

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
PROGRAMA EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE LA PRÁCTICA DE EDC
FUNDACIÓN CALMECAC
Julio de 2006 a Julio de 2007

Pablo César LÓPEZ CÁRCAMO
Licenciado Billy ALQUIJAY
Arquitecta Marta MOLINA

Vo. Bo. _____

ÍNDICE

1. Introducción	3
2. Cuadro Resumen de las Actividades de EDC	3
3. Actividades Realizadas Durante la Práctica de EDC	4
3.1. Actividades de Servicio	4
3.2. Actividades de Docencia	6
3.3. Actividades No Planificadas	8
3.4. Actividades de Investigación	8
4. Resumen de la Investigación	10

1. INTRODUCCIÓN

El Programa Experiencias Docentes con la Comunidad es un programa creado en la Universidad de San Carlos de Guatemala para contribuir con la formación profesional de los estudiantes. El estudiante tiene que realizar un trabajo de 1040 horas en las cuales se incluye Docencia, Servicio e Investigación. Bimensualmente, se presenta un informe parcial de las actividades realizadas con el fin de hacer un análisis de lo que a la fecha se ha realizado y poder ver hacia un futuro inmediato el seguimiento (Alquijay y Enríquez. 2006). De las diez actividades de servicio y docencia planificadas, siete se cumplieron en un 100 %, dos en un 50 % y una en un 25 %. En términos generales, se puede concluir que lo planificado se cumplió en un 82 %. No obstante cabe mencionar la parcial elaboración de un manual técnico (no planificado) que fortalecerá algunas de las actividades planeadas.

En cuanto a la investigación se estudió el “efecto de hormesis de tres herbicidas sobre semillas de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae)”. En esta investigación nos propusimos estudiar la existencia del efecto hormético en el porcentaje de germinación y el crecimiento del tallo del frijol negro, por parte de tres diferentes herbicidas encontrados en el mercado agroquímico guatemalteco: Glifosato, Paraquat y Elimina. Determinamos que bajo las condiciones de estudio la adición de dosis no letales de los tres herbicidas no estimuló ni la germinación ni el crecimiento del tallo del frijol negro. No obstante, para la germinación se observó un comportamiento característico de la hormesis (estimulación a bajas dosis e inhibición a dosis elevadas), aunque no fue posible demostrarlo estadísticamente. En el crecimiento del tallo no se observó este comportamiento de manera tan evidente, pero en ambas réplicas, concentraciones bajas aunque distintas, presentaron una altura promedio mayor que el blanco.

2. CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC

Programa Universitario	Nombre de la actividad	Fecha de la actividad	Horas EDC ejecutadas
Servicio	Diagnóstico Unidad de Práctica	Jul 2006	10
	Plan de Trabajo	Ago 2006	20
	Actualización Base de Datos FENAMABA	Ago 2006	70
	Organización Talleres Estatutos	Sep 2006	44
	Elaboración Estatutos	Nov 2006	10
	Divulgación FENAMABA	Ene 2007	12
	Divulgación Parque Ecológico Ciudad Nueva	Dic 2006	20
	Apoyo organización X Congreso SMBC	Jul-Nov 2006	120
Docencia	Organización Talleres de Capacitación FENAMABA	Oct 2006	44
	Desarrollo Talleres de Capacitación FENAMABA	Nov-Dic 2006	20
	Implementación de Programa de Capacitación Calmecac	Ene 2007	44
	Asistencia al X Congreso SMBC	Oct 2006	40
	Elaboración de Manual Técnico para Calmecac	Ene 2007	30
Investigación	Realización de Perfil	Ago 2006	10
	Elaboración de Protocolo	Sep 2006	40
	Desarrollo de bioensayos preliminares	Oct 2006	40
	Realización de bioensayo de germinación	Oct 2006	40
	Realización de bioensayo de crecimiento de tallo	Mar-Jun 2007	100
	Recopilación, tabulación y análisis de datos	Jul 2007	20
	Redacción de informe final de investigación	Jul 2007	15

3. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA DE EDC

3.1. ACTIVIDADES DE SERVICIO

Nombre actividad No. 1:

Realización del diagnóstico de la unidad de práctica.

Objetivo:

Conocer el programa analítico y sus procedimientos, así como el potencial de la unidad de práctica seleccionada.

Procedimiento:

Para la realización del diagnóstico, visité las oficinas de la unidad seleccionada y me entrevisté con los funcionarios de la misma. Recabé información relacionada con los distintos aspectos de la organización, así como su personal y sus programas de trabajo. Sinteticé la información y redacté el diagnóstico.

Resultado:

Diagnóstico de la unidad de práctica realizado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para al realización del diagnóstico no encontré mayor dificultad.

Nombre actividad No. 2:

Elaboración del plan de trabajo.

Objetivo:

Plantear las actividades de docencia y servicio a realizar durante el desarrollo de la práctica.

Procedimiento:

Para la elaboración del plan sostuve una reunión con el supervisor de la práctica de EDC en la institución seleccionada. Después de analizar los distintos programas y proyectos decidimos que la intervención tendría lugar en el área metropolitana, y que vendría a fortalecer a la Federación Nacional para el Manejo de Áreas Verdes y Barrancos -FENAMABA-. Así, también, de manera independiente decidí participar en la organización del X Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación -SMBC-, especialmente en lo que fue la gestión de fondos.

Resultado:

Plan de trabajo elaborado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para la realización del plan de trabajo no encontré mayor dificultad.

Nombre actividad No. 3:

Actualización de la Base de Datos de la FENAMABA.

Objetivo:

Contar con la información al día de las organizaciones que conforman la Federación.

Procedimiento:

Revisé la base de datos existente la cual databa del año 2001. Establecimos comunicación con los representantes de las organizaciones para confirmar los datos y realizamos entrevistas *in situ*. Recopilé, tabulé e ingresé la información a la nueva base de datos.

Resultados

Base de datos actualizada.

Limitaciones o dificultades presentadas:

En algunas ocasiones fue difícil contactar a los representantes de las organizaciones debido a que cuentan con diferente dirección o número de teléfono.

Nombre actividad No. 4:

Organización de los Talleres para la Elaboración de los Estatutos de la FENAMABA.

Objetivo:

Fortalecer la incidencia de la FENAMABA dotándole de herramientas legales.

Procedimiento:

Logramos involucrar a numerosas instituciones para la realización de los talleres: el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, el Parque Ecológico Ciudad Nueva, administrado por Fundación Calmecac y la municipalidad de Guatemala. Logramos conformar un grupo de profesionales para desarrollar las actividades: un abogado, dos arquitectos y los estudiantes de biología. Elaboramos las diferentes herramientas de trabajo y logramos convocar a los representantes de las organizaciones de la Federación.

Resultados:

Fecha y lugar de talleres establecidos.

Herramientas de trabajo elaboradas.

Convocatoria realizada.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Los talleres se programaron para diciembre de 2006 y enero de 2007. No obstante, la participación en los dos primeros fue bastante baja. Esto pudo deberse a que en diciembre las instituciones están en cierre de año y muchas de ellas toman descanso. Así también, las festividades pudieron haber afectado en la participación de representantes de asociaciones o comités, que utilizan los fines de semana de diciembre para realizar las preparaciones típicas de la época. Debido a esto se decidió suspender las actividades, las cuales se retomaron a partir de la última semana de enero.

Nombre actividad No. 5:

Elaboración de los estatutos de la FENAMABA.

Objetivo:

Fortalecer la incidencia de la FENAMABA dotándole de herramientas legales.

Procedimiento:

Se desarrollaron dos talleres. Debido a la situación mencionada en el párrafo anterior, el enfoque de los talleres fue orientado al fortalecimiento de las capacidades de las organizaciones participantes.

Resultado:

Herramientas para elaborar estatutos elaboradas.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Las limitaciones se mencionan en la actividad anterior. El ejercicio de elaboración de estatutos fue pospuesto ya que se busca la mayor representatividad.

Nombre actividad No. 6:

Divulgación de la FENAMABA.

Objetivo:

Socializar la experiencia del trabajo realizado en este periodo.

Procedimiento:

Se convocaron a los medios de comunicación para cubrir los eventos. Estamos a la espera de la publicación de un artículo de prensa que resuma el trabajo realizado. Para finales de febrero de 2007, se tenía programada una conferencia de prensa para presentar la Federación.

Resultados:

Cobertura de los medios de comunicación.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Las limitaciones mencionadas anteriormente provocaron retraso en la consecución del objetivo propuesto. No obstante, se contaba con el interés de los medios de comunicación.

Nombre actividad No. 7:

Divulgación del Parque Ecológico Ciudad Nueva.

Objetivo:

Compartir con los vecinos de Ciudad Nueva la experiencia del trabajo realizado en el último año.

Procedimiento:

Se convocó a los vecinos a una reunión en el parque para dar a conocer las actividades desarrolladas en el parque. Así también, se realizó una gira en las instalaciones para constatar las obras físicas realizadas hasta el momento. Se está diseñando un folleto informativo que se distribuirá en este año.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 8:

Apoyo a la organización del X Congreso de la SMBC.

Objetivo:

Contribuir con la organización del congreso.

