

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
Colegio de Ciencias e Ingeniería, El Politécnico

**Estudio sobre la factibilidad del empleo del contenido interno de las pilas
secas usadas como aditivo de nutrientes para abonos orgánicos.**

Deisy Noemi Criollo Criollo
Carlos Fabara, M.Sc., Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniera Química

Quito, Diciembre 2012

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Ciencias e Ingeniería, el Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Estudio sobre la factibilidad del empleo del contenido interno de las pilas
secas usadas como aditivo de nutrientes para abonos orgánicos.**

Deisy Noemi Criollo Criollo

Carlos Fabara, M.Sc

Director de tesis y

Miembro del comité de tesis

Marcelo Albuja, M.Sc

Miembro del comité de tesis

Lourdes Orejuela, M.Sc.

Miembro del comité de tesis

Santiago Gangotena, Ph.D.

Decano de Colegio de Ciencias e Ingeniería

Quito, Diciembre de 2012

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Deisy Noemi Criollo Criollo

C.I: 1721237947

Fecha: 21 de diciembre 2012

Dedicatoria

Deseo dedicar este trabajo al creador y autor de mi vida, Dios, quien con el amor más puro e incondicional me ha sostenido en los momentos más difíciles de mi vida, y que además ha sido: mi guía, mi fortaleza, mi esperanza, mi sustento y mi amigo fiel. A Dios quien siempre me ha levantado cuando he caído, quien me ha sostenido cuando no he tenido fuerzas y sobre todo quien me ha restaurado cuando he sido lastimada, por eso y mucho más se ha convertido en la razón de mí vivir y existir. Quiero entregarle este esfuerzo en gratitud a Él porque por su gracia me ha permitido llegar hasta aquí.

Agradecimientos

A mis maestros: Carlos Fabara, gracias por su constante apoyo, ayuda, asesoramiento incondicional y dedicación a este trabajo. Marcelo Albuja, gracias por cada palabra de sabiduría y apoyo brindada. Lourdes Orejuela, gracias por su preocupación y ánimo ofrecido.

A la Universidad San Francisco de Quito: por crear personas innovadoras y competentes en todas las áreas.

A mis padres: por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos y por esa motivación constante que jamás dejaron que me rinda. Gracias por dar todo por mí.

A mi amor: por brindarme de su amor puro. Gracias mi vida por siempre decirme que *lo que con lágrimas se siembra con regocijo se cosechará*, fue una palabra que me motivaba a seguir adelante. Te amo mi cielo.

A mis amigas: Gaby eres un tesoro escondido, gracias por apoyarme y animarme en todo momento. Roxy, gracias por tu apoyo y compañía en los laboratorios durante la elaboración de esta tesis, eres muy especial.

Y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

Resumen

En el presente trabajo se realiza una investigación sobre el análisis químico del contenido interno de las pilas secas usadas. Con el fin de probar si su contenido interno puede utilizarse como abono para plantas de jardín. Siendo, esta una nueva alternativa para la disposición final de este desecho. Además, con este estudio se desea fomentar el reciclaje, y disminuir su presencia en los rellenos sanitarios.

Para la elaboración de este estudio, se utilizaron dos marcas de pilas conocidas, pilas A y pilas B. Se realizó una comparación de la composición del contenido interno de pilas y abono orgánico comercial, mediante la cuantificación de analitos, a través de la absorción atómica; y por medio del método de Kjeldahl se cuantificó el contenido de nitrógeno. Como resultado, se obtuvieron los siguientes analitos en los porcentajes más altos: 16.80% de zinc (Zn), 6.46% de manganeso (Mn) y el 2,12% potasio (K) en caso de las pilas A. Mientras que para las pilas B se obtuvo el: 11.26% de zinc (Zn), 5.44 % de manganeso (Mn) y el 2,50% potasio (K). Con estos resultados, se evaluó la eficiencia del abono mediante 9 tratamientos de siembras.

Se demostró que el contenido de pilas, en cantidades menores al 3.5%, mejora el crecimiento, y desarrollo de las plantas, según los indicadores analizados: tiempo de germinación, altura de la planta, color de las hojas y tallo y grosor del tallo. Por lo tanto se concluye que el diseño de una planta industrial para la extracción del contenido interno de pilas y su utilización como abono en plantas de jardín, es una alternativa para la disposición final de este desecho, con un valor agregado innovador y productivo.

Abstract

In this study, an investigation is conducted chemical content analysis internal dry cells. To test if it internal content can be used as fertilizer for garden plants. Since, this is a new alternative for the disposal of this waste. Furthermore, this study is needed to encourage recycling, and reducing their presence in landfills.

In preparing this study, we used two kind of batteries, battery A and battery B. A comparison of the composition and content of battery internal commercial compost, by quantifying analytes through atomic absorption, and the method was quantified by Kjeldahl nitrogen content. As a result, the following analytes were obtained in the highest percentage: 16.80% zinc (Zn), 6.46% manganese (Mn) and 2.12% potassium (K) if the batteries A. While for B cells was obtained: 11.26% zinc (Zn) 5.44% manganese (Mn) and 2.50% potassium (K). With these results, we assessed the efficiency of fertilizer through nine sowing treatments.

It was shown that the cell content in minor amounts to 3.5%, improves the growth and development of plants, as analyzed indicators: time of germination, plant height, leaf color and thick stalk and stem. Therefore it is concluded that the design of an industrial plant for the extraction of internal content of batteries and use as fertilizer in garden plants, is an alternative for the disposal of this waste, with an aggregate value innovative and productive.

ÍNDICE

RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
ÍNDICE.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PROBLEMA.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4 METODOLOGÍA	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 SUELO.....	9
2.2 ABONO	11
2.3 LAS PLANTAS.....	13
2.3.1 NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS	15
2.3.2 TRANSPORTE DE ELECTRONES	15
2.3.3 FUNCIONES Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIAS DE LOS NUTRIENTES EN LA PLANTA	17
2.4 PILAS SECAS	20
2.4.1 ESTRUCTURA QUÍMICA DE LAS PILAS SECAS	20
2.4.2 PROBLEMA NACIONAL DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE PILAS EN EL ECUADOR	21
2.5 OPERACIONES UNITARIAS	22
2.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS	23
2.6.1 ABSORCIÓN ATÓMICA: CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS	23
2.6.2 ANÁLISIS COLORIMÉTRICO.....	25
2.6.3 MÉTODO DE KJELDAHL: CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE NITRÓGENO	26
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	29
3.1 ANÁLISIS DEL ABONO ORGÁNICO COMERCIAL	29
3.1.1 PROCEDIMIENTO PARA LA CUANTIFICACIÓN DE ANALITOS MEDIANTE LA ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	30
3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE NITRÓGENO MEDIANTE EL MÉTODO DE KJELDAHL.....	33

3.1.3 DIAGRAMA DE FLUJO SOBRE EL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DEL ABONO ORGÁNICO COMERCIAL	35
3.2 ANÁLISIS DE LAS PILAS SECAS USADAS A Y B.....	37
3.2.1 PROCEDIMIENTO PARA LA CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO QUÍMICO MEDIANTE LA ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	37
3.2.2 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE NITRÓGENO MEDIANTE EL MÉTODO DE KJELDAHL.....	40
3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO SOBRE EL PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS DE LAS PILAS SECAS USADAS A Y B.....	41
3.3 ANÁLISIS DEL SUELO MEDIANTE EL MÉTODO DE COLORIMETRÍA	44
4. ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD DEL USO DEL CONTENIDO INTERNO DE LAS PILAS A Y B COMO ABONO PARA PLANTAS DE JARDÍN.....	47
4.1 SELECCIÓN MEDIANTE EL CULTIVO DE PLANTAS DE JARDÍN PARA REALIZAR LAS PRUEBAS DEL ESTUDIO	47
4.2 SIEMBRA DE CAPUCHINAS (<i>TROPAEOLUM MAJUS</i>)	48
A. TRATAMIENTOS.....	48
B. CULTIVO DE CAPUCHINAS (<i>TROPAEOLUM MAJUS</i>).....	50
C. TRASPLANTE	51
D. MEDICIÓN DEL CRECIMIENTO.....	53
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.1 PILAS.....	55
5.2 COMPARACIÓN ENTRE LAS PILAS Y EL ABONO ORGÁNICO.....	57
5.3 SUELO.....	62
5.4 SIEMBRA.....	65
A. VARIABLE 1: TIEMPO DE GERMINACIÓN.....	65
B. VARIABLE 2: ALTURA DE LA PLANTA	69
C. VARIABLE 3: COLOR DE LAS HOJAS	73
D. VARIABLE 4: ASPECTO Y COLOR DEL TALLO	75
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
7. ANEXOS.....	79
8. BIBLIOGRAFÍA	86

Índice de tablas

Tabla N° 1. Funciones y síntomas de deficiencias de los nutrientes en la planta (parte 1).	18
Tabla N° 2. Tipos de Tratamientos empleados	48
Tabla N° 3. Características de las siembras realizadas.....	49
Tabla N° 4. Porcentaje del medio de siembra, de pilas y de abono orgánico	50
Tabla N° 5. Porcentajes de los componente del contenido químico de las partes de las pilas secas.....	55
Tabla N° 6. Porcentaje obtenido de la humedad, materia seca, cenizas y materia orgánica en las pilas y el abono orgánico comercial	58
Tabla N° 7. Comparación de la composición química del abono orgánico y pilas.....	59
Tabla N° 8. Resultado en porcentaje de las sustancias químicas en las pilas y el abono orgánico.....	61
Tabla N° 9. Características del suelo en el que se realizó la siembra de las capuchinas (<i>Tropaeolum maju</i>)	63
Tabla N° 10. Resultados de los análisis de las sustancias químicas del suelo.	64
Tabla N° 11. Días de Germinación de las Siembras Realizadas	67
Tabla N° 12. Altura de la planta con respecto a los diferentes medios de siembra y tratamientos empleados.	70
Tabla N° 13. Siembras realizadas en abono orgánico y suelo. Tratamiento N°4.	72
Tabla N° 14. Comparación del color de hojas	73

Índice de figuras

Figura N° 1. Partes de una planta [15].....	15
Figura N° 2. Partes de las pilas secas usadas o agotadas A y B. [30].	21
Figura N° 3. Variación de la absorbancia en función de la concentración del analito	24
Figura N° 4. Secado de Abono orgánico comercial.....	31
Figura N° 5. (a) Abono orgánico secado en vasos de precipitación y secado y triturado en crisoles (b) Abono orgánico comercial calcinado en el desecador.....	31
Figura N° 6. (a) Muestras en crisoles con agua regia en la manta de calentamiento	31
Figura N° 7. (a) Filtración de las muestras	32
Figura N° 8. (a) Residuos, luego de la filtración.....	32
Figura N° 9. Equipo de espectroscopia de absorción atómica para el análisis de los elementos químicos del abono orgánico	32
Figura N° 10. Digestión de las muestras en el equipo de Kjeldahl	35
Figura N° 11. (a) y (b) Destilación de las muestras en el equipo de Kjeldahl. (c) Titulación con 0.5 M HCl de las muestras en el equipo de Kjeldahl	35
Figura N° 12. Pilas cortadas para extraer su contenido y barra de carbono de las pilas.....	38
Figura N° 13. Pesaje y etiquetado del contenido de pilas	39
Figura N° 14. Crisoles con contenido de pilas para la calcinación	39
Figura N° 15. (a) Crisoles con muestras calcinadas en desecadores (b) Mufla.....	39
Figura N° 16. Balón con agua regia y crisoles con muestras calcinadas y agua regia.	40
Figura N° 17. Filtración de muestras.....	40
Figura N° 18. Análisis de los elementos químicos en Absorción Atómica	40
Figura N° 19. Materiales requeridos para el proceso de Kjeldahl.....	41
Figura N° 20. Digestión de las muestras en el equipo de Kjeldahl	41
Figura N° 21. Destilación de las muestras en el equipo de Kjeldahl	41

Figura N° 22. Colorímetro	46
Figura N° 23. Análisis de suelos. color azul: determinación de fósforo. color amarillo: determinación de nitrato y nitrito de amonio. color blanquecino: determinación de potasio. color rosado: determinación de nitratos	46
Figura N° 24. Germinación de las siembras realizadas	51
Figura N° 25. Siembras listas para el primer trasplanto a un vaso de poliestireno de 8 onzas.	52
Figura N° 26. Capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>) trasplantadas en vasos de poliestireno de 8 onzas	53
Figura N° 27. Capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>) listas para el segundo trasplante a un recipiente más grande (Media botella de agua de 3 L)	53
Figura N° 28. Siembra de capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>).....	54
Figura N° 29. Germinación capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>)	54
Figura N° 30. Porcentajes del contenido de las partes de una pila	56
Figura N° 31. Porcentaje de humedad, materia seca, cenizas y materia orgánica en las pilas y abono orgánico comercial	58
Figura N° 32. Comparación de la cantidad de nitrógeno entre las pilas y el abono orgánico comercial	59
Figura N° 33. Comparación de la Cantidad de potasio entre las pilas y el abono orgánico comercial	60
Figura N° 34. Comparación de la Cantidad de fósforo entre las pilas y el abono orgánico comercial	61
Figura N° 35. Comparación de los metales encontrados en las pilas y el abono orgánico ..	62
Figura N° 36. Características en porcentaje del Suelo	63
Figura N° 37. Características Químicas del Suelo.....	64
Figura N° 38. (a) Medio de Siembra de la Germinación más rápida (b) Capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>) 2do día luego de la germinación, día N°7 después de la siembra.	68

