, con la cual se realizaran las pruebas de análisis elemental.

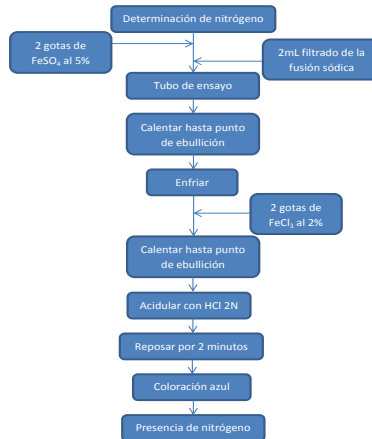


• **Determinación de nitrógeno:**

En un tubo de ensayo tomar 2mL del filtrado de la fusión sódica, adicionar 2 gotas de solución al 5% de sulfato ferroso y calentar a ebullición por pocos segundos.

Dejar enfriar y adicionar dos gotas de solución al 2% de cloruro férrico y calentar hasta llegar al punto de ebullición.

Acidular con ácido clorhídrico 2N hasta que se disuelvan los hidroxidos de hierro. Dejar en reposo durante 2 minutos. Una coloración o la presencia de un precipitado azul indica la presencia de nitrógeno. Una coloración amarilla es una prueba negativa. Coloración verde indica una fusión sodica deficiente y es necesario repetirla. Sin embargo es necesario filtrar primero y revisar si el papel de filtro se tiñe de azul o retiene particulas azules lo cual indicaria una prueba positiva. Si aparece una coloración roja indica la presencia de nitrógeno y azufre en el compuesto.



- **Determinación de fosforo:**

Para la determinación de fosforo en la muestra, en un tubo de ensayo se adicionaron 2mL de alícuota y con ayuda de una pipeta se adicionó una disolución de ortofosfatos, donde el molibdato de amonio reaccionó en condiciones ácidas con el vanadato para formar un heteropoliácido o ácido vanadomolibdofosfórico. En la presencia de vanadio, se formó el ácido vanadomolibdofosfórico de color amarillo. La intensidad del color amarillo es proporcional a la cantidad de fosfatos, lo cual indicó una muestra positiva para fosforo en la muestra de glifosato (Economia, 2001)

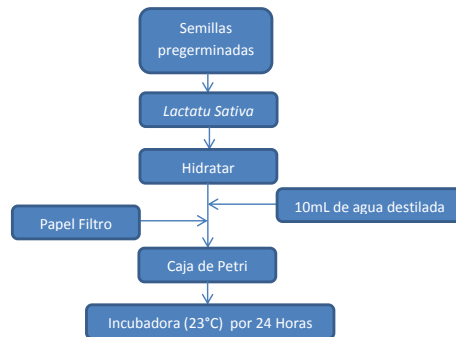
Reactivo de molibdato-vanadato



Pre germinación de las Semillas de *Lactatu Sativa*:

Se realizaran bioensayos de germinación con el fin de determinar la fitotoxicidad, la cinética de desaparición y la biodisponibilidad en suelos generada a partir del uso del glifosato para lo cual se utilizarán semillas de

Lactuca Sativa (Lechuga) las cuales deben ser hidratadas con 10mL de agua destilada y depositadas en cajas Petri con papel filtro, que serán llevadas a incubadora (23°C) durante 24 horas. (Foti & Lallana, 2014)



Fitotoxicidad:

Se realiza la extracción de muestras de suelo agrícola las cuales se deben mantener húmedas con agua. Estas muestras serán tratadas de cuatro formas diferentes, el suelo testigo al cual no se le aplicará herbicida, suelo tratado con glifosato teniendo cuidado de no modificar el perfil, suelo homogeneizado tratado para lo cual se debe macerar la muestra en un mortero para homogeneizar posteriormente y suelo esterilizado tratado el cual debe ser esterilizado en autoclave a 1,1 atm durante 20 minutos y finalmente se lleva a capacidad de campo con agua destilada con un pH corregido en 7. Junto con los cuatro suelos tratados se debe montar un control negativo con agua destilada sin suelo

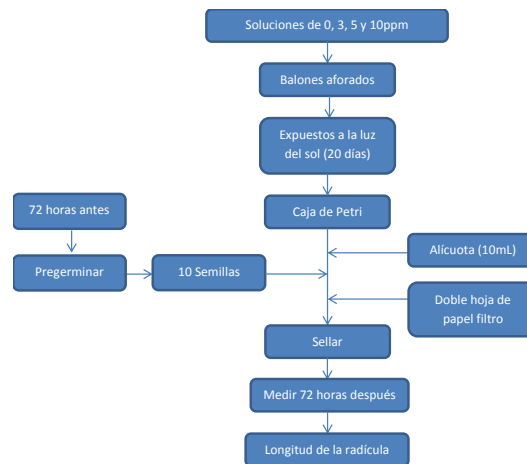
A los últimos tres tratamientos se les realiza una aplicación del herbicida con pulverizador manual, 24 y 96 horas después de la aplicación del herbicida se obtienen 50mL de lixiviado al cual se le debe determinar el pH y la conductividad eléctrica.