Procedimiento:

Logré conseguir tres donaciones con un monto total de Q. 27,500.00 (Q. 12,000.00 por parte del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente -IARNA-, de la Universidad Rafael Landívar, -URL-, Q. 8,000.00 por parte de la Vicerectoría General de la URL y Q. 7,500 por parte de Conservación Internacional), así como la impresión de los diplomas del evento y parte del material gráfico del mismo, también por parte del IARNA. Así también, participe en la organización del Simposio de Pueblos Indígenas, y en menor medida con el Comité Académico del Congreso. Durante el evento, formé parte del equipo organizador, desarrollando labores logísticas, de coordinación de voluntarios, apoyando el concurso de fotografía y atendiendo a la junta directiva de la sociedad.

Resultados:

Desarrollo del X Congreso de la SMBC.

Aporte de IARNA-URL.

Aporte de Vicerectoría General de URL.

Aporte de Conservación Internacional.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

3.2. ACTIVIDADES DE DOCENCIA

Nombre actividad No. 1:

Organización de dos Talleres de Capacitación dirigidos a la FENAMABA.

Objetivo:

Fortalecer las capacidades de las organizaciones miembro de la FENAMABA.

Procedimiento:

Se logró organizar los talleres con el apoyo del INAB y la Municipalidad de Guatemala. Se elaboraron las herramientas de apoyo. Se conformó un grupo multidisciplinario que incluyó un ingeniero en saneamiento, un abogado, un arquitecto, un mercadólogo y estudiantes de biología, entre otros.

Resultados:

Dos talleres de capacitación realizados.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 2:

Desarrollo de dos Talleres de Capacitación dirigidos a la FENAMABA.

Objetivo:

Fortalecer las capacidades de las organizaciones miembro de la FENAMABA.

Procedimiento:

Tal como se menciona en el segmento anterior, los talleres desarrollados se enfocaron en fortalecer las capacidades de las organizaciones miembro de la FENAMABA, desarrollando temas puntuales como: Cinturón Ecológico Metropolitano, Vulnerabilidad Ambiental, ¿Qué es una Federación?, Estructuras Municipales, Gestión Ambiental, Liderazgo y otros. A pesar que se desarrollaron los dos talleres propuestos, el fortalecimiento de capacidades se seguirá dando, abarcando, entre otros, los siguientes temas: Corredores Biológicos, Ecología Política y Elaboración de Planes de Acción.

Resultados:

Miembros de la FENAMABA capacitados.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 3:

Implementación de Programa de Capacitación dirigido al personal de Calmecac.

Objetivo:

Fortalecer las capacidades del equipo técnico de Calmecac.

Procedimiento:

Se logró definir un programa de capacitación básico para el equipo técnico, el cual incluiría: Conceptos Básicos de Biología en la Conservación y el Desarrollo, Manejo de Sistemas Operativo, Manejo de Herramientas Básicas de Office, Género y otros. Se está a la espera de implementar los primeros talleres de capacitación.

Resultados:

Herramientas de trabajo elaboradas.

Institucionalización del Programa de Capacitaciones de Calmecac

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad. No obstante, hubo en retraso en la puesta en marcha del programa y hasta la fecha no se han desarrollado los talleres de capacitación.

Nombre actividad No. 4:

Asistencia al X Congreso de la SMBC.

Objetivo:

Adquirir nuevos conocimientos relacionados con el campo de la Biología y la Conservación.

Procedimiento:

Participe en algunas presentaciones y simposios del congreso.

Resultados:

Estudiante capacitado en varios temas del Congreso.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Debido a que se apoyo la organización del congreso, no fue posible entrara a tantas ponencias como hubiera querido.

3.3. ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS

Nombre actividad No. 1:

Manual Técnico: La Biología en la Conservación y el Desarrollo.

Objetivo:

Fortalecer el Programa de Capacitación de Calmecac, especialmente en el tema de principios de Biología.

Procedimiento:

Se empezó a elaborar un manual técnico que permitirá fortalecer los conocimientos que el personal técnico de Calmecac adquiera en los talleres de capacitación. Para esto se consultaron libros de Biología General, Botánica, Zoología y documentos del CONAP.

Resultados:

Aspecto Conceptual del manual desarrollado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Debido a problemas de coordinación con la unidad de práctica no fue posible terminar de desarrollar el manual, el cual está en espera de ser completado.

3.4. ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

Nombre actividad No. 1:

Realización del Perfil de Investigación.

Objetivo:

Describir brevemente la investigación que se realizaría.

Procedimiento:

Para realizar el perfil de investigación se definió la problemática y se realizó una exploración de la información relacionada con el mismo. Con la ayuda de la asesora y otros profesionales, se precisó el problema a tratar, se propuso una hipótesis y una descripción general de cómo debía ser el diseño experimental.

Resultados:

Perfil de Investigación realizado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 2:

Elaboración del Protocolo de Investigación

Objetivo:

Describir detalladamente la investigación que se realizaría.

Procedimiento:

Para realizar el protocolo se profundizó en la revisión de la bibliografía relacionada con el tema. Logré recopilar suficientes artículos de diferentes fuentes, la mayoría de ellos recientes, y con eso realicé el protocolo, el cual fue revisado por la asesora.

Resultados:

Protocolo de Investigación elaborado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 3:

Realización de Bioensayos preliminares.

Objetivo:

Determinar el tamaño de la muestra y los parámetros para medir las variables estudiadas.

Procedimiento:

Para el bioensayo preliminar de germinación se tomaron 100 semillas y se hicieron germinar en condiciones ambientales normales. Para el bioensayo preliminar del crecimiento del tallo se hicieron crecer 40 plántulas durante dos semanas.

Resultados:

Tamaño de muestra y parámetros de medición definidos.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 4:

Realización de Bioensayo de Germinación.

Objetivo:

Determinar si la adición de al menos uno de los herbicidas administrados en dosis no letales estimula la germinación del frijol negro.

Procedimiento:

Para exponer las semillas de frijol negro a cada solución de herbicida a ensayar se utilizó algodón remojado en dicha solución. Se colocaron en cinco filas de 20 semillas, enrollando cada fila. Después se cubrió con plástico para minimizar la evaporación. Cada rollo tuvo una mecha que entraba en contacto con un recipiente que llevaba la concentración estudiada. Por problemas logísticos no fue posible colocar los rollos en una cámara de germinación, así que todos los tratamientos quedaron expuestos al ambiente. Luego de pasado el tiempo promedio establecido para la germinación normal, se contó y anotó el número de semillas que lograron germinar en cada réplica y en el blanco.

Resultados:

Bioensayo de Germinación realizado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 5:

Realización de Bioensayo de Crecimiento de Tallo.

Objetivo:

Determinar si la adición de al menos uno de los herbicidas administrados en dosis no letales estimula el crecimiento del tallo del frijol negro.

Procedimiento:

Para hacer el bioensayo, las semillas se hicieron germinar en condiciones normales y una vez germinadas fueron colocadas sobre un sustrato específico (tierra abonada),

utilizando pequeños recipientes de plástico de 4 oz. Los tratamientos fueron colocados en un cuarto expuesto a las condiciones climáticas ambientales. No hubo control de las variables humedad y temperatura, no obstante los diferentes tratamientos se hicieron al mismo tiempo, por lo que toda la muestra quedó expuesta a las mismas condiciones. Después de 4 semanas, a cada plántula se le midió el largo del tallo en centímetros.

Resultados:

Bioensayo de Crecimiento del Tallo realizado.

Limitaciones o dificultades presentadas:

El número de plántulas para constituir una muestra mínima fue muy elevado, alrededor de las mil plantas, por lo que el espacio, el tiempo y la falta de recurso humano para implementar un bioensayo de esa magnitud fueron limitantes. Decidí trabajar con una muestra mucho más reducida (50 plántulas) para poder evaluar los diferentes tratamientos.

Nombre actividad No. 6:

Recopilación, tabulación y análisis de datos.

Objetivo:

Analizar la información recabada y concluir al respecto.

Procedimiento:

Se calculó el porcentaje de germinación promedio por tratamiento y se midió el tamaño del tallo en centímetros. Utilice el Análisis de Varianza (ANDEVA) como prueba estadística.

Resultados:

Datos procesados y analizados.

Conclusiones extraídas.

Recomendaciones elaboradas.

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

Nombre actividad No. 7:

Redacción de Informe Final de Investigación

Objetivo:

Presentar la información generada de manera sistémica y discutir los resultados obtenidos.

Procedimiento:

Después del análisis de datos, discutí los resultados con la ayuda de las referencias recabadas. Redacté el informe y la asesora lo revisó.

Resultados:

Informe Final de Investigación redactado

Limitaciones o dificultades presentadas:

Para esta actividad no se encontró mayor dificultad.

