


Comparación del método *Phytotoxkit* con análisis químicos tradicionales, para su consideración como primera opción en la determinación de la toxicidad de agua y suelo en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, Guatemala

Comparison of the Phytotoxkit method with traditional chemical analyses, for its consideration as the first option in determining the toxicity of water and soil in the municipality of San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, Guatemala

Gricelda Liseth de León Ramírez

Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible,
CUSAM-USAC

lisethsolecito529@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-9216-4082>

RESUMEN

Objetivo: demostrar que el bioensayo phytotoxkit es tecnología que se puede considerar como primera opción, para determinar toxicidad en agua y suelo. Método: El bioensayo phytotoxkit; el método de análisis de agua y suelo según Acuerdo Gubernativo 236-2006; y el método de análisis químico del suelo. Al obtener los resultados con cada uno de los métodos, se realizó una comparación para determinar qué método es el más práctico, considerando las variables rapidez, factibilidad, especificidad y accesibilidad económica, los resultados generales fueron: El método phytotoxkit obtuvo 87.5 pts.; el método químico del agua y suelo (Acuerdo 236-2006) 35pts.; Y el método químico del suelo 57.5pts. Determinándose por lo anterior que el método phytotoxkit se puede considerar como la primera opción para evaluar toxicidad en agua y suelo. Adicionalmente con los resultados recabados, se realizó un análisis para determinar la utilidad y practicidad del método phytotoxkit en la agricultura.

Palabras clave: Phytotoxkit, Toxicidad, Agua.

ABSTRACT

Objective: to demonstrate that the phytotoxkit bioassay is a technology that can be considered as the first option to determine toxicity in water and soil. Method: The phytotoxkit bioassay; the method of analysis of water and soil according to Government Agreement 236-2006; and the method of chemical soil analysis. When obtaining the results with each of the methods, a comparison was made to determine which method is the most practical, considering the variables speed, feasibility, specificity and economic accessibility, the general results were: The phytotoxkit method obtained 87.5 pts.; the chemical method of water and soil (Agreement 236-2006) 35pts.; And the chemical soil method 57.5pts. Determined by the above that the phytotoxkit method can be considered as the first option to evaluate toxicity in water and soil. Additionally, with the results obtained, an analysis was carried out to determine the usefulness and practicality of the phytotoxkit method in agriculture.

Keywords: Phytotoxkit, Toxicity, Water.

El autor declara que no tiene ningún conflicto de interés. El estudio fue financiado con recursos del autor.
Recibido: abril 20 de 2022 / Aceptado: julio 29 de 2022 / Publicado: octubre 30 de 2022

INTRODUCCIÓN

El desarrollo global en las últimas décadas se ha caracterizado por incrementar rápidamente la utilización de sustancias químicas, las cuales son liberadas al ambiente en grandes cantidades, generando impactos negativos (Torres, 2003). Con esta problemática también ha crecido el interés de la ciencia por conocer y proteger el ambiente elaborando criterios físicos, químicos y biológicos para estimar el impacto de la actividad humana sobre los ecosistemas (Argenbio, 2005).

Según Torres (2003) parte de esos criterios biológicos son los bioensayos, ganando aceptación fundamentalmente porque son confiables, simples y rápidos. Dentro de estos bioensayos está el “Método Phytotoxkit”, cuya versatilidad y cualidades, generaron la presente investigación, para compararlo con dos análisis químicos tradicionales que evalúan toxicidad en agua y suelo. Para realizar la comparación fue necesario desarrollar los tres métodos utilizando dos muestras, el efluente y los lodos, ambos de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

Las variables comparadas fueron la rapidez, factibilidad, especificidad y la accesibilidad económica, en las tres variables se colocó en primer lugar Phytotoxkit, al determinarse que puede reducir sus costos, siendo este el único aspecto a mejorar. Además, se estableció que el método Phytotoxkit es práctico, ofreciendo diversos beneficios y aplicabilidades para las ciencias agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Objetivos

Objetivo General

- Demostrar que el método Phytotoxkit se puede considerar como primera opción para determinar toxicidad en agua y suelo, en condiciones de laboratorio en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

Objetivos Específicos

- Aplicar los métodos Phytotoxkit y químicos tradicionales a dos muestras, el efluente y el lodo de una planta de tratamiento de aguas residuales.

- Comparar los métodos Phytotoxkit y químicos tradicionales, para evaluar la rapidez, factibilidad, especificidad y accesibilidad económica de cada uno.
- Identificar el beneficio y utilidad del método Phytotoxkit, en el campo agrícola.