Para realizar los bioensayos de germinación es necesario tomar una alícuota de 3mL con la cual se humedece el papel filtro que se debe depositar en la caja de Petri, adicionando 20 semillas pre germinadas por cada caja, se llevan a cámara de crecimiento a 23°C durante cuatro días para finalmente medir la longitud de la radícula con ayuda de un calibre digital. (Foti & Lallana, 2014)



Cinética de desaparición del glifosato en agua:

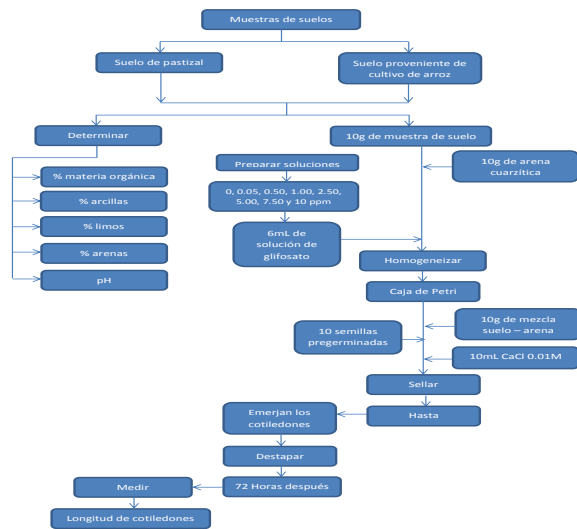
Para medir la cinética de la desaparición del glifosato en agua se prepararon cuatro soluciones de concentraciones 0, 3, 5 y 10 ppm de glifosato y se dejaron en reposo durante 20 días expuestas a la luz del sol, posteriormente se pregerminaron semillas de *Lactuca sativa* 72 horas antes de ponerlas en contacto con las soluciones de glifosato. finalmente se adicionaron 10 semillas a cada una de las cajas de Petri que contenían doble papel filtro y 10mL de cada solución, se taparon, se sellaron y se dejaron en condiciones de laboratorio, a las 72 horas de la exposición se realizó una medición de la raíz de las plántulas con ayuda del micrómetro (Forero, Rodríguez, & Fuentes , 2004).



Biodisponibilidad del glifosato en suelos:

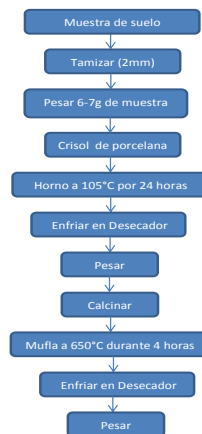
Se preparan soluciones de glifosato de diferentes concentraciones equivalentes a 0, 0.05, 0.50, 1.00, 2.50, 5.00, 7.50 y 10 ppm de dos tipos de suelo provenientes del Espinal, Tolima el primero proveniente de cultivos de arroz y el segundo proveniente de un pastizal, a las muestras se les debe determinar el porcentaje de materia orgánica, arenas, arcillas, limos y pH para ser tratado posteriormente con las diferentes concentraciones del herbicida, para lo cual se toman 10g de arena cuarcítica, se adicionan 6mL de la solución de glifosato, se homogeniza, se adicionan 50g de suelo y se homogeniza nuevamente.

En cada caja de Petri se adicionan 10g de la mezcla de suelo - arena, 10 semillas pre germinadas y 10mL de una solución de cloruro de calcio 0.01M, finalmente se sellan las cajas con film plástico y se dejan en condiciones de laboratorio, al emerger los cotiledones son destapadas y 72 horas después de esto, se mide la longitud de la radícula. (Forero, Rodríguez, & Fuentes , 2004)



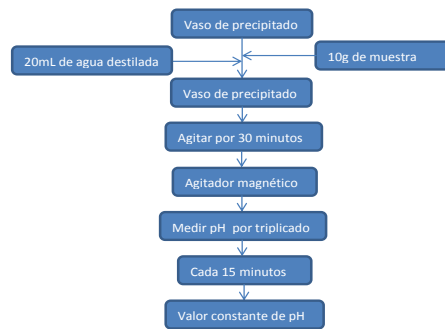
- **Determinación del % de materia orgánica:**

Pesar 6 o 7 gramos de suelo seco y tamizado a 2mm y ponerlos en un crisol de porcelana, el cual debe ser llevado a 105°C en un horno durante 24 horas. Poner en desecador a enfriar durante 24 horas y pesar. Posteriormente se calcina la muestra en mufla a 650°C durante 4 horas, se deja enfriar en desecador y se pesa nuevamente. La diferencia de pesos antes de calcinar la muestra y después de calcinada se expresa en % de materia orgánica.



- **Determinación de pH en la muestra de suelo**

Pesar 10 gramos de la muestra de suelo en un vaso de precipitado, cubrir la muestra de suelo con agua destilada, aproximadamente 20mL, agitar la muestra con ayuda de un agitador magnético durante 30 minutos y con ayuda del potenciómetro medir el pH de la muestra por triplicado cada 15 minutos hasta que el valor de pH no tenga una variación muy significativa.