4. RESUMEN DE INVESTIGACIÓN

“EFECTO DE HORMESIS DE TRES HERBICIDAS EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DEL FRIJOL NEGRO (*PHASEOLUS VULGARIS*, FABACEAE)”

Pablo López Cárcamo. plcarcamo@gmail.com

El efecto de hormesis es un fenómeno de dosis-respuesta caracterizado por la estimulación por bajas dosis y la inhibición por altas dosis. Se ha observado hormesis en numerosos taxa y se ha descrito la acción de por lo menos nueve herbicidas en plantas, estimulando el crecimiento, el incremento de la producción de biomasa y contenido proteínico, la resistencia a patógenos y el peso seco y bruto, entre otros. Con este estudio pretendíamos determinar si la adición de dosis no letales de los herbicidas Elimina, Paraquat y Glifosato, estimulaban la germinación y/o el crecimiento de tallo en el frijol negro. Para esto se realizaron dos bioensayos: en el primero se elaboraron rollos de 100 semillas los cuales fueron inmersos en las diferentes concentraciones a estudiar, y en el segundo se crearon lotes de 50 plántulas, las cuales fueron regadas regularmente con las distintas concentraciones. Con las condiciones de estudio no fue posible determinar si la adición de dosis no letales de herbicidas estimulaba los parámetros medidos. No obstante, en el caso de la germinación se observó que a menores dosis, el porcentaje de germinación tendía a aumentar, y con las dosis más elevadas, éste disminuía. Estas dos condiciones son características de la hormesis. En el caso del crecimiento del tallo, este fenómeno no se hizo tan evidente, sin embargo, en todas las réplicas realizadas una concentración baja presentaba valores más altos que los del blanco. Se recomienda ampliar el estudio para tener una mejor comprensión del fenómeno estudiado.

EB – Asesora: Roselvira Barillas

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
PROGRAMA DE EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN
“Efecto de Hormesis de Tres Herbicidas en la Germinación y Crecimiento
Del Frijol Negro (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae)”

Pablo César LÓPEZ CÁRCAMO
Profesor supervisor: Lic. Billy ALQUIJAY
Asesora: Lic. Roselvira BARILLAS

Vo.Bo. _____

ÍNDICE

1. Resumen	3
2. Introducción	4
3. Referente Teórico	4
4. Planteamiento del Problema	9
5. Justificación	10
6. Objetivos	11
7. Hipótesis	11
8. Metodología	11
8.1. Diseño	11
8.1.1. Población	11
8.1.2. Muestra	11
8.1.3. Control	11
8.1.4. Tratamientos	11
8.2. Técnicas a usar en el proceso de investigación	12
8.2.1. Recolección de datos	12
8.2.2. Análisis de datos	12
8.3. Instrumentos para registro y medición de las observaciones	12
9. Resultados	13
10. Discusión de Resultados	20
11. Conclusiones	22
12. Recomendaciones	23
13. Referencias bibliográficas	23

1. RESUMEN

El efecto de hormesis es un fenómeno de dosis-respuesta caracterizado por la estimulación por bajas dosis y la inhibición por altas dosis. Se ha observado hormesis en numerosos taxa y se ha descrito la acción de por lo menos nueve herbicidas en plantas, estimulando el crecimiento, el incremento de la producción de biomasa y contenido proteínico, la resistencia a patógenos y el peso seco y bruto, entre otros. Con este estudio pretendíamos determinar si la adición de dosis no letales de los herbicidas Elimina, Paraquat y Glifosato, estimulaban la germinación y/o el crecimiento de tallo en el frijol negro. Para esto se realizaron dos bioensayos: en el primero se elaboraron rollos de 100 semillas los cuales fueron inmersos en las diferentes concentraciones a estudiar, y en el segundo se crearon lotes de 50 plántulas, las cuales fueron regadas regularmente con las distintas concentraciones. Con las condiciones de estudio no fue posible determinar si la adición de dosis no letales de herbicidas estimulaba los parámetros medidos. No obstante, en el caso de la germinación se observó que a menores dosis, el porcentaje de germinación tendía a aumentar, y con las dosis más elevadas, éste disminuía. Estas dos condiciones son características de la hormesis. En el caso del crecimiento del tallo, este fenómeno no se hizo tan evidente, sin embargo, en todas las réplicas realizadas una concentración baja presentaba valores más altos que los del blanco. Se recomienda ampliar el estudio para tener una mejor comprensión del fenómeno estudiado.

2. INTRODUCCIÓN

Se ha evidenciado que existen numerosas respuestas a la exposición de los agentes fisicoquímicos que ocurren más allá del nivel de los efectos adversos. Como diría Paracelso, el llamado “Padre de la Toxicología”, ya en el siglo XVI: “Todas las sustancias son venenos; no hay ninguna que no lo sea. La dosis es lo que determina que una sustancia sea o no un veneno”. Esta afirmación y las observaciones describen la teoría de hormesis, basada en el principio de que bajas dosis de determinados agentes bioactivos provocan un efecto biopositivo, y que elevadas dosis provocan un efecto bionegativo (Calabrese y Baldwin, 2002).

Bajo este enfoque se ha observado que los herbicidas, además del efecto por lo cual son tradicionalmente usados, pueden tener efectos estimulantes en el crecimiento radicular, crecimiento del vástago, aumento de biomasa, contenido proteico, resistencia a patógenos y otros procesos fisiológicos. Pero una respuesta en un carácter no necesariamente se correlaciona con la respuesta en otro. (Wiedman & Appleby, 1972; Duke et al., 2006). La mayoría de estudios realizados con herbicidas no contienen dosificaciones por debajo de las concentraciones letales, puesto que estos estudios se concentran en ellas. (Duke, 2006).

El concepto de hormesis se ha evidenciado en todos los grupos de organismos desde bacterias y hongos (Smith, 1935) hasta plantas (Wiedman y Appleby, 1972) y animales superiores (Foekens et al., 1992; Chueh et al., 2001). Debido al interés en aumento respecto a los efectos horméticos dentro de las ciencias toxicológicas y farmacéuticas, el mayor enfoque del tema ha sido sobre animales y mamíferos como sistemas de prueba (Garceau, 1985). Mucho menos documentación existe en plantas y prácticamente no hay información concerniente a los mecanismos observados. (Calabrese, 2005).

En esta investigación nos propusimos estudiar la existencia del efecto hormético en el porcentaje de germinación y el crecimiento del tallo del frijol negro, por parte de tres diferentes herbicidas encontrados en el mercado agroquímico guatemalteco: Glifosato, Paraquat y Elimina. Determinamos que bajo las condiciones de estudio la adición de dosis no letales de los tres herbicidas no estimuló ni la germinación ni el crecimiento del tallo del frijol negro.

No obstante, para la germinación se observó un comportamiento característico de la hormesis (estimulación a bajas dosis e inhibición a dosis elevadas), aunque no fue posible demostrarlo estadísticamente. En el crecimiento del tallo no se observó este comportamiento de manera tan evidente, pero en ambas réplicas, concentraciones bajas aunque distintas, presentaron una altura promedio mayor que el blanco.

3. REFERENTE TEÓRICO

3.1. HORMESIS O EFECTO HORMÉTICO

La hormología es el estudio de la excitación. Hormesis o efecto hormético, del griego “hormo” = “yo excito”, es la estimulación de cualquier sistema por dosis bajas de un

agente bioactivo (Luckey, 1998). Toda la teoría desarrollada referente a este concepto está basada en el principio de que bajas dosis de determinados agentes bioactivos provocan un efecto biopositivo y que elevadas dosis de los mismos agentes provocan un efecto bionegativo. De forma más integral, la hormesis se puede definir como una respuesta adaptativa con características de dosis-respuesta ya sea inducidas de forma directa, o por procesos de estimulación por sobre compensación a bajas dosis (Calabrese y Baldwin, 2002).

La hormesis provocada por estimulación de sobrecompensación -OCSH-, por sus siglas en inglés, es una respuesta adaptativa a niveles bajos de estrés o daño, que resulta en una adaptabilidad reforzada de algunos sistemas fisiológicos durante períodos finitos y bajo circunstancias específicamente definidas. Resulta de una modesta sobrecompensación a una perturbación de la homeóstasis. Los caracteres conceptuales clave de la OCSH son la perturbación de la homeóstasis, la modesta sobrecompensación, el restablecimiento de la homeóstasis y la naturaleza adaptativa del proceso (Calabrese y Baldwin, 2002).

Existen ejemplos, además de respuestas horméticas sin la evidencia de la respuesta por sobrecompensación. Estos resultados indican que las respuestas horméticas pueden ocurrir por mecanismos directos (biopositivos) también. La diferencia entre la OCSH y la DSH (estimulación hormética directa, por sus siglas en inglés) radica en que esta última no es producida en respuesta a una perturbación de la homeóstasis, sino es una respuesta adaptativa que opera dentro del mantenimiento de las funciones metabólicas, reflejando la dinámica moduladora fisiológica normal (Calabrese y Baldwin, 2002).

Las respuestas horméticas se caracterizan por ser de tipo bifásico, exhibiendo una estimulación a bajas dosis e inhibición a altas dosis. Esto es que ambas dimensiones, estimuladora e inhibitoria, deben estar presentes para satisfacer la definición cualitativa de hormesis. En 1997, basados en las investigaciones de varias publicaciones, Calabrese y Baldwin encontraron una consistencia cuantitativa en la relación hormética dosis-respuesta. Notaron que dichos efectos podían ser caracterizados cuantitativamente por una respuesta máxima estimuladora, que generalmente no excedía el doble del control, con las respuestas máximas únicamente del 30 al 60% mayores. La respuesta estimuladora se encontraba típicamente en un rango entre 5 a 100 veces el rango de dosis, así que el hecho de que la zona estimuladora fuese tan amplia sugiere que múltiples mecanismos están involucrados en el proceso de hormesis, esto es que no pareciera existir un único mecanismo hormético, sino una estrategia evolutiva común basada en el mantenimiento de la homeóstasis (Calabrese y Baldwin, 2002).