Toma y envío de muestras

Se tomaron las muestras del efluente y de los lodos, de la planta municipal de tratamiento de aguas residuales -PTAR- del municipio de San Miguel Ixtahuacán, del departamento de San Marcos. Los duplicados de las muestras fueron enviados a laboratorios nacionales, para realizar análisis químicos.

Fase de Laboratorio

Muestras de Agua

En el efluente de la -PTAR- se colocaron diez semillas de cada una de las siguientes especies: mostaza (*Sinapis alba*), sorgo (*Sorghum saccharatum*) y berro de jardín (*Lepidium sativum L.*) con 3 repeticiones de bandejas por especie, utilizando como sustrato un suelo estándar que se irrigó con agua de la muestra y con agua desmineralizada para el testigo.

Muestra de Suelo

En una muestra de lodos (del patio de secado de lodos) de la PTAR, poniendo a germinar diez semillas de las mismas especies de plantas utilizadas en la muestra de agua, colocando 3 repeticiones de bandejas por especie, irrigadas con agua desmineralizada y como sustrato el suelo de la muestra y un suelo estándar en la muestra testigo. Previamente se determinó “WHC” (water holding capacity).

RESULTADOS

Análisis de resultados de laboratorios según el Método Phytotoxkit

Se contó el número de semillas germinadas y se midió la longitud radical, se calculó el índice de germinación (IG) el cuál se expresó como porcentaje respecto al testigo, se calculó el porcentaje de inhibición del crecimiento de raíces, por

medio de una fotografía analizada con el Freeware Image J. (COGUANOR, 2019)

Comparación del método Phytotoxkit con los métodos Químicos para evaluar toxicidad en agua y suelo

Se compararon las variables rapidez, factibilidad, especificidad y accesibilidad de los métodos.

Determinación del Beneficio, Utilidad y Practicidad que el Método Phytotoxkit, aporta a la Agricultura

En base a los resultados, se realizó un análisis de los aportes que el método ofrece a las ciencias agrícolas.

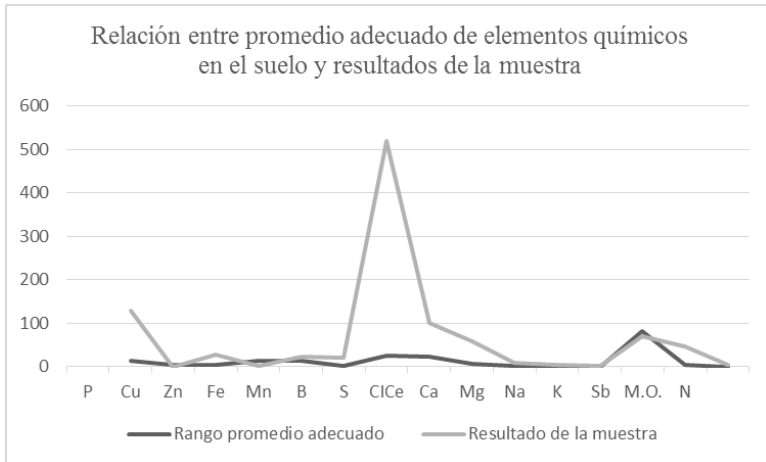
Análisis Químico a Muestra de Lodo de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales –PTAR-

Se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Planta “Salvador Castillo Orellana”, en la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los resultados muestran parámetros y las cantidades máximas y mínimas para la mayoría de las plantas.

De los 16 parámetros considerados, 13 están muy por encima de los límites promedio y 3 por debajo, siendo las diferencias muy significativas, por lo que se concluye de manera general que la muestra de lodo no es apta para el desarrollo de ninguna planta, como se observa en la Figura 1.

Figura 1

Relación entre Promedio Adecuado de Elementos Químicos en el Suelo y Resultados de la Muestra



Fuente: Trabajo de campo, 2021

Análisis según Acuerdo Gubernativo 236-2006 que Trata el Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos

Muestra de Lodo de PTAR

La muestra fue analizada en el Laboratorio de Ecosistemas Proyectos Ambientales S.A, siguiendo los lineamientos del Acuerdo 236-2006, este acuerdo contempla los principales metales pesados y se enfoca en los requerimientos de cumplimiento ambiental para la disposición final de la muestra, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación de la muestra en base a la comparación de su resultado y los parámetros y límites máximos permisibles para lodos según el Acuerdo 236-2006, para su disposición final