- **Porcentaje de arcillas, limos y arenas.**

Pesar en una balanza de triple brazo 300 gramos de muestra de suelo, tamizar la muestra con ayuda del juego completo de tamices. Pesar la muestra de suelo seco, si aún esta húmedo secar en la estufa a 220 °C. La porción de suelo que quede en los últimos tres tamices se debe pesar, estos resultados corresponden a los porcentajes de arcillas, limos, y arenas de la muestra.



- **Porcentaje de humedad del suelo:**

Pesar un crisol de porcelana limpio y seco. Pesar 50g de muestra de suelo en el crisol previamente pesado y secar en estufa por 3 horas a 105 °C y pesar nuevamente.



Bibliografía:

Foti, M., & Lallana, V. (2014). Detección de glifosato en el percolado de muestras de suelo de un lote agrícola a través de bioensayos de germinación con semillas de Lactuca Sativa L. *Revista FABISCIB*, 107 - 118.

Forero, C., Rodríguez, E., & Fuentes, C. (27 de 05 de 2004). Detección de residuos biodisponibles de glifosato en aguas y suelos: Optimización de una técnica de bioensayos con plantas indicadoras. *Agronomía Colombiana*, 63 - 73.

Economía, S. d. (2001). Análisis de aguas - determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - Método de prueba. México.

ANEXO D

(Instrumento de controversias socioambientales)

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TRABAJO DE GRADO: ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA
EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA
Instrumento CTS

1. Elabore una explicación sobre el glifosato, su mecanismo de acción y los problemas de salud que causa teniendo en cuenta su conocimiento químico.
2. ¿Cuáles son las implicaciones éticas y morales acerca del uso y la suspensión del glifosato?
3. ¿Por qué Monsanto genera cláusulas sobre los pequeños productores para evitar la investigación científica que no sea controlada por la empresa?
4. ¿Por qué no se han realizado investigaciones suficientemente robustas por parte de las organizaciones gubernamentales para descartar o verificar los posibles problemas que puede generar el uso de glifosato en la agricultura?
5. ¿Por qué muchos agricultores siguen utilizando el glifosato en sus cultivos conociendo las implicaciones ambientales y de salud, que se han hecho públicas a partir de estudios científicos sobre este herbicida?
6. ¿Por qué Monsanto mantiene sus estudios científicos y sus archivos sobre sus productos biotecnológicos y de ingeniería genética de forma confidencial? ¿Cuál es su opinión y que cree que debería hacer esta multinacional?
7. ¿Las indemnizaciones que tienen que pagar las empresas de desarrollo científico y tecnológico por el daño causado al medio ambiente y a la población reparan el daño significativamente? ¿Sí, No? ¿Cuál cree que debería ser la acción correspondiente? Justifique sus respuestas.
8. ¿La solución para la erradicación de los cultivos ilícitos en Colombia es cambiar el glifosato por otro tipo de herbicida? ¿Por qué? Justifique su respuesta.
9. ¿Qué tiene que ver los OGM con el uso y la defensa del glifosato por parte de la multinacional y de algunos agricultores?
10. ¿Cuál es su postura frente a la polémica generada por el uso del glifosato en Colombia y sobre la posición del gobierno Colombiano, los agricultores, los científicos y la multinacional sobre el uso de glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos?
11. Como profesor en formación inicial ¿Considera necesario relacionar las problemáticas ambientales generadas por el desarrollo científico y tecnológico con el uso de plaguicidas?

ANEXO E
(Instrumento final)

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
TRABAJO DE GRADO: ABORDAJE DE CONTROVERSIAS SOCIOAMBIENTALES CON PROFESORES DE QUÍMICA
EN FORMACIÓN INICIAL: EL CASO DEL GLIFOSATO EN COLOMBIA
INSTRUMENTO FINAL

1. ¿Qué es un plaguicida y cuál es su clasificación?
2. ¿Qué es un herbicida y cuál es su clasificación?
3. ¿Considera que se deben utilizar herbicidas en la erradicación de cultivos ilícitos? ¿Sí, No? ¿Por qué?
4. ¿Cuál es la composición química del glifosato, su mecanismo de acción y como se clasifica?
5. ¿Cómo actúa el glifosato en el ambiente?
6. ¿Cree usted que las aspersiones con glifosato generan contaminación a nivel ambiental y afectan la salud humana? Explique su respuesta.
7. ¿El desarrollo económico, social y cultural de la población campesina se ve afectada por el uso del glifosato en la erradicación de cultivos ilícitos? ¿Por qué?
8. Según la nueva clasificación de la IRAC el glifosato se considerado como carcinógeno ¿Son suficientes las medidas del gobierno Colombiano frente al uso del glifosato en Colombia?
9. ¿El uso y las pruebas de los diferentes herbicidas e insecticidas que ha desarrollado la industria han sido adecuadas?
10. ¿Por qué es importante la inclusión de controversias socioambientales en los planes de estudio?