El significado de un concepto biológico es juzgado frecuentemente por su posibilidad de generalización y la extensión con que afecta a otras disciplinas relacionadas. En este caso, el concepto hormético proporciona numerosas aplicaciones en múltiples áreas de las ciencias biológicas, así como provee las bases para los fundamentos teóricos dentro del amplio continuo de la evolución, la biología, la toxicología y la medicina (Calabrese y Baldwin, 2002). En términos biológicos, la hormesis representa una estrategia de los organismos vivos para la asignación óptima de recursos que asegura el mantenimiento de la homeóstasis (Calabrese y Baldwin, 1998).

La investigación toxicológica se basa principalmente en dos modelos de dosis-respuesta: el de umbral y el lineal. El modelo de umbral se aplica a sustancias no cancerígenas y permite asignar un umbral a cada agente tóxico. Las dosis superiores al umbral producen efectos adversos, las dosis inferiores no producen efectos. Esto, a su vez, permite definir Niveles de Efectos Adversos no Observados (conocidos internacionalmente por sus siglas en inglés: NOAELs). El NOAEL es la dosis máxima a la que puede estar expuesto un organismo sin que se observen efectos adversos. El modelo lineal se usa para el caso de sustancias cancerígenas. En este modelo no existen umbrales, porque se considera que cualquier dosis, por baja que sea, produce efectos adversos.

El efecto hormético ha sido considerado como un desafío directo a la linealidad de las bajas dosis porque afirma la existencia de umbrales, aunque también implica la forma en que es determinado el riesgo de azar, que puede aplicarse tanto para el riesgo cancerígeno, como para el no cancerígeno (Calabrese y Baldwin, 2002).

3.2. HISTORIA Y DESARROLLO

Paracelso, el llamado “Padre de la Toxicología”, fue uno de los primeros en comprender que la toxicidad de cualquier sustancia depende de la dosis. Así lo escribió en el siglo XVI: 'Todas las sustancias son venenos; no hay ninguna que no lo sea. La dosis es lo que determina que una sustancia sea o no un veneno'. Con esta afirmación, Paracelso consideró la aparente seguridad de los tóxicos a bajas dosis y es precisamente esta frase, como ya se mencionó anteriormente, uno de los fundamentos de la toxicología moderna (Manchado *et al.*, 2005).

La palabra hormesis fue usada por primera vez en 1943, en un artículo donde los investigadores Southam y Erlich, de la Universidad de Idaho, informaban que bajas dosis de un extracto de cedro rojo aumentaban el metabolismo de los hongos de la madera, mientras que dosis elevadas lo inhibían (Manchado *et al.*, 2005).

Durante los últimos años del siglo XIX a la primera mitad del XX, docenas de experimentos abordaron el estudio de las hormesis química y de la radiación. En 1887, el farmacéutico alemán Hugo Schulz demostró que bajas dosis de sustancias con reconocidos efectos tóxicos estimulan el metabolismo de la levadura. Otros investigadores descubrieron que dosis bajas de diversas sustancias estimulan el crecimiento de las plantas y el metabolismo de hongos y bacterias. A comienzos del siglo XX, el fenómeno era conocido como Ley de Arndt-Schulz y aceptado como una regla general de la toxicología química.

Tras el descubrimiento de los rayos X, el uranio y el radio a fines del siglo XIX, se observó que la exposición a bajas dosis de radiación acelera la germinación y el crecimiento vegetal. También se encontró hormesis de la radiación en hongos, protozoos, insectos, embriones de aves y salamandras. Bajas dosis de rayos X fueron particularmente útiles para el tratamiento de enfermedades inflamatorias en los seres humanos (Alzogaray, 2006). A pesar de la abundante evidencia experimental, el concepto de hormesis ha sido marginado durante los últimos 70 años por varias generaciones de toxicólogos, si bien existen evidencias de cambios. En la década de los 40 este concepto cayó en desgracia y fue casi ignorado durante medio siglo.

La principal razón para esa marginación proviene del énfasis en la experimentación de las altas dosis en el pasado histórico y reciente, y lo inadecuado de la gran mayoría de los diseños de estudios toxicológicos para establecer las respuestas a nivel de los efectos adversos no observados (NOAEL). Entre otras causas se destaca que los resultados obtenidos nunca fueron integrados en un marco teórico apropiado, y sus aplicaciones prácticas no fueron reconocidas ni defendidas en forma adecuada. Otro factor fue que los efectos estimulantes son modestos (apenas un 30 a 60 por ciento mayores que los valores registrados en los controles u organismos no tratados) y por lo tanto difíciles de detectar, a menos que los experimentos sean apropiadamente diseñados (Calabrese *et al.*, 2003; Alzogaray, 2006).

Calabrese y Baldwin revisaron 20,285 artículos publicados entre 1962 y 1998 en revistas científicas dedicadas a temas toxicológicos. Cada trabajo fue sometido a un cuidadoso análisis que tenía en cuenta la naturaleza del diseño experimental, las características cuantitativas de la relación dosis-respuesta, el poder de los análisis estadísticos usados y la reproducibilidad de los resultados. La mayoría de los estudios, siguiendo los modelos tradicionales, evaluaban dosis altas. Apenas en el dos por ciento de los casos se habían evaluado al menos dos dosis inferiores al NOAEL.

De un total de 668 relaciones dosis-respuesta que cumplían ese requisito, 245 (el 37 por ciento) se ajustaban a la definición de hormesis. Los trabajos abarcaban un total de 73 sustancias y mezclas, entre ellas efluentes, plaguicidas, metales, derivados del petróleo y solventes. El material biológico utilizado incluía microbios, protozoos, plantas, invertebrados y vertebrados. Los efectos estudiados eran igualmente diversos. De esta manera se documentó por primera vez la frecuencia de respuestas horméticas en la literatura toxicológica (Calabrese *et al.*, 1998; Alzogaray, 2006).

En un estudio posterior, Calabrese y Baldwin encontraron que 1,791 dosis menores al NOAEL produjeron efectos que en promedio fueron un 15 por ciento mayores que los valores correspondientes a los respectivos controles. La diferencia es pequeña, pero estadísticamente significativa (Alzogaray, 2006).

El tema resurgió en el ámbito científico a fines del siglo XX. En poco tiempo, la hormesis se convirtió en el objeto de docenas de artículos científicos, conferencias, talleres de trabajo y un boletín virtual (Alzogaray, 2006). En la actualidad el fenómeno hormético se vuelve cada vez más discutido en la literatura biomédica, especialmente en toxicología, radiación, salud; y en la literatura científica en general. Sin embargo, todas estas discusiones y publicaciones tienen en común que carecen de una definición exacta y consensuada de hormesis, con respecto al entendimiento conceptual, caracteres cuantitativos, marco mecanístico y significancia biológica. Además el concepto de beneficio dentro del contexto del estudio dosis-respuesta es difícil de determinar debido a la complejidad biológica de la misma, así como la relatividad con la que se evalúa un efecto benéfico: con respecto a un ambiente específico y relativo (Calabrese *et al.*, 2003).

Durante los últimos cinco años se ha evidenciado que existen numerosas respuestas a la exposición de los agentes fisicoquímicos que ocurren más allá del nivel de los efectos adversos. Estos hallazgos son muy importantes puesto que pueden tener profundas

consecuencias sobre la salud de los individuos y ponen a prueba no sólo cómo se diseñan los estudios, se integran los datos y se aplican los modelos de extrapolación bioestadística, sino cómo se define la propia toxicología (Calabrese *et al.*, 2002).

El reconocimiento de que agonistas y antagonistas endógenos y exógenos presentan relaciones horméticas de dosis y respuesta, puede afectar no sólo la experimentación farmacológica sino también la práctica clínica. Existen numerosos ejemplos que indican que los agentes que actúan como antagonistas a altas dosis pueden ser agonistas parciales a dosis más bajas, de acuerdo con una respuesta de dosis hormética. Los científicos consideran que los datos sustantivos y en aumento en apoyo de la perspectiva hormética están en fases tempranas, y que los cambios en las ciencias biomédicas y toxicológicas serán vistos como una verdadera revolución, que afectará como una ola las percepciones, principios y actividades toxicológicas (Calabrese *et al.*, 2003).

El concepto de hormesis tiene implicaciones muy controversiales en las áreas ambientales y toxicológicas (Parson, 2003). La hormesis se ha evidenciado en todos los grupos de organismos, desde bacterias y hongos (Smith, 1935), hasta plantas (Wiedman y Appleby, 1972), animales superiores (Foekens *et al.*, 1992; Chueh *et al.*, 2001). Debido al interés en aumento respecto a los efectos horméticos dentro de las ciencias toxicológicas y farmacéuticas, los trabajos se han enfocado en animales y mamíferos como sistemas de prueba (Garceau, 1985). Existe poca documentación relacionada con plantas y prácticamente no existe información concerniente a los mecanismos observados en estos efectos horméticos (Calabrese, 2005).

3.3. HERBICIDAS

Antes del uso generalizado de herbicidas se utilizaban la alteración del pH del suelo, salinidad y niveles de fertilidad, como controles para las plantas indeseadas. De igual manera se usaba y se sigue usando el corte de estas plantas para eliminarlas de los cultivos.

El primer herbicida usado ampliamente fue el ácido 2,4-diclorofenoxiacético, abreviado 2,4-D. Este herbicida tiene poca selectividad produciendo estrés a plantas no blanco. Por ello se ha diseñado una amplia gama de herbicidas, muchos de estos contaminantes de suelos y agua. Se han diseñado herbicidas menos potentes, pero al no presentar un control a largo plazo de las malas hierbas se usa más seguido y en mayor cantidad.