Figura N° 39. (a) Medio de Siembra N°15, 2da Germinación más rápida (b) Capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>) 2do día luego de la germinación, día N°7 después de la siembra.	68
Figura N° 40. (a) Medio de Siembra N°6, 3era Germinación más rápida (b) Capuchinas (<i>Tropaeolum majus</i>) 2do día luego de la germinación, día N°7 después de la siembra.	68
Figura N° 41. Variación de la Altura de la planta de las diferentes siembras realizadas....	71
Figura N° 42. Altura de la planta luego del día 7 de la Siembra N°.4 y la Siembra N°. 11	72
Figura N° 43. Altura de las siembras luego de 18 días de siembra.	72
Figura N° 44. Color de Hojas en el día (a) 12 y (b) 19 de la Siembra N°11.....	74
Figura N° 45. Color de Hojas en el día 19 de la Siembra N°4	74
Figura N° 46. Color de Hojas en el Día 19 de la Siembra N°1.....	74
Figura N° 47 .Color de Hojas en el Día 19 de la Siembra N°16.....	75
Figura N° 48. Comparación del color en del tallo de las plantas de la siembra N° 6,11 y15. Día 3 luego de la germinación.	76
Figura N° 49. Comparación del color del tallo de las plantas de la siembra 11 y15. Día 3 luego de la germinación.....	76
Figura N° 50. Color del tallo de la siembra 11. Día 15 y 24 luego de la germinación.	76

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Las pilas de uso doméstico son catalogadas como generadoras de energía, convierte la energía química en eléctrica y de esta manera hacen funcionar los aparatos eléctricos y electrónicos. A pesar de que las pilas contribuyen en bajo porcentaje al volumen total de residuos sólidos urbanos [1], son una de las corrientes con mayor aporte de metales pesados al total de este tipo de residuos.

Una vez que se termina la vida útil de la pila, es considerada como un residuo, el mismo que comúnmente es arrojado en la basura domiciliaria, siendo este el inicio del mal manejo de este desecho. Todo manejo inadecuado de pilas y baterías agotadas resulta peligroso tanto para la salud como para el ambiente. Las pilas contienen principalmente, zinc (Zn), manganeso (Mn), hierro (Fe), potasio, (K)... Todos estos elementos son contaminantes cuando pasan al lixiviado de rellenos sanitarios, ya que se mezclan con agua y otras sustancias, produciendo que los metales pesados sean desprendidas y de esta manera perjudican el medio ambiente y a los seres vivos [2].

De acuerdo al informe elaborado por el Centro Regional del Convenio de Basilea para América Latina y Caribe, sede Uruguay, el consumo medio anual de pilas domiciliarias en la región está en torno a 10 unidades por habitante, aunque esta cifra puede ser ligeramente menor en países desarrollados. [3] Para el manejo adecuado de estos residuos pueden considerarse las siguientes alternativas:

La cementación: en el estudio realizado por López Catalina del Rocío [4] se dice que las pilas pueden ser encapsuladas en cemento para construir bancas municipales y monumentos. Asimismo, según la investigación de tres estudiantes del Instituto

Tecnológica de Monterrey [5], promueven usar las pilas de desecho para la construcción de bancas municipales, monumentos, entre otros. [4]

La incineración: este proceso destruye el material y lo convierte en ceniza inerte. El manejo de los residuos de combustión, representa un riesgo adicional; sin embargo esto dependerá de la eficiencia de la operación del equipo. [6]

Disposición en los rellenos: No es recomendable, ya a que pueden ser contaminados con otros desechos, y esto puede afectar el suelo y el medio ambiente. [6]

El reciclaje: actualmente existen pocas plantas de reciclaje de pilas. El reciclaje parte de la trituración mecánica, mediante la cual se recupera la escoria férrica, papel, plástico y polvo de pila. Los metales son recuperados a través de varios procesos.

Sin embargo, a pesar de que en cierta manera estas alternativas pueden ser una ruta para disminuir el impacto ambiental que éstas causan al ser desechadas en los rellenos sanitarios y no ser recicladas en los centros de acopio y proveerles de un tratamiento adecuado, es claro que no se logra aprovechar eficientemente el contenido interno de las pila, razón por la cual mediante este trabajó se provee una alternativa para la disposición final de las pilas secas usadas, dándole un valor agregado. [7]

Situación actual de la gestión de pilas y baterías en el Ecuador

Ecuador solo importa y no produce pilas y baterías en su territorio. En el año 2000 se realizó importaciones superiores a 1970 ton de pilas y baterías. También se conoce que el consumo anual per cápita corresponde a 10.6 unidades [7]. En cuanto a la

infraestructura para el reciclaje de todo tipo de pilas no se cuenta con datos disponibles, ni se conoce ningún estudio en el Ecuador que analice el impacto ambiental ocasionado por la utilización y manejo inadecuado de pilas. [9]

En el marco legal, según la resolución N° 0002 de la Norma Técnica de la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito, define a las pilas como residuos domésticos peligrosos, debido a sus características físicas o químicas, tales como: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o de riesgo biológico y que puedan causar daños al ser humano o al medio ambiente. [10] y [11]

En vista de que en el Ecuador no se ha desarrollado una regulación respecto a requerimientos sobre pilas en lo que se refiere a la composición del contenido interno de las pilas secas usadas, el Ecuador, depende de las políticas ambientales adoptadas por los países productores y proveedores, para su importación. [7] Políticas como por ejemplo, según la ley nacional N° 26.184 de Argentina, establece en su Artículo 1°: *“Se prohíbe en todo el territorio de la Nación la fabricación, ensamblado e importación de pilas y baterías primarias, con forma cilíndrica o de prisma, comunes de carbón zinc y alcalinas de manganeso, cuyo contenido de mercurio, cadmio y plomo sea superior a: 0,0005% en peso de mercurio; 0,015% en peso de cadmio; 0,200% en peso de plomo”*[8]. Además, por el mismo hecho de que en el Ecuador, aún no existe una regulación respecto a las pilas usadas, en la actualidad estas pilas terminan siendo depositadas, conjuntamente con los residuos domésticos en los rellenos sanitarios. [7]

Con estos antecedentes, es necesario realizar investigaciones sobre nuevas alternativas de la disposición final de las pilas secas usadas, de manera que se pueda desarrollar una aplicación en la que se saque provecho en su totalidad de su contenido interno, y de esta manera dar un tipo de solución al problema que genera este residuo. [7]

1.2 Problema

En el Ecuador las pilas secas usadas terminan en los rellenos sanitarios, lugar, en donde reaccionan, por la interacción, con el suelo y con otros tipos de desechos, lo que provoca la fácil liberación de los iones metálicos [9]. Si no existe un tratamiento eficiente para las pilas desechadas, inicia el proceso de corrosión del embalaje externo de la pila y posterior a esto se da la liberación de estos iones metálicos, hacia el medio externo.

En el Ecuador existen disposiciones finales de las pilas usadas, tales como: el encapsulamientos en cemento e incineraciones, estas vías han sido las más usadas para su tratamiento final; sin embargo mediante estas alternativas no se ha logrado aprovechar su contenido interno eficientemente, ya sea por cuestiones de financiamiento o por cuestiones sociales, y además estas alternativas aún son proyectos de investigación. [6] y [11].

El presente proyecto plantea preguntas de investigación, las mismas que se esperan responder para dar solución a esta problemática de la disposición final de las pilas secas usadas. Con respecto a la sección teórica se presenta las siguientes cuestiones: ¿Cuáles son los componentes químicos y físicos de una pila? ¿Cuáles son las disposiciones finales de las pilas en el Ecuador, actualmente?; mientras que en el trabajo experimental, se plantea las siguientes preguntas: ¿Es el contenido interno de las pilas secas usadas, favorable como aditivo de nutrientes para abonos orgánicos para plantas de jardín? ¿Cuáles son las variables o indicadores que miden la eficiencia, como abono, del contenido interno de las pilas usadas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar la eficacia del contenido interno de las pilas secas usadas como aditivo de nutrientes para abonos orgánicos.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar el contenido interno de las pilas secas mediante un análisis cuantitativo.
- ✓ Proveer una nueva alternativa para la disposición final de las pilas secas usadas mediante el aprovechamiento del contenido interno de las pilas como aditivo de nutrientes para abonos orgánicos.
- ✓ Analizar y comparar, la eficiencia, del contenido interno de las pilas A y las pilas B con un abono orgánico comercial, mediante la evaluación en siembras con plantas de jardín.
- ✓ Fomentar la investigación mediante la elaboración de este proyecto para motivar futuras investigaciones para usar y dar un valor agregado al contenido interno de las pilas secas.

1.4 Metodología

El presente trabajo se ha dividido en tres partes principales: marco teórico, metodología experimental y análisis de la factibilidad del presente estudio.

En el marco teórico se presenta una recopilación de información general con respecto a: suelo, abono, plantas, nutrición de las plantas y suelos y pilas secas usadas.

En la metodología experimental se trata sobre el procedimiento llevado a cabo para la caracterización de las pilas A, pilas B, abono orgánico comercial y suelo. Para ello se realizó un análisis del contenido químico de las pilas y del abono orgánico comercial a través de la absorción atómica y de esta manera se cuantificaron analitos como: hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca) y cobre (Cu). Mientras que para el análisis del contenido orgánico, nitrógeno (N), se utilizó el método de Kjeldahl. Y para el análisis de la materia orgánica, fósforo (P) y potasio (K), del suelo se utilizó el kit de análisis de suelos La Motte.

En el análisis de factibilidad del presente estudio, se realiza el análisis mediante la comparación del contenido interno de las pilas y un abono orgánico comercial, como nutrimento para plantas de jardín, a través de siembras. Es decir, para determinar la validez de este estudio se realizaron 9 tratamientos y 17 siembras con capuchinas (*Tropaeolum majus*), y para realizar la respectiva comparación se analizaron variables de las plantas, tales como: tiempo de germinación, color de hojas y tallos y altura del tallo.

Una vez finalizado el proceso de investigación se establecen los resultados, conclusiones y recomendaciones, el mismo que: demuestra la eficiencia del contenido interno de las pilas como abono para plantas de jardín y de seguro servirán y serán un aporte para futuras investigaciones relacionadas con el tema.

1.5 Justificación

La razón primordial por la que se realiza este trabajo es debido a la inexistencia de una alternativa y aprovechamiento eficiente para la disposición final del contenido interno de las pilas en desuso en el Ecuador. La alternativa que se presenta, es una vía innovadora para la disposición final de las pilas secas usadas, en la cual se promueve el desarrollo de la aplicación y/o uso del contenido interno de pilas como, nutrimento para plantas de jardín; dándole un valor agregado tanto en lo económico, social como en lo ambiental.

Actualmente, las dos únicas alternativas que se tienen en el Ecuador son: el encapsulamiento con cemento y la incineración. Sin embargo estas opciones presentan algunas desventajas. En el primer caso, cuando las pilas son encapsuladas, los monumentos, postes, bancas municipales, y demás, pueden llegar a explotar debido a la presión interna que ejerce la pila por encontrarse encapsulada. En el segundo caso el costo de la incineración de las pilas es muy alto, por lo tanto no es rentable. [6] y [11]

Ahora bien, mediante este proyecto realmente se logra aprovechar este recurso en su totalidad, ya que es necesario tomar conciencia de que para la producción de las pilas se gasta y se invierte varios recursos como: energía, sustancias químicas, mano de obra, y afines; y una vez culminada su vida útil, realizar el proceso de encapsulamiento o de la incineración, a más de que económicamente no es rentable, no se logra aprovechar de esta manera eficientemente este recurso.

Asimismo, este proyecto se vincula con las prioridades ambientales y de esta manera ayudará a cumplir la meta planteada por el Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador, debido a que se requiere alcanzar el 25% de reciclaje de pilas en desuso en el año 2012 y el 45% en 2016. Con la implementación a futuro de una planta industrial que extraiga

el contenido interno de pilas secas usadas y utilizarlo como abono para plantas de jardín, requerirá como materia prima el reciclado de pilas. [11]

Actualmente, en el Ecuador no se ha encontrado proyectos relacionados con el aprovechamiento de las pilas secas usadas; sin embargo fuera del país existen diferentes proyectos afines, en las que se utilizan el contenido interno de pilas, por ejemplo: en Uruguay se fabrican preservantes alternativos para madera [13] y según la entrevista realizada a Mario Ravinovich en la revista de la red de expertos Iberoamericanos en gestión de residuos, dijo que los metales de pilas se podrían utilizar como nutrientes de fertilizantes [14]; sin embargo solo hace mención del estudio iniciado, no hay ninguna publicación con resultados al respecto. Es por esto que conocer los resultados de este estudio nos dará una mejor visión de la solución que se puede dar a este problema. Y de esta manera se podrá definir si este estudio es una opción como una alternativa de disposición final rentable y amigable con el medio ambiente.