Parámetros y límites máximos permisibles para lodos (Acuerdo 236-2006) disposición final				
Parámetros	Resultado	Aplicación al suelo mg/kg	Relleno sanitario mg/kg	Confinamiento mg/kg
As	9.97	50	100	>100
Cd	N.D	50	100	>100
Hg	N.D	25	50	>50
Pb	N.D	500	1000	>1000
Cr	N.D	1500	3000	>3000

Fuente: Trabajo de campo, 2021

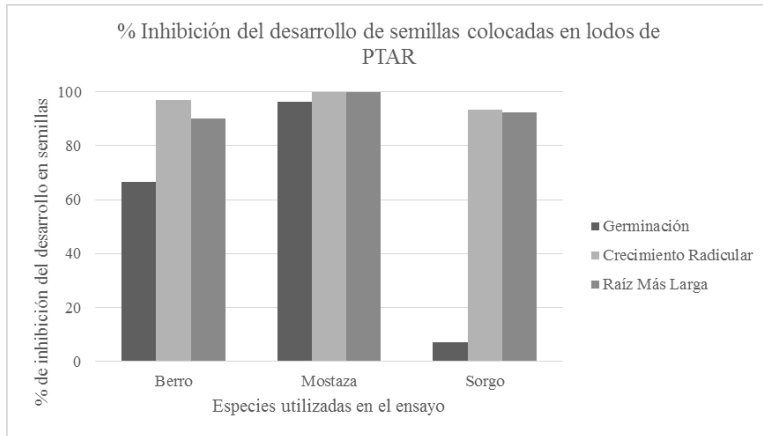
En la mayoría de los parámetros se obtuvo N.D (No Detectable). El único con valores detectables es el Arsénico (Ar) con 9.97mg/Kg, y según la clasificación por límites máximos, según el “Artículo 43. Aplicación al Suelo” esta muestra puede ser aplicada al suelo sin ningún problema incluso a una relación de doscientos mil Kg/ha por año. (Acuerdo Gubernativo No. 236-2006).

Resultados del Método Phytotoxkit para la Muestra de Lodo de PTAR

Los parámetros resultantes fueron, % promedio de inhibición de la germinación, % promedio de inhibición del crecimiento radicular y % promedio de inhibición del crecimiento radicular en relación con la raíz más larga y en resumen la inhibición del desarrollo, ver figura 2.

Figura 2

Inhibición del Desarrollo en Semillas de tres Especies, Colocadas en Lodos de PTAR



Fuente: trabajo de campo, 2021

Con los resultados obtenidos se concluye que los lodos afectaron en 56.66% la germinación y 95.7% el desarrollo, por lo que se determina que la muestra es toxica. (Lanneau W, 2019).

Resultados de Análisis Químico a muestra de Efluente de PTAR

La segunda muestra analizada, fue la muestra del efluente de la -PTAR-, y debido a su naturaleza se le realizaron los análisis que establece el Acuerdo Gubernativo 236-2006.

Se compararon los límites permisibles de una PTAR en su etapa inicial con resultados obtenidos de la muestra del efluente, ninguno de los parámetros resultantes de la muestra supera los máximos permisibles y la mayoría fueron ND (no detectables), ver Tabla 2.

Tabla 2

Límites máximos permisibles, comparados con los resultados de la muestra de efluente

PARÁMETRO	DIMENSIONAL	LÍMITE PERMISIBLE	RESULTADOS
			DE EFLUENTE
			PTAR
Ph	unidades	6 a 9	6.69
Aceites y grasas	mg/l	100	N.D
Materia Flotante	mg/l	Ausente	Ausente
DBO	mg/l	100	14
DQO	mg/l		85
Solidos suspendidos	mg/l	70	47
Solidos sedimentables	mg/l		<1
Nitrógeno total	mg/l	70	96
Fósforo total	mg/l	20	12.4
Arsénico As	mg/l	0.1	0.019
Cadmio Cd	mg/l	0.1	N.D
Cianuros	mg/l	1	N.D
Cobre Cu	mg/l	3	N.D
Cromo hexavalente	mg/l	0.1	N.D
Mercurio Hg	mg/l	0.02	N.D
Niquel Ni	mg/l	2	N.D
Plomo Pb	mg/l	0.4	N.D
Zinc Zn	mg/l	10	0.14
Color real	Unid, Pt-Co	750	47
Coliformes fecales	NMP/100ml	<1X10 ⁴	4.9x10 ²

Fuente: Trabajo de campo, 2021

Para analizar esta información, se requiere cierta experiencia y conocimiento sobre el tema, aunque no permite observar los efectos que la muestra puede causar en organismos vivos, en conclusión, no se puede estudiar la toxicidad del agua, con este tipo de análisis.