Los herbicidas han presentado efectos en la población humana tanto como en el ecosistema. Las sustancias que se encuentran dentro de los herbicidas pueden tener consecuencias como provocar mutaciones y ocasionar tipos de cáncer.

Paralelo a los efectos nocivos sobre el medio ambiente y la población humana, ha habido estudios sobre resultados del uso de dosis bajas de herbicidas en plantas, como el crecimiento. En la mayoría de estos estudios se utilizó la prueba de t o análisis de regresión como prueba estadística. La respuesta estimuladora se midió desde aspectos como el peso, altura o área foliar, hasta cambios en parámetros fisiológicos como el contenido proteico. Una respuesta en un carácter no necesariamente se correlaciona con la respuesta en otra

característica. Por ejemplo, algunos herbicidas (bromacil, bromoxinil, cloramben, propacloro, terbacil, EPTA, y MSMA), pueden estimular el crecimiento radicular a bajas dosis, pero no tienen efecto en el crecimiento del vástago en ninguna dosificación. (Wiedman & Appleby, 1972; Duke et al., 2006).

Los aleloquímicos, responsables de la alelopatía, son químicos producidos por plantas para inhibir el crecimiento de otras. Estos químicos demuestran efecto hormético. An et al. (1993) propone como hipótesis que la relación dosis-respuesta bifásica es una propiedad biológica universal de los aleloquímicos. So pocos los reportes que prueban la hormesis en aleloquímicos con extractos y exudados de plantas que presentan alelopatía, ya que los diseños de dosis-respuesta raramente incluyen concentraciones a las cuales podría presentarse hormesis. (Duke et al., 2006).

Dependiendo del químico que se está probando y/o la especie de la planta expuesta a este componente, algunos mecanismos podrían representar intentos de “escapar” o compensar el estrés químico. Por ejemplo, las plantas podrían “escapar” de condiciones desfavorables produciendo más semillas, dándole la oportunidad a la siguiente generación de germinar bajo condiciones más favorables.

La inducción de diferentes sistemas de defensa que pueden aminorar el efecto de los químicos en un organismo se ha propuesto de igual manera como una respuesta hormética (Parson, 2003; Duke et al., 2006). Algunos químicos podrían afectar las hormonas vegetales a bajas dosis.

Desde una perspectiva energética y evolutiva, las respuestas observadas a bajos niveles de estrés químico, pocas veces pueden derivar en la obtención de una buena forma para el organismo. (Parson, 2003; Forbes, 2000; Duke et al., 2006).

En otras palabras, puede existir un costo para la respuesta hormética. Este costo puede pagarse a expensas del desarrollo de un carácter diferente al estudiado. Esto se desconoce, ya que son pocos los estudios que evalúan varios caracteres. De esta manera un aumento en el crecimiento podría llevar consigo una disminución en otro parámetro, o provocar algún otro efecto secundario, al persistir el estrés. Esto se ha observado para hormesis en animales (Stebbing, 2002; Calabrese, 2005; Duke et al., 2006), pero ningún estudio existe sobre el monitoreo hermético a largo plazo en plantas.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En estudios anteriores se ha observado que la adición de dosis no letales de herbicidas pueden llegar a estimular el crecimiento de tallos y raíces en *Avena sativa* L. y *Cucumis sativus* L. Estos resultados apoyan la hipótesis planteada inicialmente por Arndt-Schulz según la cual todos los venenos tienen un efecto estimulante si se administran en concentraciones subletales (Wiedman & Appleby, 1972).

El término “hormesis” fue acuñado originalmente por Southam y Erlich en el año de 1943 para describir este fenómeno. La hormesis ha sido encontrada en todos los grupos de

organismos, desde bacterias, hasta hongos y de animales a plantas. No obstante la hormesis no pretende predecir si el efecto es bueno o malo para el organismo, sino más bien señalar si existe un estímulo para un parámetro medido (Duke et al., 2006).

La hormesis, fenómeno de relación entre la dosis y la respuesta caracterizado por estimulación a bajas dosis e inhibición con altas dosis, ha sido frecuentemente observado en estudios adecuadamente diseñados, y es ampliamente generalizable como independiente de los agentes fisicoquímicos, el modelo biológico y el objetivo de evaluación (Calabrese & Baldwin, 2002).

Se conoce hormesis relacionada con por lo menos nueve herbicidas diferentes, los cuales estimulan distintos procesos: incremento de biomasa y contenido proteínico, resistencia a patógenos, crecimiento, aumento de peso seco y bruto y otros (Duke et al., 2006). Sin embargo, este fenómeno ha sido estudiado pocas veces y con pocas especies de plantas, por lo que hace falta información sobre sus mecanismos.

5. JUSTIFICACIÓN

El estudio del efecto hormético puede contribuir a enriquecer y replantear estrategias aplicables en el campo de la toxicología, farmacología, epidemiología, salud pública y la evaluación clínica. Puede proveer de tratamientos alternos a enfermedades e incluso tratamientos preventivos, a través de estimulación de funciones celulares como la reparación enzimática, la remoción inmunológica y apoptótica del daño del ADN, la prevención y reparación de ADN dañado y del sistema inmunitario, entre otras; mejorando el estado de salud de los individuos y las defensas inmunológicas, disminuyendo así las tasas de mortalidad de la población humana (Cuttler, 2001).

En el campo de la agricultura y producción, el efecto hormético puede ser un aporte invaluable ya que puede ser utilizado para estimular la sobrevivencia, longevidad, reproducción y numerosas respuestas metabólicas y fisiológicas, como síntesis de ADN, ARN, mitosis, consumo de oxígeno, tasa fotosintética, regeneración de tejidos, respuestas inmunológicas, germinación de semillas (Calabrese y Baldwin, 1998) y disminución de la colonización de hongos patógenos a las raíces de las plantas, entre otras. El beneficio final sería una mejor calidad de los productos y un aumento de los ingresos de la producción (Dissanayake *et.al.*, 1998).

Hay grandes vacíos de información sobre este tema y la falta de reportes acerca del efecto hormético radica en una combinación de factores, predominantemente en la falta de un diseño de estudio apropiado y la influencia de evaluaciones de riesgo, que enfatiza en las dosis letales del químico. (Calabrese y Baldwin, 1998)

Aunque el fenómeno de hormesis se ha evidenciado en todos los grupos de organismos, debido al interés en aumento respecto a sus efectos dentro de las ciencias toxicológicas y farmacéuticas, el mayor enfoque del tema ha sido sobre animales y mamíferos como sistemas de prueba. Muy poca documentación existe acerca del fenómeno en plantas y prácticamente no hay información concerniente a los mecanismos observados (Calabrese, 2005).

Existen muy pocos estudios relacionados con el efecto hormético de los herbicidas en plantas. La mayoría de estudios realizados con herbicidas no contienen dosificaciones por debajo de las concentraciones letales, puesto que estos estudios se concentran en ellas. Sin embargo, muchas veces en los ensayos con concentraciones letales se han observado efectos de estimulantes sobre alguna característica (crecimiento, longevidad, fecundidad, etc.). (Duke, 2006). Contar con un mayor conocimiento de los mecanismos que intervienen en la hormesis puede abrir nuevas puertas en todos los campos relacionados con salud y ambiente.

6. OBJETIVOS

- Determinar si la adición de al menos uno de los herbicidas administrados en dosis no letales estimula la germinación del frijol negro.
- Determinar si la adición de al menos uno de los herbicidas administrados en dosis no letales estimula el crecimiento del tallo del frijol negro.

7. HIPÓTESIS

Al menos uno de los herbicidas administrados en dosis no letales estimula la germinación y/o crecimiento del tallo en el frijol negro.

8. METODOLOGÍA

8.1. DISEÑO

8.1.1. POBLACIÓN

La población a estudiar serán semillas de frijol negro.

8.1.2. MUESTRA

100 semillas con tres réplicas por concentración, por cada uno de los tres herbicidas.

8.1.3. CONTROL

300 semillas para hacer las comparaciones.

8.1.4. TRATAMIENTOS

Cinco concentraciones diferentes, en %v/v, por cada herbicida. Puesto que son 3 herbicidas en total se contará con 15 tratamientos diferentes: 1. Elimina (1,5; 0,15; 0,015;

0,0015 y 0,00015), Paraquat (1,5; 0,15; 0,015; 0,0015 y 0,00015), y Glifosato (1,0; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001).

8.2. TÉCNICAS A USAR EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

8.2.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

Germinación

Previo a la experimentación, se llevó a cabo una prueba con cien semillas para calcular el tiempo promedio de germinación normal, utilizando solo agua. Para exponer las semillas de frijol negro a cada solución de herbicida a ensayar se utilizó algodón remojado en dicha solución. Se colocaron en cinco filas de 20 semillas, enrollando cada fila. Después se cubrió con plástico para minimizar la evaporación. Cada rollo tuvo una mecha que entraba en contacto con un recipiente que llevaba la concentración estudiada. Por problemas logísticos no fue posible colocar los rollos en una cámara de germinación, así que todos los tratamientos quedaron expuestos al ambiente. Luego de pasado el tiempo promedio establecido para la germinación normal, se contó y anotó el número de semillas que lograron germinar en cada réplica y en el blanco.