2. MARCO TEÓRICO

Para entender el presente trabajo es necesario estar relacionados con algunas definiciones:

2.1 Suelo

El suelo es una mezcla compleja y dinámica de partículas inorgánicas tales como la arcilla y arena, partículas orgánicas y organismos vivos. El suelo proporciona a las plantas oxígeno, agua y nutrientes, así como un sustrato físico para el anclaje y el apoyo del cuerpo [15]. El suelo es una mezcla de materia orgánica, agua y minerales capaz de mantener la vida vegetal en la superficie de la tierra. La fracción sólida de un suelo productivo típico posee, aproximadamente, 95% de materia inorgánica y un 5% de materia orgánica [16].

Los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas no se hallan en el suelo en forma de átomos, sino como iones. Algunos se encuentran disponibles como iones sencillos o elementales, tales como el: K^+ o Cl^- , mientras que otros existen como iones poliatómicos, tales como: HPO_4^{2-} o NO_3^- . Los iones presentes en el suelo tienden a comportarse de dos formas diferentes, en función de su carga [2]. Los aniones, iones negativos, se disuelven generalmente en el agua del suelo, debido a que interactúan con sus moléculas a través de la vinculación del hidrógeno. Los cationes no son tan abundantes como los aniones, iones con carga positiva.. Esto ocurre, ya que los cationes interactúan con las cargas negativas presentes en dos clases de partículas del suelo: (a) la materia orgánica es rica en ácidos orgánicos cargados negativamente, y (b) las superficies de pequeñas partículas laminadas de arcilla, que son muy ricas en aniones minerales.

La presencia de protones en el agua puede ocasionar la liberación de cationes que se encuentran vinculados a las partículas del suelo, mediante un proceso conocido como intercambio de cationes. Este intercambio se da cuando los protones y otros cationes se unen a las cargas negativas de las partículas del suelo y producen cationes relacionados como magnesio (Mg) o calcio (Ca) para ser puestos en libertad, provocando que estos micronutrientes estén disponibles para las raíces cercanas. [15]

En conclusión, los aniones permanecen disueltos en el agua y son accesibles para las plantas, aunque pueden desaparecer fácilmente. Mientras que los cationes tienden a unirse a partículas del suelo, pero se liberan mediante intercambio catiónico [15].

Las propiedades físicas del suelo son de gran influencia en el crecimiento de las plantas, por medio de sus efectos sobre: retención y penetración del agua, aireación, impedimento mecánico a las raíces y emergencia de las plantas. Por ejemplo, si el agua no puede penetrar y drenar fácilmente, la germinación de las semillas se verá afectada provocando que las plántulas no puedan salir hacia el exterior de la tierra. El agua es un factor imprescindible, debido a que la humedad es uno de los factores que equilibran la temperatura de las plantas y de esta manera evitan que las plantas se sequen y mueran. A continuación se presenta la fórmula con la que se calcula la humedad y sólidos totales.

$$\% \text{ Humedad (en peso)} = \frac{\text{peso de muestra húmeda} - \text{peso muestra seca}}{\text{peso de la muestra húmeda}} \times 100\% \quad (\text{Eq1})$$

$$\% \text{ Sólidos Totales (en peso)} = \frac{\text{peso de muestra húmeda}}{\text{peso de muestra seca}} \times 100 \quad (\text{Eq2})$$

La materia orgánica del suelo sirve como una fuente de energía para los microorganismos, lo cual permite que haya una mejor aireación y drenaje en el suelo. Asimismo, se trata de sustancias que suelen encontrarse en el suelo y que contribuyen a su fertilidad. Es más, para que un suelo sea apto para la producción agropecuaria, debe

contar con un nivel alto de materia orgánica (M.O), caso contrario, las plantas no crecerán [17]. A continuación se presenta la fórmula con la que se calcula las cenizas, en donde se encuentran los micronutrientes y la M.O:

$$\% \text{ Cenizas(en peso)} = \frac{\text{peso del crisol con muestra calcinada} - \text{peso tara crisol}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad \text{(Eq3)}$$

$$\% \text{ Materia Orgánica(en peso)} = \frac{\text{peso muestra seca} - \text{peso muestra calcinada}}{\text{peso de la muestra seca}} \times 100\% \quad \text{(Eq4)}$$

2.2 Abono

Mediante la fertilización se obtiene un crecimiento y funcionamiento adecuado de las plantas. De los 92 elementos naturales que se conocen, solamente 17 son considerados como nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los cuales se encuentran divididos en macronutrientes y micronutrientes [18]

Los macronutrientes son elementos nutritivos que las plantas consumen en grandes cantidades del suelo: C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), P (fósforo), K (potasio), Mg (magnesio), Ca (calcio) y S (azufre). Mientras que los micronutrientes son elementos nutritivos que las plantas consumen en muy pequeñas cantidades, tales como: Mn (manganeso), B (boro), Mo (molibdeno), Co (cobalto), Cl (cloro), Zn (zinc), Cu (cobre) [18]. Cada uno de ellos cumple una función importante en la planta, por lo que la carencia de un nutriente puede ocasionar la aparición de síntomas característicos en la planta durante su crecimiento.

Los síntomas de deficiencia son notorios únicamente luego que el suministro de un nutriente es tan bajo que la planta no puede completar adecuadamente su función. Estos síntomas puede observarse en hojas, retardo de madurez, tallos débiles, color de hojas [19].

Además, es necesario conocer los tipos de abonos que se encuentra en el mercado. En los centros de jardinería se pueden encontrar dos categorías principales de abonos. Los abonos orgánicos y los abonos inorgánicos.

Un abono inorgánico es una mezcla más o menos compleja de compuestos químicos. Estos abonos químicos se los puede encontrar en dos formatos: sólido o líquido. Los de tipo sólido suelen ser de liberación más lenta actuando durante un periodo de tiempo más o menos largo, según el producto, mientras que los de tipo líquido son de absorción casi inmediata, teniendo cuidado de no excederse en la dosis de aplicación para no matar a la planta. Su desventaja es, lo que muestra la composición del producto es lo que hay, es decir, si se abona con un compuesto de nitrógeno, potasio, fósforo y manganeso, por ejemplo, la planta terminará desarrollando carencias del resto de elementos necesarios. [20]

Un Abono orgánico es un fertilizante que no ha sido fabricado por medios industriales, sino que provienen de restos de animales o vegetales de alimentos u otra fuente orgánica y natural. Las ventajas de los abonos orgánicos frente a los químicos son: por un lado, la lentitud en la asimilación que hace que sea casi imposible matar a la planta por sobredosis, por otro lado, favorece el desarrollo de bacterias y hongos beneficiosos para la planta (algo casi imposible en suelos estériles cargados con abonos químicos) y finalmente la cantidad de elementos que proporciona es mucho más variada que un abono inorgánico dificultando que la planta desarrolle carencias. En este sentido actúan como correctores del suelo aportando aquellos elementos que los abonos químicos no contienen en su composición. [20]

En general se suele recomendar no utilizar abonos inorgánicos, pero también es cierto que son más cómodos y fáciles de obtener que los de tipo orgánico (pese a que estos son

comunes en tiendas especializadas). En cualquier caso una buena medida si se va a utilizar un abono químico es alternarlo de tanto en tanto con otros de origen orgánico.

2.3 Las plantas

Las plantas son seres vivos que cumple con 4 funciones: nacer, crecer, reproducirse y morir. Para que una planta pueda crecer primero absorbe agua del suelo y se hincha la semilla, luego se abre, aparece una pequeña raíz y por último aparece el tallo que lleva las primeras hojas, después de todo esto, la planta crece y se reproduce toda su vida. Sin embargo, para que pueda crecer adecuadamente necesita de nutrientes que ayuden a la planta a desarrollarse de una mejor manera, debido a que muchas de las veces existen carencias de nutrientes en el suelo.

Las plantas, generalmente, además de estar compuestas por un (40-45%) de carbono, oxígeno (40,45%) e hidrógeno (5%), del peso seco de la planta, están compuestas por macronutrientes y micronutrientes que representan un (5%) del peso seco de una planta. Las plantas tienen cada una de sus partes (raíz, tallo y hojas) bien definidas que cumplen una función específica.

El cuerpo vascular de las plantas se encuentra compuesto por (a) un sistema radicular que sostiene la planta, absorbe el agua y los iones (b) un tallo y hojas que absorben el dióxido de carbono (CO_2) y la luz solar. [15]

El sistema radicular o las raíces son porciones ramificadas del cuerpo de la planta que generalmente se encuentran debajo del suelo. Sus funciones son: sujetar a la planta, absorber y transportar agua, nutrientes y minerales hacia la planta [21] y [22].

El sistema vascular o tallo es una serie de repeticiones de nódulos, internódulos, hojas y yemas apicales y axilares. El sistema vascular de una planta crece en la dirección que maximice sus posibilidades de captar luz solar. Sus funciones son: recolectar luz solar y dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, se encarga del transporte de materiales entre hojas y raíces. Las hojas, son estructuras laminares o aciculares que contienen sobre todo tejido fotosintetizador, situado siempre al alcance de la luz solar. En las hojas se lleva a cabo la mayor parte de la transpiración, provocándose así la aspiración que arrastra agua y nutrientes desde las raíces [15].

Las plantas deben obtener de su entorno las materias primas específica necesarias para las complejas reacciones bioquímicas implicadas en el crecimiento. Además de luz solar, las plantas superiores necesitan agua y ciertos elementos químicos para su metabolismo y crecimiento.

En condiciones ambientales favorables, casi todas las plantas verdes pueden utilizar la energía de la luz solar para transformar CO_2 y H_2O en compuestos orgánicos que serán su fuente de energía. En las plantas, más del 90% de agua que absorben las raíces se libera al aire en forma de vapor de agua. [24]

A continuación se presenta las partes de una planta:

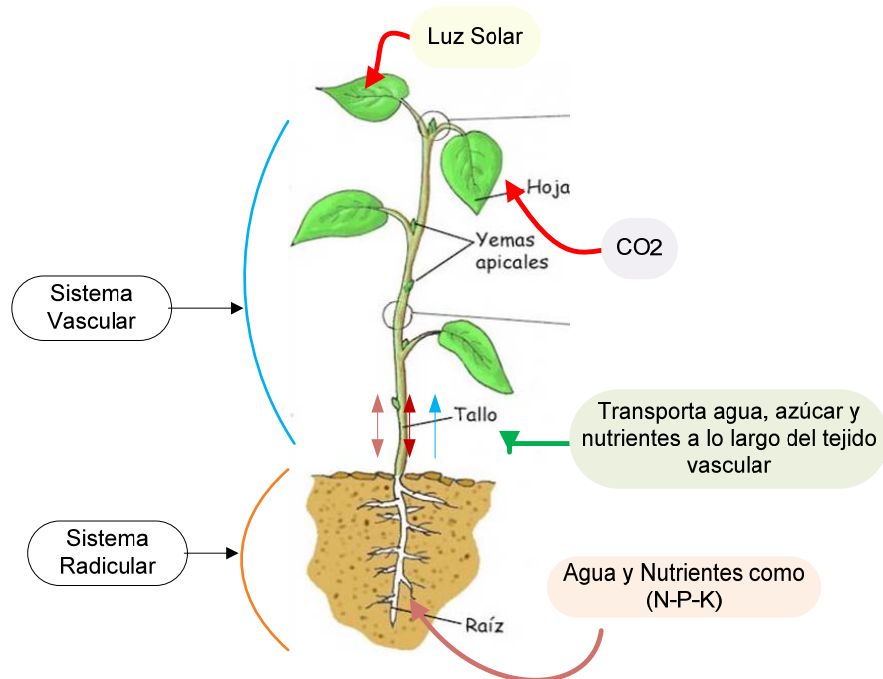


Figura N° 1. Partes de una planta [15]

2.3.1 Nutrición de las plantas

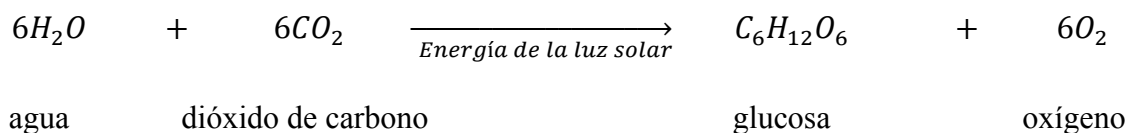
La mayoría de las plantas requieren un total de 16-17 nutrientes para un crecimiento normal, como se mencionó anteriormente. De ellos, el carbono, el hidrógeno y el oxígeno provienen del aire y del agua. El resto son absorbidos por las raíces en forma de iones mediante el transporte de electrones a través de reacciones de oxidación-reducción [23]. La *oxidación* es un cambio químico en el que un átomo o grupo de átomos pierden electrones. La *reducción* es un cambio químico en el cual un átomo o grupo de átomos ganan electrones. En la tabla N°1, se puede apreciar el papel que cumple cada nutrimento en las plantas.