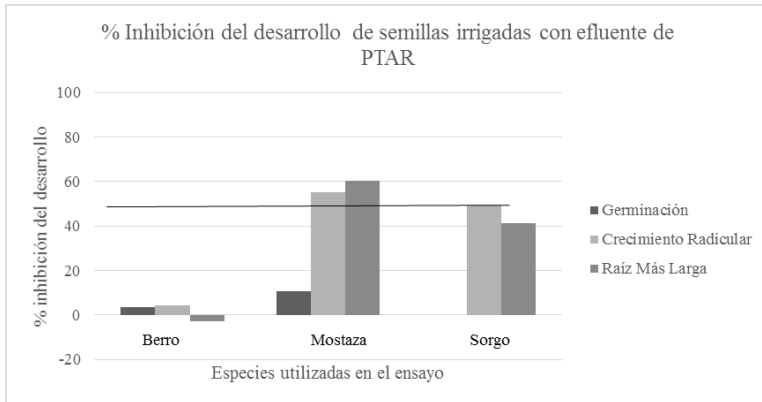
Resultados de la muestra del efluente de PTAR con Phytotoxkit

Inhibición en el Desarrollo

Esta variable es el resumen de la inhibición de la germinación, inhibición del crecimiento radicular y la inhibición del crecimiento radicular en relación con la raíz más larga, observar Figura 3.

Figura 3

Inhibición del desarrollo en semillas de tres especies, irrigadas con efluente de PTAR



Fuente: Trabajo de campo, 2021

Con los resultados se concluye que el efluente es levemente tóxico, afectando negativamente un 4.8% la germinación y 34.59% el desarrollo de la plántula; se considera tóxica una matriz que afecte al 30% a la germinación y al desarrollo de los bioindicadores (Lanneau W, 2019).

Comparación del Método Phytotoxkit con métodos químicos tradicionales

Evaluación de Rapidez

Se compararon tiempos a partir de la toma de muestras hasta obtener resultados, como se muestra la tabla 3.

Tabla 3

Evaluación de rapidez

Método	Evaluación de Rapidez de los métodos Químico de agua y suelo (Acuerdo 236- 2006)		Químico del suelo
	Phytotoxkit	Químico de agua y suelo (Acuerdo 236- 2006)	
De 0 a 1 semana			
De 1 a 3 semanas			
De 3 a 5 semanas			

Fuente: Trabajo de campo, 2021

El método Phytotoxkit en una semana, el método según Acuerdo 236-2006 tardó tres semanas y el método de análisis químico de suelo demoró más de cinco semanas, específicamente 23 semanas, esto debido a inconvenientes ocasionados por el Covid-19.

Factibilidad

Consideró la disponibilidad de los conocimientos, habilidades en el manejo de los métodos, procedimientos y funciones requeridas para el desarrollo y la implementación, además la disposición del material, equipo y herramientas para llevarlo a cabo, ver Tabla 4.

Tabla 4

Evaluación de la Factibilidad

MÉTODO	Químico de agua y suelo (Acuerdo Químico Phytotoxkit 236-2006) del suelo			
	Phytotoxkit	Químico 236-2006)	Químico del suelo	
Matriz de ponderación para determinar la factibilidad				
No.			Puntuación	
1	Accesibilidad del laboratorio	10	2	4
2	Accesibilidad del equipo necesario	4	2	6
3	Utilización de químicos	10	0	0
4	Disponibilidad de materiales	4	4	2
5	Nivel de experiencia de quién realice los análisis	15	0	0
6	Nivel experiencia de quién interprete resultados	10	5	10
7	Costo de análisis por muestra	10	5	20
Total		63	18	42

Fuente: Trabajo de campo, 2021

En esta evaluación el método Phytotoxkit obtuvo 63 pts.; el método químico del suelo obtuvo 42 pts. y el método químico de agua y suelo según el AG 236-2006, obtuvo 18 pts.

Especificidad

El método Phytotoxkit obtuvo el total de puntos, los métodos químicos obtuvieron 60 puntos cada uno como se observa en la Tabla 5. Se destaca que los tres métodos afirman que a través de los resultados se pueden tomar decisiones inmediatas, pero influye la experiencia del personal para interpretar los resultados para tomar decisiones correctas.