Crecimiento:

Al igual que para la germinación, se realizó una prueba con cuarenta semillas para determinar el promedio del crecimiento del tallo en las primeras 4 semanas. Para hacer el bioensayo, las semillas se hicieron germinar en condiciones normales y una vez germinadas fueron colocadas sobre un sustrato específico (tierra abonada), utilizando pequeños recipientes de plástico de 4 oz. Los tratamientos fueron colocados en un cuarto expuesto a las condiciones climáticas ambientales. No hubo control de las variables humedad y temperatura, no obstante los diferentes tratamientos se hicieron al mismo tiempo, por lo que toda la muestra quedó expuesta a las mismas condiciones. Después de 4 semanas, a cada plántula se le midió el largo del tallo en centímetros.

Concentraciones a evaluar

Se establecieron y prepararon 5 concentraciones (en % v/v): Elimina: 1,5; 0,15; 0,015; 0,0015 y 0,00015; Paraquat: 1,5; 0,15; 0,015; 0,0015 y 0,00015; Glifosato: 1,0; 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001.

8.2.2. ANÁLISIS DE DATOS

Los datos serán analizados por medio de Análisis de Varianza (ANDEVA).

8.3. INSTRUMENTOS PARA REGISTRO Y MEDICIÓN DE LAS OBSERVACIONES

Para registrar el porcentaje de germinación se contaron las semillas en las cuales la testa se rompió y luego se sacó el porcentaje de cada réplica. Se sacó el promedio de las

réplicas y este número se comparó con el promedio del blanco. El tallo se midió con regla y las medidas se tomaron en centímetros, de la superficie del sustrato hasta el ápice. De la misma forma se sacaron los promedios los cuales fueron comparados con los promedios del control.

9. RESULTADOS

Germinación

Fig 1. Porcentaje de Germinación de Frijol con Elimina

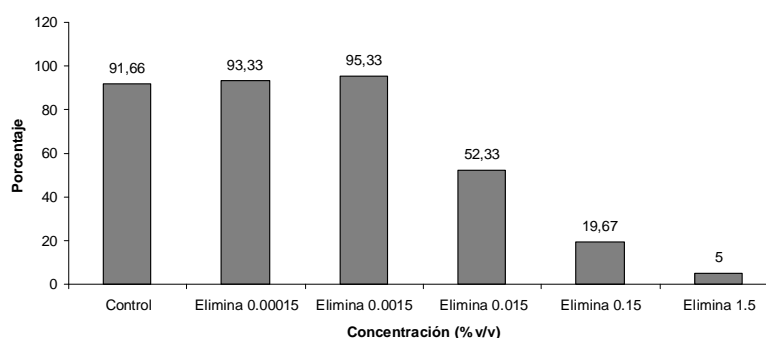


Tabla 1. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Elimina

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
E 0,00015	3	280	93,33333333	25,33333333
E 0,0015	3	286	95,33333333	41,33333333
E 0,015	3	157	52,33333333	1545,333333
E 0,15	3	59	19,66666667	26,33333333
E 1,5	3	15		9

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	24215,11111	5	4843,022222	16,96660179	4,48813E-05	3,105875239
Dentro de los grupos	3425,333333	12	285,4444444			
Total	27640,44444	17				

Tabla 2. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Elimina 0,00015 % v/v.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
E 0,00015	3	280	93,33333333	25,33333333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,166666667	1	4,166666667	0,091911765	0,776874213	7,708647421
Dentro de los grupos	181,3333333	4	45,33333333			
Total	185,5	5				

Tabla 3. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Elimina 0,0015 % v/v.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
E 0,0015	3	286	95,33333333	41,33333333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	20,16666667	1	20,16666667	0,378125	0,571867214	7,708647421
Dentro de los grupos	213,3333333	4	53,33333333			
Total	233,5	5				

Fig. 2. Porcentaje de Germinación de Frijol con Paraquat

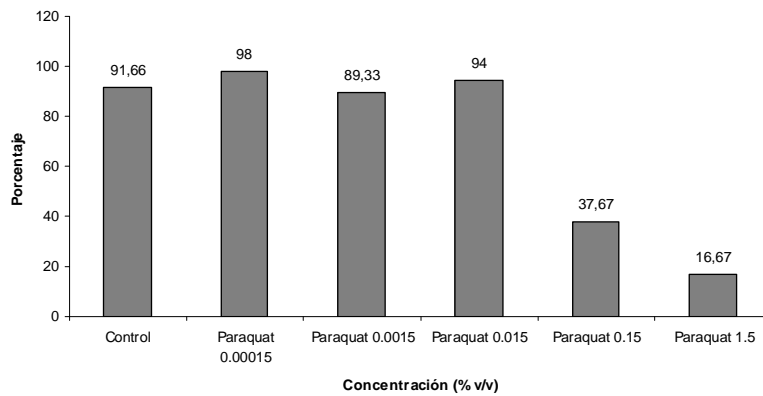


Tabla 4. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Paraquat.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
P 0,00015	3	294	98	4
P 0,0015	3	268	89,33333333	120,3333333
P 0,015	3	282	94	21
P 0,15	3	113	37,66666667	17,33333333
P 1,5	3	50	16,66666667	30,33333333

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	18252,44444	5	3650,488889	84,78554839	6,15563E-09	3,105875239
Dentro de los grupos	516,6666667	12	43,05555556			
Total	18769,11111	17				

Tabla 5. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Paraquat 0,00015 % v/v.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
P 0,00015	3	294	98	4

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	60,16666667	1	60,16666667	1,735576923	0,258093836	7,708647421
Dentro de los grupos	138,6666667	4	34,66666667			
Total	198,8333333	5				

Tabla 6. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Paraquat 0,015 % v/v.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
P 0,015	3	282	94	21

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	8,166666667	1	8,166666667	0,189189189	0,686030866	7,708647421
Dentro de los grupos	172,6666667	4	43,16666667			
Total	180,8333333	5				

Fig. 3. Porcentaje de Germinación de Frijol con Glifosato

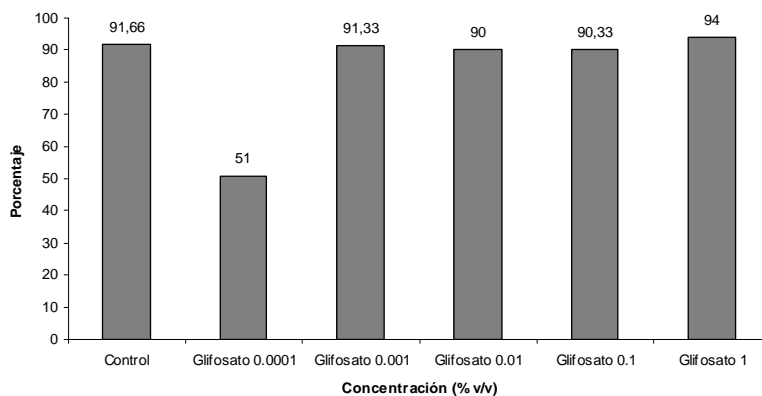


Tabla 7. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Glifosato.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
G 0,0001	3	153	51	363
G 0,001	3	274	91,33333333	16,33333333
G 0,01	3	270	90	19
G 0,1	3	271	90,33333333	34,33333333
G 1	3	282	94	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4123,611111	5	824,7222222	9,627107652	0,000698985	3,105875239
Dentro de los grupos	1028	12	85,66666667			
Total	5151,611111	17				

Tabla 8. ANDEVA del Porcentaje de Germinación con Glifosato, excepto concentración 0,0001 % v/v.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Control	3	275	91,66666667	65,33333333
G 0,001	3	274	91,33333333	16,33333333
G 0,01	3	270	90	19
G 0,1	3	271	90,33333333	34,33333333
G 1	3	282	94	16

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	29,73333333	4	7,433333333	0,246136865	0,905530406	3,478049691
Dentro de los grupos	302	10	30,2			
Total	331,7333333	14				

Crecimiento de Tallo

Fig. 4. Porcentaje de Plántulas Logradas

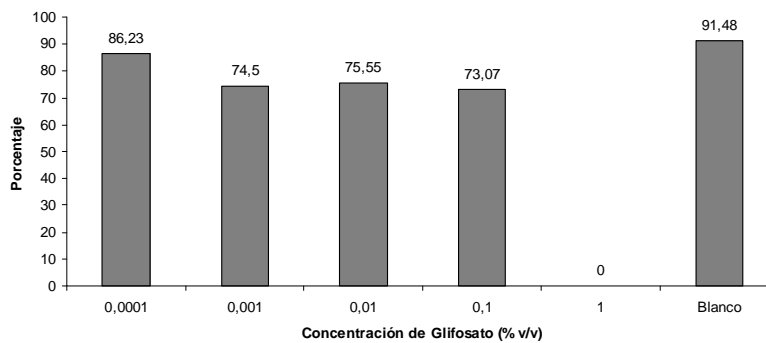


Fig. 5. Altura Promedio de Tallo de Frijol Normal en R1

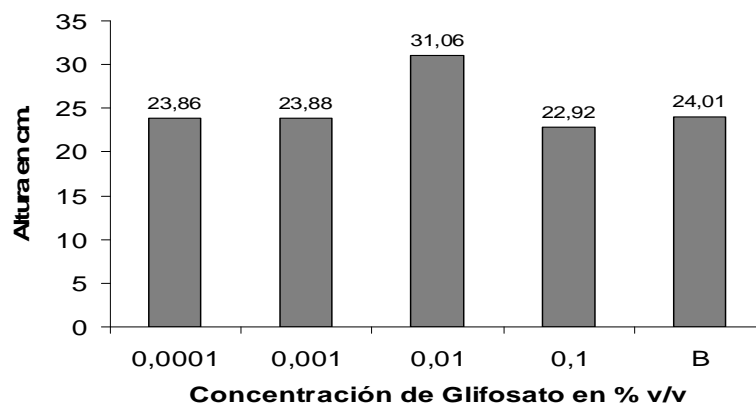


Tabla 9. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato, en R1.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco (1)	43	1032,5	24,01162791	65,32390919
G 0,0001 (1)	41	978,4	23,86341463	36,95937805
G 0,001 (1)	36	859,6	23,87777778	27,13263492
G 0,01 (1)	40	1242,5	31,0625	62,07163462
G 0,1 (1)	36	825,2	22,92222222	56,62920635