2.3.2 Transporte de electrones

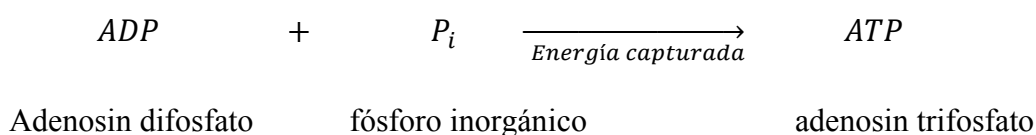
Muchas de las actividades bioquímicas de las células, incluidas la fotosíntesis y la respiración, son reacciones de oxidación-reducción. En estas reacciones los electrones

se suelen transferir a una molécula que actúa como aceptor de electrones o desde ella. Los citocromos que contienen hierro, están relacionados con la transferencia de electrones. [24] A continuación se presentan las reacciones más comunes e importantes que se dan en la planta.

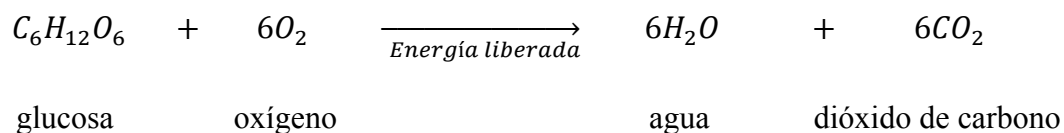
La reacción química de la fotosíntesis, es un proceso complejo, mediante el cual los seres vivos poseedores de clorofila y otros pigmentos, captan energía, ellos transforman el agua y el dióxido de carbono en compuestos orgánicos reducidos (glucosa y otros), liberando oxígeno:



Paralelamente, la clorofila utiliza la luz solar para almacenarla en forma de energía química en otra molécula además de la glucosa, molécula que cuando está cargada de energía es llamada ATP (adenosin trifosfato) y es la que utiliza la planta para ceder energía a todas sus actividades. En casi todas las reacciones químicas de las plantas en que se requiere energía, se encuentra el ATP como uno de los reactivos, considerado como el dador de energía, consumiéndose durante la reacción [24] y [25].



Las plantas también respiran, la respiración es una reacción química que ocurre en las mitocondrias de la célula con ayuda del oxígeno, en que las sustancias orgánicas vuelven a convertirse en sustancias inorgánicas (dióxido de carbono y agua), y la energía que se libera en esta reacción química es tomada por la planta para realizar sus actividades, primero es tomada por el ATP, y luego el ATP es utilizado como dador de energía en el resto de las reacciones químicas, tal y como se mencionó anteriormente [24] y [25].



a. Donadores de electrones

Los principales donadores de electrones en los suelos son la materia que se desprende de los vegetales y que constantemente se está integrando al suelo y la materia orgánica del suelo. Dentro de los donadores de electrones se encuentran: la materia orgánica del carbono, nitrógeno, azufre de los grupos amino (NH_2) y sulfhidrilo (SH) y los iones de amonio de la materia orgánica. Los microorganismos del suelo también crean otros donadores de electrones cuando falta de oxígeno en el suelo [25].

b. Aceptores de electrones

La función del suelo en las reacciones de oxidación y reducción es proporcionar aceptores de electrones para la oxidación de los compuestos orgánicos. EL oxígeno es el aceptor más fuerte que existe en la naturaleza y, por consiguiente, produce la mayor parte de la energía de la oxidación. Además, el oxígeno es el único aceptor de electrones que pueden utilizar las raíces de las plantas. Cuando el oxígeno se encuentra disponible (condiciones aeróbicas) acepta electrones [25].

2.3.3 Funciones y síntomas de deficiencias de los nutrientes en la planta

Algunos elementos minerales sirven de componentes estructurales de las células ya sea como parte de su estructura físico o química relacionadas con el metabolismo celular. La carencia de algunos nutrimentos causará deficiencias de crecimiento y otros síntomas en las plantas. En el cuadro N°1. se describen las funciones y síntomas de deficiencia de los elementos nutricionales.

Tabla N° 1. Funciones y síntomas de deficiencias de los nutrientes en la planta (parte 1)

Nutrimento	Funciones	Síntomas de Deficiencia	Movilidad de Nutriente
Nitrógeno (N)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Imparte color verde ✓ Aumenta el crecimiento rápido ✓ Incrementa la producción de hojas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hojas inferiores amarillentas, mientras que las superiores se mantienen verdes ✓ Poco desarrollo de la planta ✓ Acumulación de antocianinas en hojas (rojizo) 	Muy Móvil
Fósforo (P)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estimula la formación y el crecimiento de raíces ✓ Almacenamiento y transferencia de Energía Respiración y fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Retarda la división celular y detiene el crecimiento ✓ Acumulación de antocianinas en las hojas (color púrpura en el primer periodo de crecimiento) 	Muy Móvil
Potasio (K)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Imparte resistencia a las enfermedades y al acame 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción general del crecimiento ✓ Enrollamiento de las hojas y las inferiores se queman las orillas y puntas ✓ Necrosis en bordes y puntas de las hojas inferiores ✓ Coloración amarillenta se extiende hacia dentro desde el extremo y bode de hojas 	Móvil
Calcio (Ca)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Activa la formación temprana y crecimiento de raicillas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Poco crecimiento de tallos y hojas ✓ Las hojas se arrugan ✓ Las hojas jóvenes permanecen enrolladas ✓ Tallos debilitados 	Inmóvil

Nutrimento	Funciones	Síntomas de Deficiencia	Movilidad de Nutriente
Magnesio (Mg)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acelera la germinación ✓ Aumenta el aprovechamiento de Ca y P ✓ Balance de catión y anión 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Formación de raíces oscuras y cortas ✓ Caída prematura de Hojas ✓ Hojas quemadas y arrugadas 	Móvil
Hierro (Fe)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Participa e la formación de la clorofila ✓ Activador en los procesos de respiración, fotosíntesis y fijación simbiótica de N 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Clorosis internerval en hojas jóvenes y hojas color blanquecina ✓ Banda de color verde claro en los bordes de las hojas ✓ Raíces cortas muy ramificadas 	Inmóvil
Manganeso (Mn)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acelera la germinación ✓ Ejerce funciones en la fotosíntesis 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Color verde pálido a amarillo y rojo, que aparecen entre las venas verdes de la hojas 	Inmóvil
Zinc (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Interviene en la formación de la clorofila 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Clorosis intervenal y una reducción crecimiento de los bordes ✓ Rayado en las hojas ✓ Disminución de longitud del tallo y hojas terminales pequeñas 	Variable movilidad

Fuente: [26] y [27]

2.4 Pilas secas

Una batería es una celda o un conjunto de celdas electroquímicas combinadas que pueden servir como una fuente de corriente eléctrica directa a un voltaje constante [28]. Es decir, las pilas son como una pequeña planta de energía que convierte una reacción química en energía eléctrica. [29]

2.4.1 Estructura química de las pilas secas

Las celdas secas no poseen un componente fluido. La más común es la celda de Le chanché que por lo general se utiliza en las linternas y radios.

Este tipo de pilas, se encuentran compuestas por un cilindro de zinc que protege el contenido químico de las pilas, que actúa como ánodo y que está en contacto con el dióxido de manganeso (MnO_2) y un electrolito. El electrolito es una disolución de cloruro de amonio (NH_4Cl) y cloruro de zinc ($ZnCl$) en agua mezclada con almidón con el fin de que adquiera un aspecto pastoso espeso [28]. El electrolito al disolverse en agua (H_2O), da origen al movimiento de los iones dentro de la celda y es una solución que puede conducir la electricidad [28]. En el caso de las pilas A, el cátodo es una barra de bronce que se encuentra en el medio de la celda el cual se encarga de conducir la electricidad hacia el circuito exterior. En cambio, en el caso de las Pilas B, el cátodo es una barra de carbón [30].

El voltaje que produce una pila seca es de aproximadamente 1.5V. Realmente, la pila no se encuentra completamente seca, ya que se encuentra compuesta por una pasta de electrolito húmedo [28].

La electrólisis, es un proceso que tiene lugar cuando se aplica una diferencia de potencial entre dos electrodos y se realiza una reacción redox. La diferencia de potencial aplicada a los electrodos depende del electrolito y del material que constituye los electrodos. A continuación se presentan las reacciones de la celda:

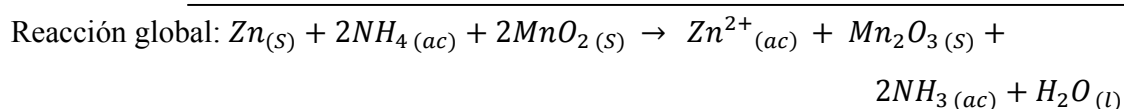
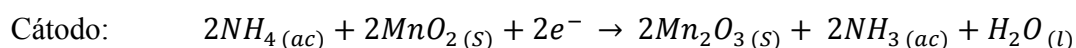
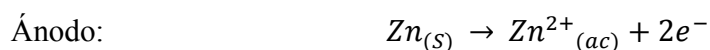


Figura N° 2. Partes de las pilas secas usadas o agotadas A y B. [30].

2.4.2 Problema Nacional de la Disposición final de pilas en el Ecuador

En la ciudad de Quito, capital del Ecuador, se utiliza alrededor de 24.622.000 pilas por año. En los hogares se desechan aproximadamente 23.934.000 (97%) y 688.000 (3%) en las empresas. El consumo por persona es de 11.6 pilas por año. Además se estima que una pila alcalina puede llegar a contaminar 167.000 L de agua y 3.000 L una de carbón-zinc [11].

Con esta pauta, la Secretaría del Medio Ambiente, inició el proceso para una disposición adecuada de las pilas y baterías usadas, el reciclaje, a través de gestores calificados por la Secretaría. Dicho gestor traslada las pilas y baterías usadas de los diferentes puntos de acopio como supermercados, farmacias y afines, para su almacenamiento temporal y posteriormente son transferidas hacia celdas de concreto para su respectivo confinamiento o encapsulamiento [11].

2.5 Operaciones Unitarias

Secado: se describe como la eliminación de sustancias volátiles (humedad) para producir un producto sólido y seco. La humedad se presenta como una solución líquida dentro del sólido. Mediante esta operación unitaria se puede determinar el porcentaje de humedad y el porcentaje de sólidos totales de una muestra. Cuando un sólido húmedo es sometido a secado térmico, ocurren dos procesos en conjunto:

- Existe la transferencia de energía de los alrededores para evaporar la humedad de la superficie de una muestra.
- Se da la transferencia de la humedad interna hacia la superficie de la muestra. [12]

Filtración: es el proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido mediante un medio poroso, que retiene los sólidos y permite el pasar el líquido.[12]

Trituración: es el proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda, como por ejemplo moler los polvos en un mortero con un mazo. [12]

Calcinación: es el proceso de calentar una sustancia a temperatura elevada, (temperatura de descomposición), para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su

constitución física o química. El proceso, que suele llevarse a cabo en muflas, tiene a menudo el efecto de volver frágiles las sustancias.[12]

Mediante la calcinación se puede determinar el porcentaje de cenizas y el porcentaje de materia orgánica.

Destilación: consiste en calentar un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasan a la fase de vapor y, a continuación, enfriar el vapor para recuperar dichos componentes en forma líquida por medio de la condensación. El objetivo principal de la destilación es separar una mezcla de varios componentes aprovechando sus distintas volatilidades, o bien separar los materiales volátiles de los no volátiles. La finalidad principal de la destilación es obtener el componente más volátil en forma pura. [12]

2.6 Métodos de Análisis del contenido de Sustancias Químicas

Para la determinación del contenido de sustancias químicas tales como: manganeso (Mn), zinc (Zn), hierro (Fe), calcio (Ca), cobre (Cu) y sodio (Na) en las pilas a analizar y abono orgánico comercial, se utilizó el método de la espectroscopia de masas (Absorción Atómica). Mientras que para determinar el nitrógeno (N), en las pilas, suelo y abono orgánico comercial, se utilizó el método de Kjeldahl. Y finalmente para analizar fosfatos, en el suelo, pilas y abono orgánico se utilizó el método colorimétrico.

2.6.1 Absorción Atómica: cuantificación del contenido de sustancias químicas

La espectroscopia de absorción atómica (EAA) es un método para la determinación cuantitativa de elementos químicos presentes en una muestra, especialmente de elementos

metálicos. La EAA consiste en absorber la disolución de una determinada muestra y se atomiza en la llama, es decir se produce la excitación de los átomos a analizar mediante la radiación proveniente de una lámpara de cátodo hueco. Cuando el analito se está atomizado en la llama, la luz emitida por la lámpara pasa por el conjunto de átomos y se mide la fracción de luz absorbida por la muestra. La absorción se incrementa a medida que la atomización del analito se lleva a cabo, llega a un máximo y decae una vez que el analito ha sido consumido y que los átomos de la celda de absorción se han agotado. El valor máximo de absorción se relaciona con la concentración del analito, tal y como se puede apreciar en la Figura. De esta manera la cantidad de luz absorbida luego de pasar por la llama determina la cantidad de analito presente en la muestra [31].