Tabla 5

Evaluación de la especificidad

No.	Matriz de ponderación para determinar la especificidad	Phytotoxkit	Químico de agua y suelo (Acuerdo 236-2006)	Químico del suelo
1	Este método se prueba en seres vivos	20	0	0
2	Este método considera algunas variables ambientales a las que las muestras se encuentran expuestas naturalmente	20	0	20
3	Este método le permite identificar impactos negativos para los seres vivos	20	20	0
4	Este método trabaja con diferentes concentraciones/dosis de la muestra	10	10	10
5	¿Los resultados obtenidos, le permiten tomar decisiones inmediatas?	30	30	30
Total		100	60	60

Fuente: Trabajo de campo, 2021

(Para obtener las respuestas, fueron enviadas boletas para ser respondidas por los responsables de cada laboratorio).

Accesibilidad Económica

Se realizó un análisis de costo considerando los diferentes rubros desde la toma de muestras, hasta obtener los resultados. El menos factible fue el método químico de agua y suelo, cuya inversión es de Q3,693.08; seguido del método Phytotoxkit con Q835.81 y por último el método químico del suelo, cuya inversión es de Q366.27, (observe la Tabla 6) convirtiéndose en el método más factible económicamente pero solo analiza muestras de suelo y puede presentar limitantes si el estudio considera también muestras de agua.

Se identificaron los aspectos que elevan los costos del método Phytotoxkit y se concluyó en que se pueden reducir fácilmente.

Tabla 6

Matriz para evaluar la accesibilidad económica

No.	Rugro	Matriz para evaluar la accesibilidad económica		
		Phytotoxkit	Químico de agua y suelo según Acuerdo 236-2006 COSTO	Químico del suelo
1	Mano de obra	Q95.80	Q24.20	Q11.27
2	Materiales	Q3.21	Q105.30	Q4.00
3	Preservantes	Q0.00	Q250.00	Q0.00
4	Transporte de la muestra	Q0.00	Q101.00	Q101.00
5	Envío de kit	Q7.00	Q0.00	Q0.00
6	Kit	Q722.00	Q0.00	Q0.00
7	Equipo	Q7.80	Q22.58	Q0.00
8	Costo de análisis	Q0.00	Q3,190.00	Q250.00
TOTAL		835.81	Q3,693.08	Q366.27

Fuente: Trabajo de campo, 2021

Comparación General entre Métodos

Se consideraron los cuatros aspectos evaluados en este estudio, asignándole valores a las posiciones en las que cada método se ubicó en cada uno de los aspectos:

Considerando como total 100 pts. Por regla de tres, los resultados quedan de la siguiente forma: Método Phytotoxkit 87.5 pts. Método Químico del agua y suelo (Acuerdo 236-2006) 35pts. Y el método Químico del suelo 57.5pts.

Concluyendo que el método Phytotoxkit es el más factible para determinar toxicidad en agua y suelo.

Beneficio y utilidad del método *Phytotoxkit* en el campo agrícola

A continuación, se enlistan los más trascendentes:

- Los resultados se obtienen rápidamente y en una semana como máximo se puede capacitar a una persona de nivel de educación básica, para poder implementar e interpretar resultados, sobre todo considerando que la agricultura generalmente es un sector con bajo nivel educativo; cualquier agricultor podría alertarse al observar que “sus semillas” no germinaron en determinado sustrato o bajo determinado riego, o al observar que las raíces de “sus plantas” crecen menos.

- Se puede implementar a nivel comunal, descentralizando la necesidad de laboratorios que se encuentran en la ciudad capital y ciudades importantes.
- Considera las variables ambientales.
- Es de fácil manipulación, almacenaje y sus costos pueden reducirse.
- No se necesitó ningún reactivo para obtener los resultados, por el tema de licencias y permisos para comprar y manejar químicos, esto aumenta su practicidad en la agricultura.
- Los equipos y materiales para desarrollar el método Phytotoxkit, se pueden adquirir dentro del país, lo que es muy útil en la agricultura.
- En resumen el beneficio y la utilidad de Phytotoxkit para el campo agrícola, radica en que se trata de un bioensayo, cuyo objetivo principal es determinar toxicidad en agua y suelo, elementos indispensables en la agricultura, utilizando semillas de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, considerando así los dos grandes grupos de las plantas angiospermas, en donde se clasifican los principales cultivos comerciales, por ende, este método puede ser de gran utilidad ayudando a determinar “Fitotoxicidad” que perturbe la germinación y el crecimiento de las plantas; útil para analizar sustratos, fertilizantes sólidos y diferentes tipos de aguas disponibles para riego, enfocándose en optimizar la producción.