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1758,437396	4	439,6093489	8,769746068	1,60691E-06	2,418937108
Dentro de los grupos	9574,437502	191	50,12794504			
Total	11332,8749	195				

Tabla 10. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato al 0,01 % v/v, en R1.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco (1)	43	1032,5	24,01162791	65,32390919
G 0,01 (1)	40	1242,5	31,0625	62,07163462

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1030,234353	1	1030,234353	16,15851134	0,000129835	3,958851525
Dentro de los grupos	5164,397936	81	63,75799921			
Total	6194,632289	82				

Fig. 6. Altura Promedio de Tallo de Frijol Normal en R2

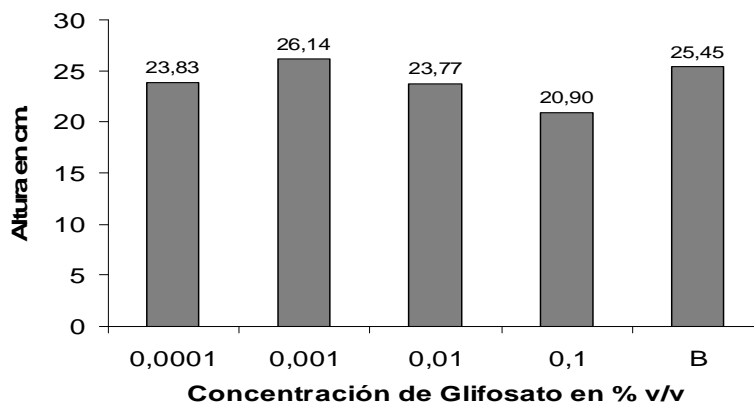


Tabla 11. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato, en R2.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco (2)	43	1094,4	25,45116279	36,26160576
G 0,0001 (2)	42	1000,9	23,83095238	31,070482
G 0,001 (2)	36	941,1	26,14166667	19,71907143
G 0,01 (2)	33	784,5	23,77272727	69,29079545
G 0,1 (2)	32	668,7	20,896875	37,07837702

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	563,1967133	4	140,7991783	3,718335262	0,006197656	2,421564151
Dentro de los grupos	6853,779846	181	37,86618699			
Total	7416,976559	185				

Tabla 12. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato al 0,001 % v/v, en R1.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco (2)	43	1094,4	25,45116279	36,26160576
G 0,001 (2)	36	941,1	26,14166667	19,71907143

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	9,342779659	1	9,342779659	0,325053624	0,570246179	3,96509394
Dentro de los grupos	2213,154942	77	28,74227197			
Total	2222,497722	78				

Fig. 7. Altura Promedio de Tallo de Frijol Normal en Muestra Total

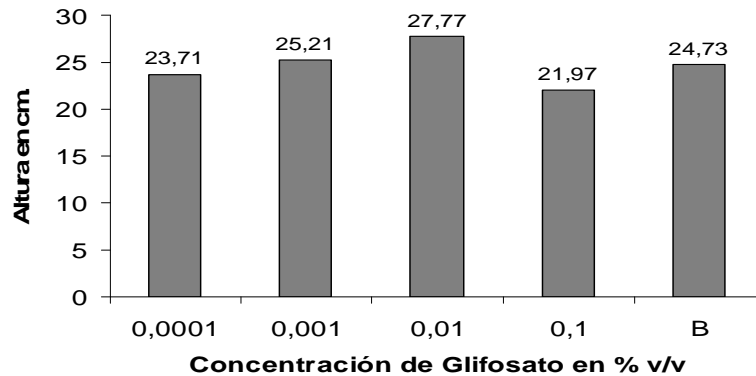


Tabla 13. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato, en R1+R2.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco	86	2126,9	24,73139535	50,71935568
G 0,0001	83	1979,3	23,84698795	33,56447252
G 0,001	72	1800,7	25,00972222	24,39525626
G 0,01	73	2027	27,76712329	77,76390411
G 0,1	68	1493,9	21,96911765	47,7753007

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1261,087379	4	315,2718447	6,755015839	2,93183E-05	2,395617956
Dentro de los grupos	17595,44142	377	46,6722584			
Total	18856,5288	381				

Tabla 14. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato al 0,001 % v/v, en R1+R2.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco	86	2126,9	24,73139535	50,71935568
G 0,001	72	1800,7	25,00972222	24,39525626

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	3,035876795	1	3,035876795	0,078368434	0,77989161	3,9017606
Dentro de los grupos	6043,208427	156	38,73851556			
Total	6046,244304	157				

Tabla 15. ANDEVA del Tamaño del Tallo con Glifosato al 0,01 % v/v, en R1+R2.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Blanco	86	2126,9	24,73139535	50,71935568
G 0,01	73	2027	27,76712329	77,76390411

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	363,8730426	1	363,8730426	5,764603851	0,017521713	3,901372091
Dentro de los grupos	9910,146328	157	63,12195114			
Total	10274,01937	158				

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Germinación

Elimina

En este tratamiento (Fig. 1), el porcentaje de germinación más alto lo observamos para la concentración 0,0015 %v/v. Así también, la concentración 0,00015 %v/v tuvo un porcentaje mayor que el blanco. Los demás tratamientos, los más concentrados, tuvieron porcentajes más bajos que el control, y el más concentrado tuvo un porcentaje muy bajo, 5%. A mayor concentración, el porcentaje de germinación se redujo, y cuando se utilizaron concentraciones muy bajas aumentó.

El ANDEVA realizado para los seis tratamientos, cinco concentraciones más el blanco (Tabla 1), mostró una diferencia entre los tratamientos. Este resultado es lógico ya que las concentraciones altas presentaron porcentajes de germinación muy bajos, en comparación con el blanco y las concentraciones bajas. Para saber si existía diferencia entre las concentraciones más bajas y el blanco, realizamos un nuevo ANDEVA, dejando a un lado las concentraciones más altas. Estos nuevos análisis (Tablas 2 y 3) mostraron que no existía diferencia entre los tratamientos.

Paraquat

En este tratamiento (Fig. 2) observamos un comportamiento similar al anterior. En este caso los porcentajes más altos se dieron para las concentraciones 0,00015 %v/v y 0,015 %v/v, ambos más altos que el blanco. Las concentraciones más altas presentaron los porcentajes más bajos. Esto es consecuente ya que estas concentraciones se aproximan a la concentración letal del herbicida. Aquí también observamos la tendencia de que a menor concentración se aumenta el porcentaje de rendimiento.

Al igual que en el tratamiento anterior, el ANDEVA realizado (Tabla 4) mostró diferencias entre los tratamientos, lo cual es lógico debido a las grandes diferencias entre las concentraciones más altas y más bajas. Las pruebas realizadas con las concentraciones más bajas (Tablas 5 y 6) mostraron que no existía diferencia entre los tratamientos.

Glifosato

Este tratamiento tuvo un comportamiento completamente distinto a los dos anteriores. Observamos que los porcentajes de germinación son muy similares entre las distintas concentraciones (Fig. 3), a excepción de la concentración más baja que presentó el porcentaje más bajo, 51 %. Los demás porcentajes estuvieron entre 90 y 94 %. Aquí no observamos la tendencia mencionada para los tratamientos anteriores. La diferencia puede que sea a raíz del hecho que el Glifosato es un herbicida que generalmente se utiliza post germinación, es decir que se aplica a las hierbas después de que las semillas hayan germinado.

Como era de esperarse el ANDEVA de los seis tratamientos, cinco concentraciones más el blanco (Tabla 7), mostró diferencia entre éstos. Para hacer el análisis más preciso se volvió a realizar haciendo a un lado los resultados de la concentración más baja. Este nuevo análisis (Tabla 8) reveló que no existía diferencia entre los tratamientos.

Con los resultados expuestos hasta el momento, podemos decir que bajo las condiciones de este estudio no fue posible demostrar si la adición de al menos uno de los herbicidas administrados en dosis no letales estimulaba la germinación del frijol negro. El efecto de hormesis no se hizo evidente. No obstante en dos de los tres herbicidas estudiados, observamos que las concentraciones más bajas incrementaban ligeramente el porcentaje de germinación con respecto al blanco, y que las concentraciones más altas disminuían este porcentaje. Estas dos condiciones son características del efecto de hormesis. En ese sentido sería recomendable realizar futuros estudios, afinando la escala de concentraciones utilizadas y midiendo otras variables como el tiempo de germinación y no únicamente el porcentaje. Asimismo, sería interesante utilizar semillas silvestres para ver si en estas se presenta el mismo fenómeno. Una de las causas probables por las que no pudimos demostrar el efecto de hormesis, es que usamos semillas mejoradas, de alto rendimiento, por lo que no contábamos con un amplio rango que nos permitiera medir el efecto directamente en el porcentaje de germinación.