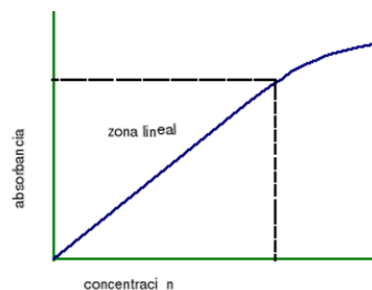


Figura N° 3. Variación de la absorbancia en función de la concentración del analito

Determinación de la concentración de un elemento:

Para analizar los datos obtenidos (luz absorbida), se emplean las siguientes ecuaciones:

$$T = I/I_0$$

Donde T se define como la transmitancia; I es intensidad de la luz después de atravesar la solución conteniendo el analito, I_0 es la intensidad de luz incidente. [32]

A partir de esta ecuación se puede definir la absorbancia: que es una medida de la cantidad de luz absorbida. [32]

$$A = \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

Con ayuda de la Ley de Beer, se relaciona la absorbancia y la concentración del analito:

$$A = \epsilon dc$$

Donde: A es la absorbancia, ϵ es el coeficiente de absorción molar (L/mol·cm), d es la longitud de paso óptico dado en cm y c es la concentración del analito (mol/L).

Mediante esta ecuación de Beer se observa que hay una relación de tipo lineal entre la absorbancia y la concentración del analito. [31] De modo que para determinar la concentración del analito presente en la muestra, se necesita encontrar el coeficiente de absorción molar, ϵ . Para lo cual se necesita construir una curva de calibración. Esta curva se construye utilizando soluciones estándares con concentraciones crecientes del analito, las mismas que deben encontrarse dentro del rango de detección del instrumento utilizado. Una vez ya construida la curva de calibración del elemento a analizar, el instrumento calculará automáticamente la concentración del analito mediante de la absorbancia de cada muestra analizada.[31] y [32]

2.6.2 Análisis Colorimétrico

La técnica de colorimetría consiste en la medida de la absorción de radiación en la zona visible por sustancias coloreadas. Se analiza la cantidad de nutrientes mediante la comparación entre el color que desarrolla la muestra al producirse una reacción química y

el del blanco, y expresa el resultado en una serie de tablas de conversión para traducir los resultados de libras/acre¹ a partes por millón (ppm) [33]

2.6.3 Método de Kjeldahl: Cuantificación del contenido de nitrógeno

Este método es un procedimiento estándar que se utiliza para determinar el contenido de nitrógeno orgánico e inorgánico que se encuentra en cereales secos, alimentos, suelos, abonos, etc. El proceso se divide en cuatro partes: preparación de la muestra, digestión de la muestra, destilación del amoníaco y titulación de neutralización [34].

Preparación de la muestra

Se pesa la muestra en filtros de papel y se dobla con el fin de envolver la muestra, se introduce en el matraz de Kjeldahl (el papel impide que la muestra a analizar quede en el cuello del matraz) y se agrega a cada matraz el catalizador (que posee el 1.92% SeO₂, 1.92% CuSO₄ y 96.15% N₂SO₄) y el ácido sulfúrico concentrado. Por lo general se realiza los análisis por triplicado y una muestra en blanco (testigo) para realizar la respectiva comparación.

Digestión de la muestra

La muestra se descompone en ácido sulfúrico concentrado y caliente para convertir el nitrógeno en iones amonio y luego en sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄, es decir:



Durante este proceso el ácido sulfúrico deshidrata la muestra, y el carbono de la muestra se convierte en dióxido de carbono (CO₂), y el hidrógeno en agua (H₂O). Esta etapa es crítica

¹ El acre es una medida de superficie usada en la agricultura, 1 acre es equivalente a 0.404685642 hectáreas.

ya que requiere de tiempo debido a que el ácido sulfúrico tiene que oxidar al carbono e hidrógeno de la muestra.

La determinación de nitrógeno total depende del estado de oxidación del nitrógeno en la muestra que se va a analizar. Si el nitrógeno está presente como sal de amonio, su estado de oxidación es de -3 y por lo tanto el amoniaco (NH_4^+) puede ser liberado mediante la adición de una base fuerte. Sin embargo, este método no puede ser usado si el nitrógeno se encuentra en formas más oxidadas, como por ejemplo en grupos nitro ($-\text{NO}_2$), azo ($-\text{N}=\text{N}-$) y azoxi ($-\text{O}-\text{N}^+=\text{N}-$) dan lugar a nitrógeno elemental o a sus diferentes óxidos, que se pierden en el medio de ácido caliente. [35]

Destilación del amoniaco

La solución resultante de la digestión se deja enfriar a temperatura ambiente, se diluye con un poco de agua destilada y el sulfato de amonio obtenido se alcaliniza con un exceso de hidróxido de sodio (NaOH), es decir:



El amoniaco liberado se recoge en un exceso de ácido bórico, el cual retiene al amoniaco mediante la siguiente reacción:



El ión dihidrógeno borato $\text{B}(\text{OH})_4^-$ formado tiene es titulado con una solución patrón de ácido clorhídrico.



Titulación de neutralización

El amonio recogido en la destilación se determina mediante una titulación ácido-base. En esta etapa se titula el borato de amonio con ácido clorhídrico, de esta forma se establece la relación estequiométrica 1:1:1 entre el $(\text{NH}_4)^+$, $\text{B}(\text{OH})_4^-$ y el agente titulante (HCl)

En el punto de equivalencia, la solución contiene ácido bórico e iones amonio, por lo cual también hay que usar un indicador con un intervalo de viraje ácido (tal como el verde de bromo cresol)

El porcentaje de nitrógeno en la muestra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(V_{\text{HCl}})(C_{\text{HCl}}) (\text{Peso del nitrógeno})}{\text{masa de la muestra}} * 100\%$$

Donde V_{HCl} es el volumen (en mL) de solución de HCl utilizado en la titulación, C_{HCl} es la concentración molar (en *mmoles/mL*) de la solución de HCl y la masa de la muestra en miligramos.

El método de Kjeldahl, garantiza la oxidación de los compuestos orgánicos que requieran la deshidratación hasta la calcinación con ácido sulfúrico y mezcla catalizadora, de manera que todo el nitrógeno de la muestra se convierta en ion amonio. Es por ello que es uno de los métodos más utilizados para la determinación de la cantidad de nitrógeno.

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1 Análisis del abono orgánico comercial

Preparación de la muestra

1. En un vaso de precipitación de 250 mL se pesa una cantidad de abono orgánico. Se toman 6 muestras.

Secado

2. Colocar los vasos de precipitación en la estufa a 70°C durante aproximadamente 8 horas.
3. Dejar enfriar, pesar y anotar el dato obtenido
4. Determinar la pérdida de peso y expresar el resultado en porcentaje (%), el cual sería el contenido de agua en el abono.
5. Expresar los resultados obtenidos del peso en húmedo sobre el peso de la materia seca, para determinar la cantidad de los sólidos totales.

Calcinación

6. Luego de la desecación, si es necesario, triturar el abono seco manualmente o por medio de un molinillo eléctrico y tomar las distintas porciones para el análisis.
7. Pesar aproximadamente 1 g de muestra por duplicado
8. Colocar los crisoles en la mufla a 550°C durante aproximadamente 8 horas
9. Dejar enfriar la mufla
10. Colocar los crisoles con sus respectivas muestras en los desecadores y dejarlos enfriar

11. Pesar los crisoles cuidadosamente en una balanza analítica
12. Calcular el porcentaje de cenizas existentes en cada crisol
13. Agregar 10 mL de agua regia a los crisoles y calentar a una baja temperatura en una hornilla en la sorbona hasta que la muestra se disuelva.

Filtración

14. Filtrar las muestras y lavar con agua destilada y aforar en balones de 100 mL.
15. Etiquetar y colocar las muestras en recipientes limpios de 100 mL

3.1.1 Procedimiento para la cuantificación de analitos mediante la Espectroscopia de Absorción Atómica

16. Preparar el equipo de absorción atómica según el procedimiento establecido en el manual de espectroscopia, que consiste básicamente en encender el equipo de absorción atómica, colocar la lámpara del elemento que se desea analizar, realizar el ajuste de energía de la lámpara y realizar la curva de calibración para los analitos que se desea analizar.
17. Preparar soluciones madres de 1000 ppm de: manganeso (Mn), zinc (Zn), hierro (Fe), calcio (Ca), cobre (Cu), sodio (Na)
18. Preparar soluciones diluidas de las soluciones madres y generar la curva de calibración.
19. Realizar la lectura de las muestras y anotar la concentración en (ppm) según la absorbancia obtenida.



Figura N° 4. Secado de Abono orgánico comercial

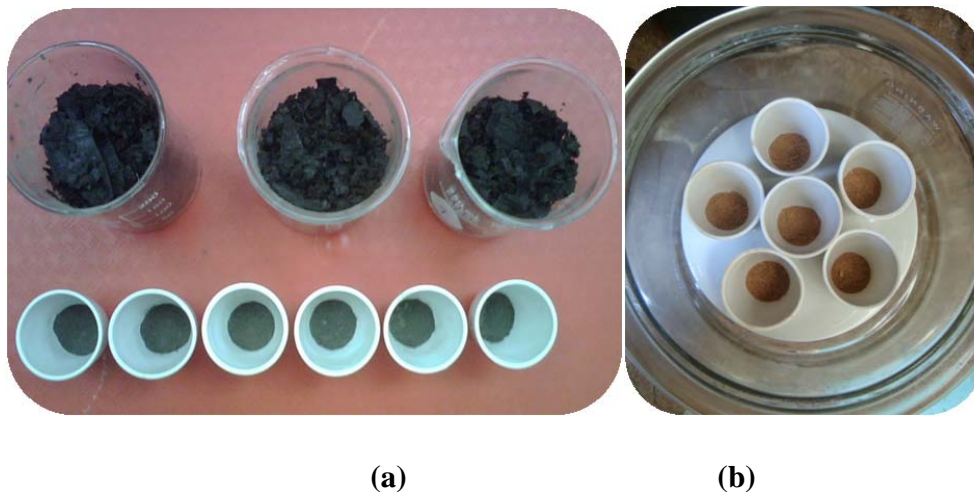


Figura N° 5. (a) Abono orgánico secado en vasos de precipitación y secado y triturado en crisoles (b) Abono orgánico comercial calcinado en el desecador



Figura N° 6. (a) Muestras en crisoles con agua regia en la manta de calentamiento



Figura N° 7. (a) Filtración de las muestras

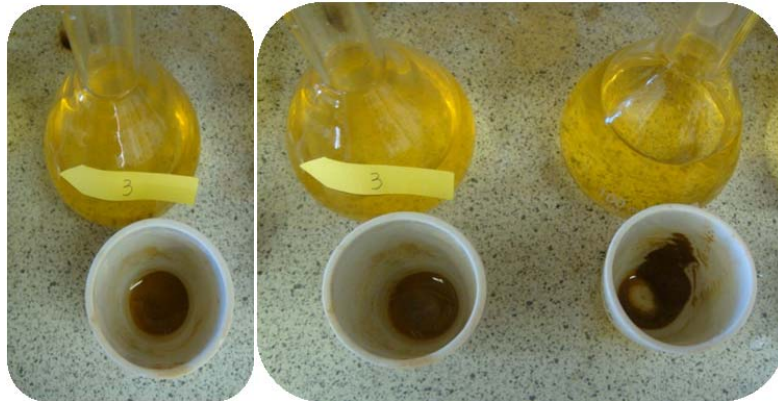


Figura N° 8. (a) Residuos, luego de la filtración

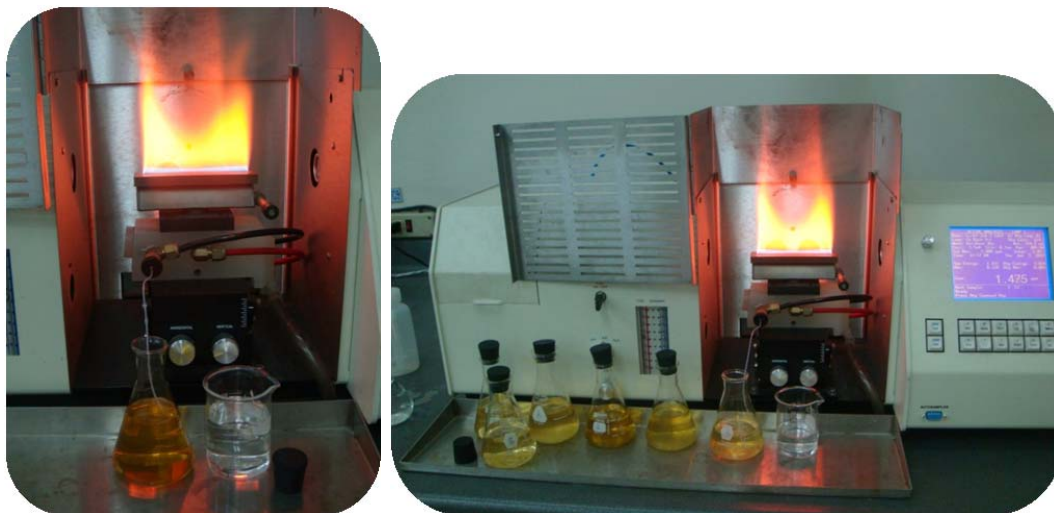


Figura N° 9. Equipo de espectroscopia de absorción atómica para el análisis de los elementos químicos del abono orgánico