CONCLUSIONES

El método Phytotoxkit se puede considerar como primera opción en la determinación de toxicidad de agua y suelo, en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, por ser rápido, factible, específico y económicamente accesible.

La presente investigación se desarrolló con dos tipos de muestras, una de efluente y otra de lodo, ambas de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales de San Miguel Ixtahuacán; las muestras fueron analizadas por dos métodos químicos convencionales, siendo estos el análisis químico de agua y suelo según requerimientos establecidos por el Acuerdo gubernativo 236-

2006, el análisis químico del suelo y a la vez, fueron analizadas con el método Phytotoxkit perteneciente al grupo de los bioensayos.

Los tres métodos utilizados fueron comparados entre sí para determinar su grado de factibilidad, los resultados fueron: primero el método Phytotoxkit, segundo el método de análisis químicos de agua y suelo según el Acuerdo 236-2006 y tercero el método químico del suelo.

Se identificó que el método Phytotoxkit es una útil y práctica herramienta para las ciencias agrícolas y ambientales, permitiendo evaluar por medio de la fitotoxicidad, diferentes sustratos y tipos de agua, utilizados en la producción agrícola, siendo un aporte importante para la ciencia y la agricultura.

REFERENCIAS

- Acuerdo Ministerial No. 105-2008 Guatemala <https://www.mspas.gob.gt/images/files/saludambiente/regulacionesvigentes/Excreta/syAguasResiduales/AcuerdoMinisterial105-2008.pdf>
- Agudelo, E. Gaviria-Restrepo, L. Barrios-Ziolo, L. Cardona-Gallo, SA. 2018. Técnicas para determinar toxicidad en aguas residuales industriales contaminadas con colorantes y pigmentos. *Revista DYNA*, 85(207). 316-327 pp https://www.researchgate.net/publication/330548406_Tecnicas_para_determinar_toxicidad_en_aguas_residuales_industriales_contaminadas_con_colorantes_y_pigmentos
- ARGENBIO (Consejo Argentino para la información y el desarrollo de la biotecnología) 2015. Biomonitorio ambiental y tratamiento de efluentes. En línea. <http://www.argenbio.org/adf/uploads/pdf/Biomonitorio%20y%20tratamiento%20de%20efluentes.pdf>
- COGUANOR (Consejo Nacional de Normalización) 2019. Calidad de suelos- Determinación de los efectos tóxicos de contaminantes en la germinación y crecimiento temprano de las plantas superiores. Norma NTG-ISO 18763 Primera Edición. Guatemala. Feb 08 28pp. ISO (International Organization for Standardization, Guatemala). 18763:2016
- G. Castillo (ed.). 2004. Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas. Estandarización, intercalibración, resultados y

aplicaciones. Ensayo de toxicidad en aguda con semillas de lechuga, *Lactuca sativa* L. IDRC, IMTA, Canadá. 202 pp. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/573/cap4.pdf>

MicroBioTests Inc. 2005? Standard Operational Procedure. (En línea) Industriezone 'De Prijkels' Venecoweg 199810 Nazareth Belgium. <http://www.microbiotests.be>

Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos. Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. Guatemala, 05 de mayo de 2006. 9pp

Solano, M. 1995. Análisis de la contaminación del suelo. Capítulo II, La Contaminación del Suelo. <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/11036/Tasm03de16.pdf>

Torres Rodríguez, MT 2003. Empleo de los ensayos con plantas en el control de contaminantes tóxicos ambientales. (En línea) La Habana, Cuba. Dra. Marina Teresa Torres Rodríguez1

Trujillo-Narcía, A. 2004 Doctorado. Estudio de toxicidad vegetal en suelos con petróleos nuevo e intemperizado. Villahermosa, Tabasco, México. Unidad de El Colegio de la Frontera Sur. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33909405.pdf>

Cómo citar este artículo:

De León Ramírez, G. L. (2022). Comparación del método Phytotoxkit con análisis químicos tradicionales, para su consideración como primera opción en la determinación de la toxicidad de agua y suelo en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, Guatemala. *Revista de Investigación Proyección Científica*, 4(1), 55-69. <https://doi.org/10.56785/ripc.v4i1.11>



Copyright © 2022 Gricelda Liseth de León Ramírez. Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0. Usted es libre para compartir y adaptar el documento para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios.

Resumen de licencia - Texto completo de la licencia