Crecimiento del Tallo

Debido a cuestiones logísticas no fue posible evaluar los tres herbicidas para el crecimiento del tallo. Decidimos estudiar el efecto del Glifosato, debido a que generalmente este herbicida se utiliza después de la germinación. Hicimos dos réplicas, las cuales inicialmente se analizaron por separado y luego realizamos un análisis en el cual juntamos todos los datos. Sacamos el porcentaje de plántulas logradas, juntando los datos de ambas réplicas.

El porcentaje de plántulas logradas (Fig. 4) fue variado y respondió en buena medida a las concentraciones utilizadas. El porcentaje más alto lo obtuvo el blanco con un 91,48 %. Luego le siguió la concentración más baja 0,0001 %v/v con 86,23 %; 0,01 %v/v con 75,55 %; 0,001 con 73,07 %; y por último 1 %v/v con ninguna plántula lograda. Este último tratamiento fue excluido de los siguientes análisis.

Para la primera réplica (Fig. 5) observamos que la concentración 0,01 %v/v presentó la altura promedio más alta: 31,06 cm. Este tratamiento mostró un incremento de más de 7 cm. con respecto al blanco que tuvo una altura promedio de 24,01 cm. Todos los demás tratamientos, presentaron alturas promedio muy similares al blanco, pero en todos los casos más bajas: 0,001 %v/v con 23,88 cm.; 0,0001 %v/v con 23,86 cm. y 0,1 %v/v con 22,92 cm. El ANDEVA realizado para los cinco tratamientos, cuatro concentraciones más el blanco (Tabla 9), mostró una diferencia entre los tratamientos. Para determinar si existía diferencia entre el blanco y la concentración 0,01 %v/v, realizamos un nuevo ANDEVA (Tabla 10) y se afirmó la diferencia entre estos tratamientos.

Para la segunda réplica (Fig. 6) observamos que la concentración 0,001 %v/v presentó la altura promedio más alta: 26,14 cm. El blanco presentó una altura promedio de 25,45 %v/v y los demás tratamientos tuvieron alturas promedio más bajas: 0,0001 %v/v con 23,83 cm.; 0,01 %v/v con 23,77 cm. y 0,1 %v/v con 20,90 cm. El ANDEVA realizado para los cinco tratamientos, cuatro concentraciones más el blanco (Tabla 11), mostró una diferencia entre los tratamientos. En este caso realizamos otro ANDEVA para comparar al blanco con la concentración 0,001 %v/v (Tabla 12) y no encontramos diferencias.

Al juntar las dos réplicas obtuvimos que la altura promedio más alta fue la de la concentración 0,01 %v/v con 27,77 cm.; seguida por 0,001 %v/v con 25,21 cm.; el blanco con 24,73 cm.; 0,0001 %v/v con 23,71 cm. y por último 0,1 %v/v con 21,97 cm. El ANDEVA realizado para los cinco tratamientos (Tabla 13) mostró que existía diferencia entre los ellos. El ANDEVA entre el blanco y la concentración 0,001 %v/v (Tabla 14) mostró que no existía diferencia entre estos grupos. Por otro lado el ANDEVA entre el blanco y la concentración 0,01 %v/v mostró que existía diferencia entre estos dos tratamientos.

Con esta información podemos decir que bajo las condiciones de este estudio no fue posible demostrar si la adición de Glifosato administrado en dosis no letales estimulaba el crecimiento del tallo del frijol negro. Para esta variable el efecto de hormesis tampoco se hizo evidente. A pesar de que la concentración 0,01 %v/v presentó un aumento de la altura promedio con respecto al blanco, no podemos decir que se trate de un aumento real, ya que las diferencias entre las réplicas son muy grandes. Para la primera réplica este tratamiento superaba por más de 7 cm. al blanco, mientras que para la segunda fue más de 1,5 cm. más bajo. Por otro lado, se hicieron muy pocas réplicas y esto le resta robustez al análisis. Al igual que para la germinación, para futuros estudios sería interesante afinar la escala de concentraciones para poder estudiar mejor el fenómeno.

Las hipótesis del estudio quedan por probar, ya que se requiere de muestras mucho más grandes que sean estadísticamente significativas.

11. CONCLUSIONES

- La adición de dosis no letales de herbicidas no estimuló la germinación del frijol negro.
- La adición de dosis no letales de Glifosato no estimuló el crecimiento del tallo del frijol negro.
- Para la germinación se observó un comportamiento característico de la hormesis (estimulación a bajas dosis e inhibición a dosis elevadas), aunque no fue posible demostrarlo estadísticamente.
- En el crecimiento del tallo no se observó este comportamiento de manera tan evidente, no obstante, en ambas réplicas, concentraciones bajas aunque distintas, presentaron una altura promedio mayor.

12. RECOMENDACIONES

- Desarrollar el estudio con una muestra más grande.
- Para implementar este tipo de estudio se sugiere contar con capacidad para albergar muestras de varios cientos de plántulas a la vez.
- Para futuros estudios se estima necesario ampliar el rango de concentraciones utilizadas.
- En el estudio del fenómeno de hormesis, en especial cuando se trabaje con alimentos y sustancias tóxicas, será necesario contemplar pruebas de seguridad para asegurar que las posibles aplicaciones no sean perjudiciales para el ser humano.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alzogaray, R. Un poquito de veneno estimula y sienta bien. *Ciencia Hoy*. 2004; 14 (81).
2. An, M., I. R. Johnson, y Lovett, J. Mathematical modeling of allelopathy: biological response to allelochemicals and its interpretation. *J. Chem. Ecol.* 1993; 19: 2379-88.
3. Calabrese E., Baldwin, L. The dose determines the stimulation (and poison): Development of a chemical hormesis database. *Int J Toxicol.* 1997; 16: 545-559.
4. Calabrese, E y Baldwin, L. A quantitatively-based methodology for the evaluation of chemical hormesis. *Hum Ecol Risk Assess.* 1997; 3: 545-554.
5. Calabrese, E. y Baldwin, L. 1998. Hormesis as a Biological Hipotesis. *Environmental Health Perspectives Supplements*. 106(S1). Disponible en: <http://www.ehponline.org/realfiles/members/1998/Suppl-1/357-362calabrese/full.html>
6. Calabrese, E. y Baldwin, L. Defining hormesis. *Human Exp. Toxicol.* 2002; 21: 91-7.
7. Calabrese, E. y Baldwin, L. Hormesis: La Revolución de la Dosis y la Respuesta. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. 2003; 43:175-197.
8. Dissanayake, N., Hoy, J y Griffin, L. Herbicide Effects on Sugarcane Growth, *Pythium Root Rot*, and *Pythium arrhenomanes*. *The American Phytopathological Society*. 1998; 88 (6):535.
9. Foekens, J., Sieuwerts, A., Stuurman-Smeets, E; Dorssers, L; Berns, E y Klijn, J. Pleiotropic actions of suramin on the proliferation of human breast cancer cells in vitro. *Int J Cancer*. 1992; 51: 439-44.

10. Chueh S; Guh, C; Chen J; Lai, M y Teng, C. Dual effects of ouabain on the regulation of proliferation and apoptosis in human prostatic smooth muscle cells. *J Urol.* 2001; 166: 347-53.
11. Cuttler, J. Los Significantes Beneficios de la Radiación Nuclear. Fundación Argentina de Ecología Científica –FAEC-. 21st Century Science & Technology. 2001; 14 (3).
12. Duke, S.O., N. Cedergreen, E. D. Velini, & R. G. Belz. Hormesis: Is It An Important Factor In Herbicide Use And Allelopathy? *Outlooks on Pest Management.* 2006; 17(1): 29-33.
13. Garceau D, Yamaguchi N, Goyer R. Hepatic Adrenoceptors Involved In The Glycogenolytic Response To exogenous (α)-Norepinephrine In The Dog Liver In Vivo. *Life Sci.* 1985; 37: 1963-70.
14. Luckey, T. Radiation Hormesis: Biopositive Effect of Radiation. *Radiation Science and Health.* 1998. Estados Unidos.
15. Manchado, A; Cervantes, J y Obregón, L. Evidencias Sobre la Hormesis por Radón-222 en el Balneario Elguea, Cuba. *Memorias de la Primera Convención de Ciencias de la Tierra.* 2005.
16. Parson, P. Metabolic Efficiency In Response to Environmental Agents Predicts Hormesis and Invalidates the Linear No-Threshold Premise: Ionizing Radiation as a Case Study. *Crit. Rev. Toxicol.* 2003; 33: 443-50.
17. Smith, E. Effects of Ultra-Violet Radiation and Temperature on *Fusarium*: II. Stimulation. *Bull Torrey Bot Club.* 1935; 62: 151-64.
18. Wiedman, S. y Appleby, A. Plant Growth Stimulation by Sublethal Concentrations of Herbicides. *Weed Research.* 1972; 12: 65.