3.1.2 Determinación de la cantidad de nitrógeno mediante el método de Kjeldahl.

Materiales

- ✓ Equipo de digestión de Kjeldahl
- ✓ Matraz de Kjeldahl
- ✓ Destilador de Kjeldahl
- ✓ Trampa de agua para vacío
- ✓ Soporte universal
- ✓ Malla metálica
- ✓ Anillo metálico
- ✓ Piceta
- ✓ Vasos de precipitación de 150 mL
- ✓ Erlenmeyer de 125 mL
- ✓ Probetas de 25 mL
- ✓ Buretas de 10 mL
- ✓ Pipeta de 5 mL
- ✓ Manguera

- ✓ Balanza
- ✓ Agitador magnético
- ✓ Mortero
- ✓ Espátula
- ✓ Papel bond (8 cm cada lado) libre de nitrógeno

Reactivos

- ✓ Catalizador (w/w):
 - 1.92% Se
 - 1.92% CuSO₄
 - 96.15% Na₂SO₄
- ✓ 5 mL H₂SO₄ concentrado
- ✓ 15 mL NaOH al 40%
- ✓ Agua destilada
- ✓ 25 mL Ácido Bórico al 4%
- ✓ Verde de Bromocresol
- ✓ Ácido Clorhídrico 0.1 a 0.05 M

Preparación de la muestra

1. Pesar aproximadamente 0,018 g de la muestra secada y triturada en un cuadrado (8 cm) de papel bond, preparar una muestra en blanco (papel bond sin muestra)

2. Doblar el papel cuidadosamente sin que se derrame el contenido
3. Colocar los papeles en los balones de Kjeldahl y etiquetar los balones

Digestión de la muestra

4. Agregar 1 cucharadita de 0.1 gr de catalizador
5. Añadir 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
6. Colocar los balones en el equipo de digestión de Kjeldahl
7. Encender el equipo a temperatura baja y con una recirculación de agua
8. Luego de aproximadamente 15 min aumentar la temperatura de la digestión
9. Girar los balones de vez en cuando cuidadosamente para que no se pegue en un solo lado del balón el papel con la muestra
10. Apagar una vez que haya una coloración verdosa en los balones y dejar enfriar a temperatura ambiente

Dilución de la muestra

11. Lavar la muestra con un poco de agua destilada y agitar lentamente a fin de que no se solidifique la muestra
12. Para evitar pérdidas de nitrógeno debido a las reacciones violentas, no insertar los balones calientes en el destilador.

Destilación del amoníaco

13. Colocar un matraz erlenmeyer de 250 mL en la salida del líquido refrigerante con 25 mL de ácido bórico al 4% y una o dos gotas del indicador, verde de bromo-cresol.
14. Transferir la muestra del balón en el destilador
15. Añadir 10 mL de la solución de hidróxido de sodio

Titulación de neutralización

16. Valorar el destilado con 0.05 M de HCl hasta que se dé un cambio de color de azul a verde.
17. Registrar la cantidad de ácido utilizada en la titulación
18. Determinar la cantidad de nitrógeno presente en la muestras



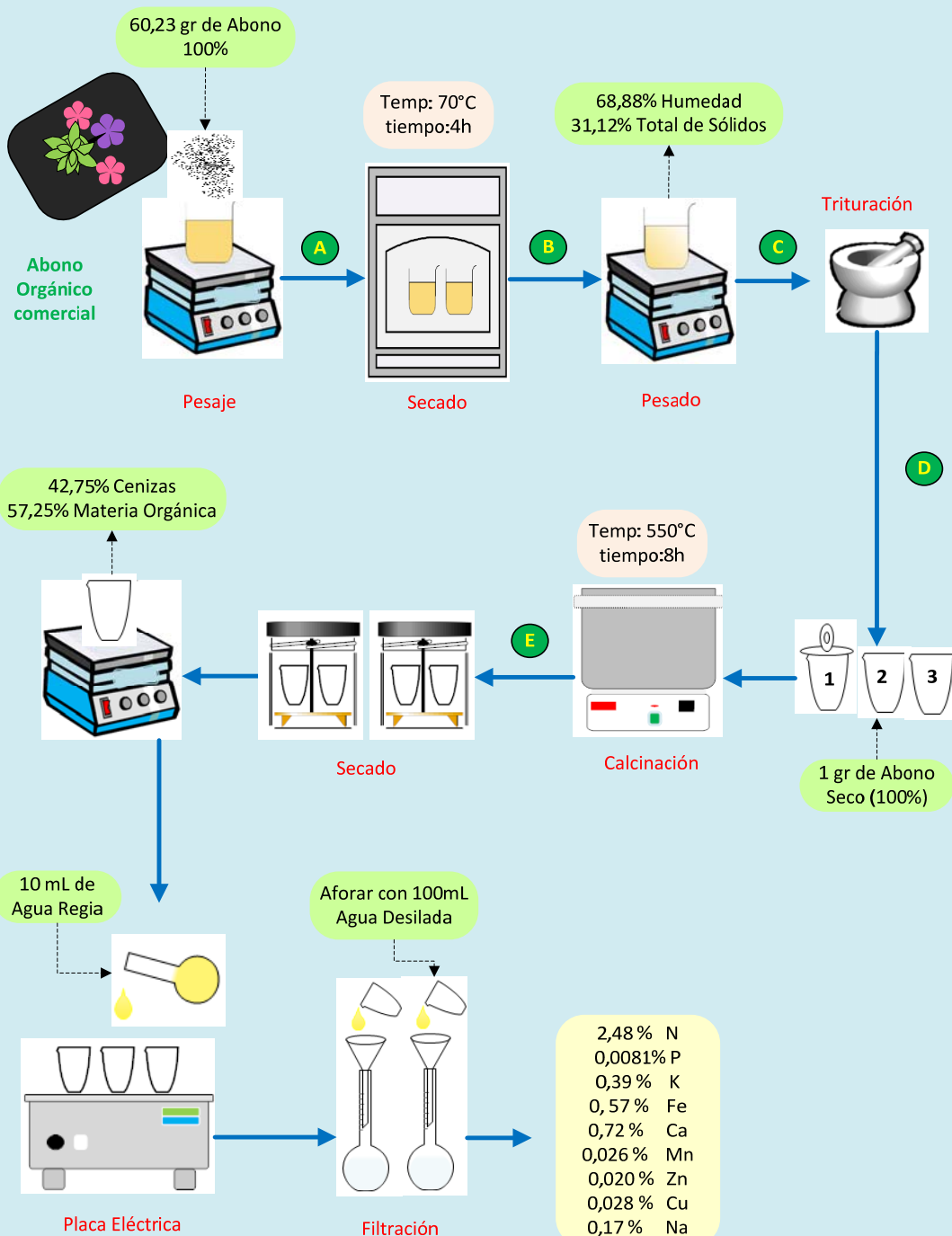
Figura N° 10. Digestión de las muestras en el equipo de Kjeldahl



Figura N° 11. (a) y (b) Destilación de las muestras en el equipo de Kjeldahl. (c) Titulación con 0.5 M HCl de las muestras en el equipo de Kjeldahl

3.1.3 Diagrama de Flujo sobre el proceso de caracterización de las sustancias químicas del abono orgánico comercial.

Diagrama de Flujo para análisis químico del abono orgánico comercial



3.2 Análisis de las pilas secas usadas A y B

3.2.1 Procedimiento para la cuantificación del contenido químico mediante la Espectroscopia de Absorción Atómica

Preparación de muestras

1. Recolectar pilas A y B.
2. Pesar las pilas y anotar el dato
3. Cortar los bordes de las pilas con la ayuda de una sierra automática
4. Pesar las pilas cortadas y registrar el dato
5. Extraer con cuidado el contenido interno de la pila, para el caso de pilas B se extraerá en primer lugar la barra de carbono y se pesará.
6. Moler el contenido de las pilas en un mortero, lo más fino posible.
7. Pesar y etiquetar recipientes pequeños en los que se colocaran las muestras
8. Colocar el contenido de las pilas en los recipientes y pesar

Calcinación de las muestras

9. Pesar 1 g de la muestra por duplicado y colocar en crisoles
10. Colocar los crisoles en la mufla a 550 °C durante aproximadamente 8 horas
11. Dejar enfriar la mufla
12. Colocar los crisoles con sus respectivas muestras en los desecadores y dejarlos enfriar
13. Pesar los crisoles cuidadosamente
14. Calcular el porcentaje de cenizas existentes en cada crisol
15. Agregar 10 mL de agua regia a los crisoles y calentar a una baja temperatura en una hornilla en la sorbona hasta que la muestra se haya diluido y dejar enfriar

Filtración de las muestras

16. Filtrar y lavar con agua destilada y aforar en balones de 100 mL.
17. Etiquetar y colocar las muestras en recipientes limpios de 100 mL

Cuantificación de analitos mediante la Espectroscopia de Absorción Atómica

18. Preparar el equipo de absorción atómica según el procedimiento establecido en el manual de espectroscopia, que consiste básicamente en encender el equipo de absorción atómica, colocar la lámpara del elemento que se desea analizar, realizar el ajuste de energía de la lámpara y realizar la curva de calibración para los analitos que se desea analizar.
19. Preparar soluciones madres de 1000 ppm de: manganeso (Mn), zinc (Zn), hierro (Fe), calcio (Ca), cobre (Cu), sodio (Na)
20. Preparar soluciones diluidas de las soluciones madres y generar la curva de calibración.
21. Realizar la lectura de las muestras y anotar la concentración en (ppm) según la absorbancia obtenida.



Figura N° 12. Pilas cortadas para extraer su contenido y barra de carbono de las pilas



Figura N° 13. Pesaje y etiquetado del contenido de pilas



Figura N° 14. Crisoles con contenido de pilas para la calcinación

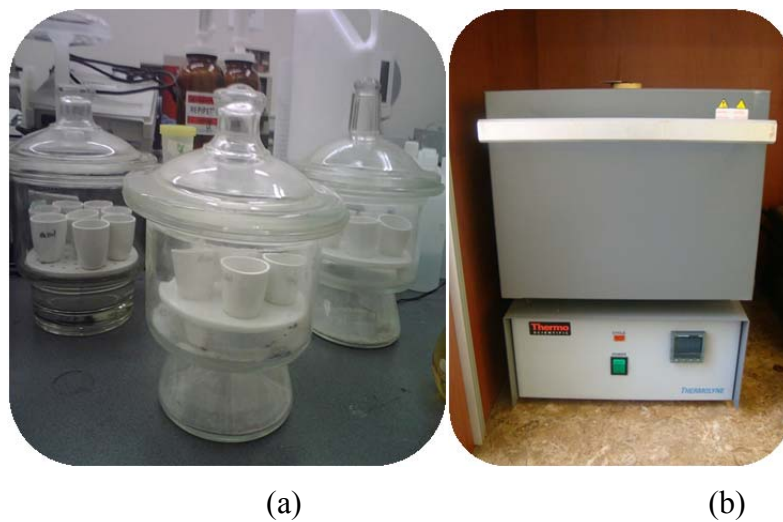


Figura N° 15. (a) Crisoles con muestras calcinadas en desecadores (b) Mufla



Figura N° 16. Balón con agua regia y crisoles con muestras calcinadas y agua regia.



Figura N° 17. Filtración de muestras



Figura N° 18. Análisis de los elementos químicos en Absorción Atómica

3.2.2 Determinación de la cantidad de nitrógeno mediante el método de Kjeldahl.

Se realizó el mismo procedimiento descrito para el abono orgánico comercial.



Figura N° 19. Materiales requeridos para el proceso de Kjeldahl



Figura N° 20. Digestión de las muestras en el equipo de Kjeldahl



Figura N° 21. Destilación de las muestras en el equipo de Kjeldahl

3.2.3 Diagrama de flujo sobre el proceso de caracterización de las sustancias químicas de las pilas secas usadas A y B.

Diagrama de flujo para La determinación de la composición química de las pilas secas usadas A

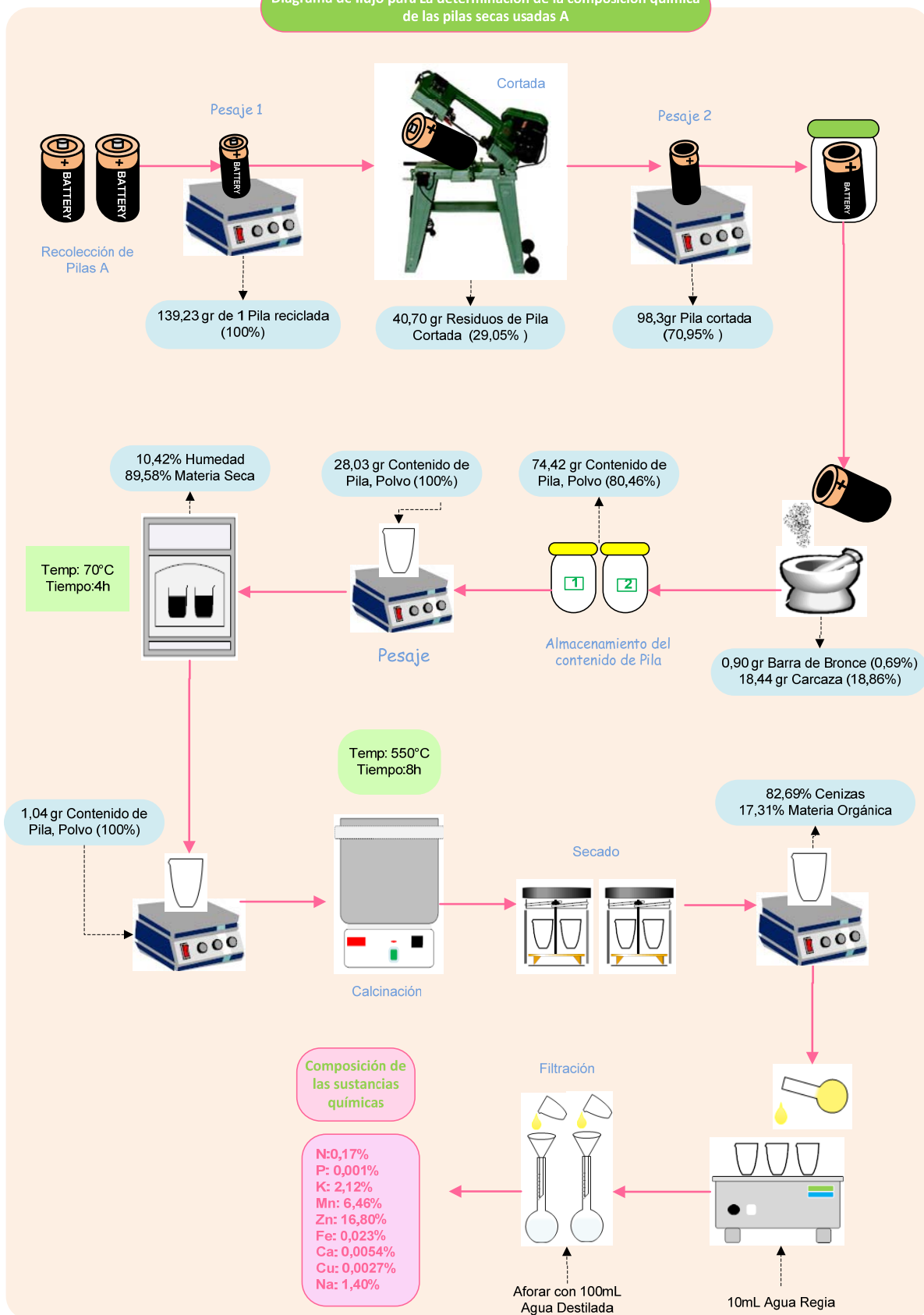
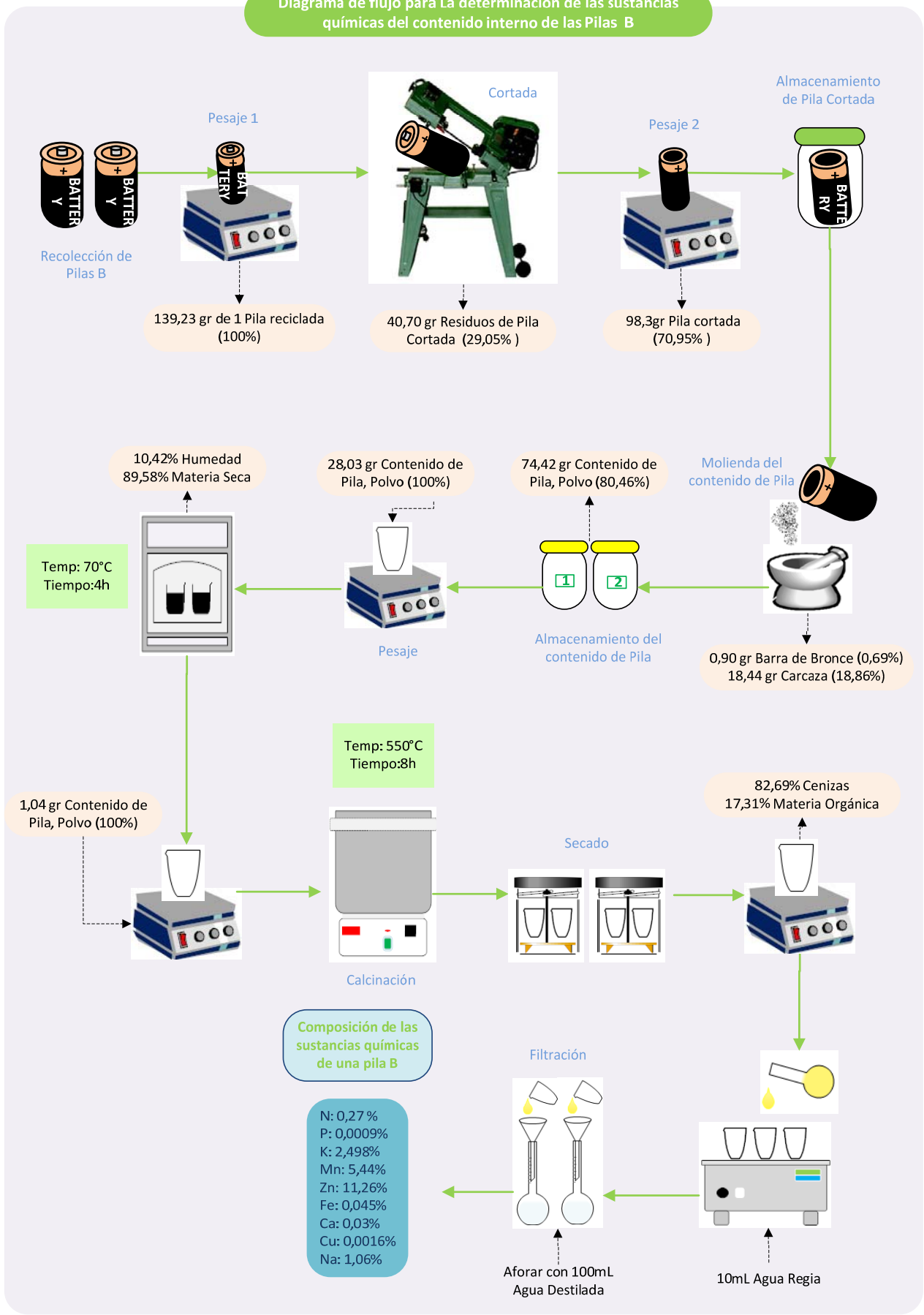


Diagrama de flujo para La determinación de las sustancias químicas del contenido interno de las Pilas B



3.3 Análisis del Suelo mediante el método de colorimetría

Para el análisis del suelo se utilizó el kit de análisis de suelo La Motte, modelo DC 1600, el cual es un método de colorimetría, que consiste en extraer un filtrado del suelo con una solución ácida, para lo cual se procede a:

1. Añadir 5 mL de la solución ácida de extracción y agregar 75 mL de agua destilada a una botella de vidrio de 100 mL, mezclar la solución.
2. Anadir 15 g de la muestra de suelo a la botella de la muestra, cerrarla por completo y agitar la solución durante 5 min.
3. Filtrar y coleccionar el filtrado del suelo en una botella limpia, muestra (1).

a. Análisis de nitrógeno

1. Transferir 2 mL de la muestra (1) en un tubo colorimétrico limpio y aforar hasta la señal de 10 mL con agua destilada.
2. Mezclar y neutralizar.
3. Insertar la muestra en el colorímetro, La Motte DC 1600, y presionar el botón de 30 s.

b. Análisis de potasio

1. Transferir 2 mL de la muestra (1) en un tubo colorimétrico limpio y aforar hasta la señal de 10 mL con agua destilada.
2. Insertar la muestra en el colorímetro, La Motte Dc 1600, y presionar el botón de 30 s y calibrar hasta el 100%.
3. Remover el tubo y añadir 4 gotas de hidróxido de sodio (1 N) y mezclar.

4. Añadir 0,05 g de tetrafenilboro, cerrar el tubo y agitar hasta que el polvo se haya disuelto.
5. Después de 5 min, agitar el tubo y colocarlo inmediatamente en el colorímetro, presionar el botón de lectura y tomar nota del porcentaje de transmitancia cuando la lectura sea estable.
6. Leer el cuadro de calibración del potasio para encontrar la concentración en libras por acre (lbs / A) de potasio en el suelo.

c. Análisis de fósforo

1. Transferir 2 mL de la muestra (1) en un tubo colorimétrico limpio y aforar hasta la señal de 10 mL con agua destilada.
2. Insertar la muestra en la cámara y presionar el botón de 30 s y calibrar hasta el 100%.
3. Remover el tubo y añadir 1 mL del reactivo ácido de fósforo, cerrar y mezclar.
4. Añadir 0,1 g del reactivo reductor de fosfato, cerrar el tubo y agitar hasta se haya disuelto. Dejar reaccionar 5 min para que se desarrolle el color representativo de fosfatos que es azul claro.
5. Insertar el tubo en el colorímetro, La Motte Dc 1600, y presionar el botón de lectura y tomar la medida de la lectura hasta que el valor sea estable.
6. Leer el cuadro de calibración del fósforo para encontrar la concentración en libras por acre (lbs / A) de fósforo en el suelo.



Figura N° 22. Colorímetro

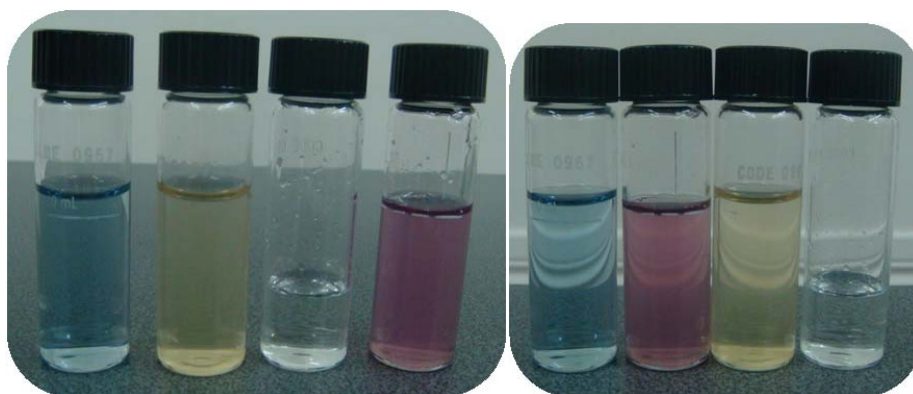


Figura N° 23. Análisis de suelos. color azul: determinación de fósforo. color amarillo: determinación de nitrato y nitrito de amonio. color blanquecino: determinación de potasio. color rosado: determinación de nitratos

4. Estudio sobre la factibilidad del uso del contenido interno de las pilas A y B como abono para plantas de jardín

4.1 Selección mediante el cultivo de plantas de jardín para realizar las pruebas del estudio

A continuación se describe los pasos que se realizaron para la respectiva selección:

1. Se sembraron 6 semillas de plantas de jardín: nasturzio (*Nasturtium officinale*), zinnia (*Zinnia elegans*), albaca grande verde (*Ocimum basilicum*), dalia (*Dahlia spp*) y petunia (*Petunia hybrida*) y capuchinas (*Tropaeolum majus*) en vasos de poliestireno mediano con tierra normal.
2. Se anotó el tiempo que cada planta tardó en germinar.
3. Se seleccionó la planta que más rápido germinó y aquella que mejor desarrollo tuvo en su tallo, hojas y aspecto similares.

Del total de semillas sembradas únicamente un tipo de semilla germinó, y fueron las capuchinas (*Tropaeolum majus*), las demás germinaron, pero su crecimiento fue muy lento. Las capuchinas (*Tropaeolum majus*) germinaron luego de 5 días y se desarrollaron rápidamente, tanto en tallo como en hojas; mientras que las demás semillas germinaron luego de aproximadamente 2 semanas y no se visualizó un desarrollo ni del tallo ni de hojas. Es por esta razón, que se seleccionaron a las capuchinas (*Tropaeolum majus*) para el análisis de este estudio, con el fin de verificar que las pilas secas usadas pueden ser útiles como abono para plantas de jardín, ya que poseen micronutrientes que son esenciales para las plantas.

4.2 Siembra de Capuchinas (*Tropaeolum majus*)

a. Tratamientos

Para comprobar la validez como abono del contenido interno de las pilas secas usadas para plantas de jardín, se realizaron diferentes tratamientos de siembra, tal como se observa en la Tabla N° 2. Los tratamientos especificados para el experimento, fueron 9, dentro de las cuales seis contienen dosis de pilas y uno es considerado como testigo (sin la dosis del contenido de pilas), con el fin de verificar los efectos de las diferentes dosis en combinación con el abono orgánico comercial analizado.

Tabla N° 2. Tipos de Tratamientos empleados

SIEMBRA	Tratamientos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tierra	X	X	X	X	X	X	-	-	-
Abono	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Pila A	-	X	-	-	X	-	-	X	-
Pila B	-	-	X	-	-	X	-	-	X

Los medios de siembra fueron tierra normal, abono orgánico comercial combinadas con el contenido interno de las pilas A y B. Para ello, se efectuaron diferentes tratamientos con el fin de analizar y evaluar la efectividad del contenido interno de pilas como abono. Previamente se realizó siembras de capuchinas (*Tropaeolum majus*) utilizando entre el 1% hasta un 5% del contenido de pilas en diferentes medios de siembra. Con lo cual se verificó que a concentraciones mayores al 3.5% la planta no logra desarrollarse como es de esperarse, por las siguientes razones: no germinó pronto, su crecimiento fue muy lento, el color de la planta

tendía a un verde negro, las hojas tenían un aspecto seco; sin embargo su tallo presenta un aspecto grueso y carnoso. A continuación se detalla las características de las siembras realizadas:

Tabla N° 3. Características de las siembras realizadas

# Siembra	Peso Suelo (g)	Peso cantidad de pila seca (g)	Cantidad de Semilla	Medio de Siembra	Tipo de Pila
1	40	0,3	1	Pila+suelo normal	Pila B
2	43,6	-	1	Suelo normal	-
3	40,3	0,4	1	Pila+suelo normal	Pila B
4	40,4	0,8	1	Pila+suelo normal	Pila A
5	40,9	0,7	1	Pila+suelo normal	Pila A
6	24	-	1	Suelo abonado	-
7	21,3	-	1	Suelo abonado	-
8	31,6	-	1	50/50 de Suelo abonada+normal	-
9	28,9	-	1	50/50 de Suelo abonado+normal	-
10	24,6	0,3	1	Pila+ 50/50 de suelo abonada+normal	Pila B
11	23,4	0,8	1	Pila+ 50/50 de suelo abonada+normal	Pila A
12	42,4	-	1	Suelo normal	-
13	40,7	-	1	Suelo normal	-
14	35,8	-	1	50/50 de suelo abonado+normal	-
15	38,1	-	1	50/50 de suelo abonado+normal	-
16	29,5	-	1	50/50 de suelo abonado+normal	-
17	34	-	1	Suelo Normal	-

A continuación se puede observar la cantidad del medio de siembra:

Tabla N° 4. Porcentaje del medio de siembra, de pilas y de abono orgánico

# Tratamiento	Porcentaje [%]				Número de Semilla de Capuchina	# Siembra
	Suelo	Abono orgánico comercial	Pila A	Pila B		
1	100,00%	-	-	-	1	2 y 17
2	98,06%	-	1,94%	-	1	4
2M	98,32%		1,68%		1	5
3	90,97%	-	-	1%	1	1
3M	90,97%		-	0,90%		3
4	50,00%	50,00%	-	-	1	9-14-15-16
5	48,35%	48,35%	3,31%	-	1	11
6	48,35%	48,35%	-	3%	1	A
7	-	100,00%	-	-	1	6
8		98,06%	1,94%			C
9		98,06%		1,94%		D

b. Cultivo de capuchinas (*Tropaeolum majus*)

Se sembraron por duplicado las semillas secas de capuchinas (*Tropaeolum majus*) en un vaso pequeño de plástico. El medio y la cantidad en la que se sembró se pueden apreciar en la Tabla N° 4. Cada vaso fue etiquetado y enumerado. Se plantó una semilla de capuchinas (*Tropaeolum majus*) en cada vaso a una profundidad de aproximadamente 1 cm. Para acelerar

su germinación, se colocaron los vasos en la parte superior de la cocina, con el fin de mantenerlas en un ambiente caliente.

Exactamente luego de 5-6 días las semillas germinaron. Cada día se regó con agua la siembra para favorecer el desarrollo de las plantas, debido a que los nutrientes llegan a las raíces disueltos en agua, y todas las observaciones del crecimiento fueron registradas. (Tabla N°11)



Figura N° 24. Germinación de las siembras realizadas

c. Trasplante

Luego de una semana de haber germinado, se realizó el primer trasplante a un vaso de poliestireno de 8 onzas con agujeros para que pueda drenar el agua. Luego se agregó el medio de siembra, pila, suelo y/o abono en las mismas cantidades y proporciones en el que fue sembrada la planta, para no alterar resultados.

Se realizó el segundo trasplante una vez que las plantas se encontraban con una altura mayor que el recipiente que las contenía, (Figura N° 26). Este trasplante se realizó a un recipiente con más espacio (mitad de una botella de agua de 3 L). Para ello se tuvo gran cuidado de no romper las raíces para no matar a la planta. Luego se agregó tierra con el mismo contenido en el que fue sembrada la planta, para no alterar resultados, tal como se hizo en el primer trasplante. El trasplante es necesario realizarlo, debido a que la plántula, conforme va creciendo, necesita más espacio para su desarrollo. Además, según se dijo en la teoría se conoce que la planta extrae los micronutrientes del medio en el que se encuentra rodeada, por lo que si se encuentra sembrada en un lugar pequeño, la planta no tendrá los suficientes nutrientes para su crecimiento y desarrollo.

Para valorar los resultados de la siembra se registró cada día la altura de la planta, número de hojas, altura de peciolos, yemas, color de tallos y hojas (Tabla N°11).



Figura N° 25. Siembras listas para el primer trasplante a un vaso de poliestireno de 8 onzas.



Figura N° 26. Capuchinas (*Tropaeolum majus*) trasplantadas en vasos de poliestireno de 8 onzas



Figura N° 27. Capuchinas (*Tropaeolum majus*) listas para el segundo trápante a un recipiente más grande (Media botella de agua de 3 L)

d. Medición del crecimiento

Dentro del trabajo experimental realizado se analizaron algunas variables de la planta, con el fin de determinar la importancia del aprovechamiento de este desecho como abono. Las variables analizadas fueron:

- ✓ Tiempo de germinación

- ✓ Altura de la planta en centímetros (cm) diarios, medido desde la base del tallo hasta el borde final de la hoja más alta.
- ✓ Color de las de las nervaduras de las hojas
- ✓ Color del tallo



Figura N° 28. Siembra de capuchinas (*Tropaeolum majus*)



Figura N° 29. Germinación capuchinas (*Tropaeolum majus*)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Pilas

Para el presente trabajo se tomaron, como muestras, aproximadamente 30 pilas gruesas A y 10 pilas B. Al abrir las pilas con la sierra eléctrica, según el procedimiento descrito en la sección 3.3, se observó que algunas pilas tendían a explotar. Esto ocurre debido a que en el momento en el que la presión de la pila aumenta, debido a la fricción producida por la sierra, comienza a producirse el fenómeno de la electrólisis, en el agua existente en el electrolito, éste se descompone en hidrógeno (H_2) y oxígeno (O_2), el hidrógeno es un gas fácilmente inflamable. Si la presión se incrementa, la velocidad de generación del gas hidrógeno también aumentará, de modo que, si no se ventila rápidamente, podrá ser inflamada por cualquier chispa interna o externa provocando la explosión de la pila. [37] y [38]

A continuación se presentan en porcentaje los resultados del contenido de una pila gruesa abierta:

Tabla N° 5. Porcentajes de los componente del contenido químico de las partes de las pilas secas

Pila	% Residuos de Pila	% Pila Cortada	% Barra de bronce / Carbón	% Contenido interno Pila	% Carcaza de Pila
A	29,05%	71,89%	0,69%	80,46%	18,86%
B	24,73%	75,27%	6,07%	69,19%	24,74%
Totales	100%		100%		

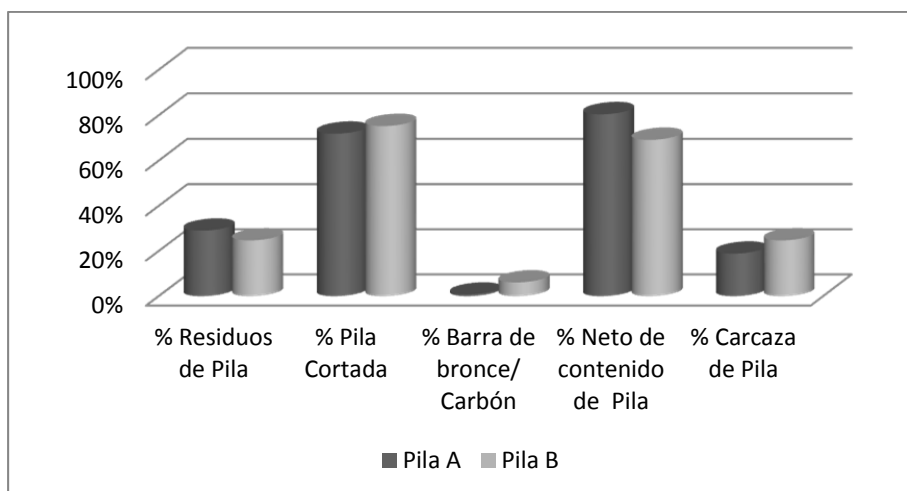


Figura N° 30. Porcentajes del contenido de las partes de una pila

Se obtuvo que el peso en promedio de una pila A gruesa desgastada es de 139 g que representa el 100% de la pila. De los cuales, el 29,05% corresponde a los residuos de la pila que se obtuvo al cortar sus bordes con una sierra eléctrica, quedando el 71,89% de pila entera cortada. De este último porcentaje, el 80,46% corresponde al contenido interno de pila, 18,86% a la carcasa metálica de la pila y el 0,69% a la barra de aluminio.

Mientras que para las pilas B se tuvo un peso promedio de 96,27 g que es en porcentaje el 100% de la pila, y de este valor el 24,73% es correspondiente a los residuos de la pila que se obtuvo al cortar sus bordes, quedando un 75,27% de pila sin bordes. De este último porcentaje el 69,19% corresponde al contenido interno de pila, 24,74 a la carcasa de la pila y el 6,07% a la barra de carbono.

Con esta información se puede apreciar que las pilas A poseen un contenido neto mayor que las Pilas B, con una diferencia aproximadamente del 10%, por lo que contendrá mayor cantidad de sales minerales.

5.2 Comparación entre las pilas y el abono Orgánico

Los porcentajes de humedad y de materia seca se obtuvieron mediante la operación unitaria de secado, y se aplicaron las ecuaciones (Eq.1 y Eq.2), respectivamente y los dos restantes, porcentajes de cenizas y materia orgánica, fueron calculados luego de la operación unitaria de calcinación y se aplicaron las ecuaciones (Eq. 3 y Eq.4). En la tabla N°6. se presenta el resultado en porcentaje de los análisis realizados de: humedad, total de sólidos, cenizas de las pilas A y B y de materia orgánica del abono comercial.

Los resultados muestran que el mayor porcentaje de humedad es para el abono orgánico con el 68,8% y el de menor nivel es para las pilas A con el 10,42%. Esto muestra que el abono orgánico posee una capacidad mayor que los demás de retener el agua, lo cual influirá en la germinación y en las propiedades físicas de las plantas. Debido a que a mayor contenido de humedad más rápida es la germinación [17].

Como se aprecia en la Tabla N°7, las pilas B posee casi el doble (25,75%) del contenido de agua que las pilas A (10,42%), esto muestra que las plantas que sean sembradas con el contenido de las pilas A, serán las que necesitan mayor riego, para que la planta se desarrolle correctamente. Además, si se tiene humedad alta entonces el intercambio iónico y catiónico será rápido y habrá una buena capacidad de adsorción. [39]

Asimismo, se encontró que las pilas A poseen mayor cantidad de cenizas (82,69%), seguido por las pilas B (61,03%) y el abono orgánico (42,75%). Esto indica que en las pilas A se encuentra una mayor cantidad de sales minerales, tales como: zinc, manganeso, sodio. (Tabla N° 6)

Tabla N° 6. Porcentaje obtenido de la humedad, materia seca, cenizas y materia orgánica en las pilas y el abono orgánico comercial

	% Humedad	% Materia Seca / Total de Sólidos	% Cenizas	% Materia Orgánica M.O
Pila A	10,42%	89,58%	82,69%	-
Pila B	25,75%	74,25%	61,03%	-
Abono orgánico comercial	68,88%	31,12%	42,75%	57,25%

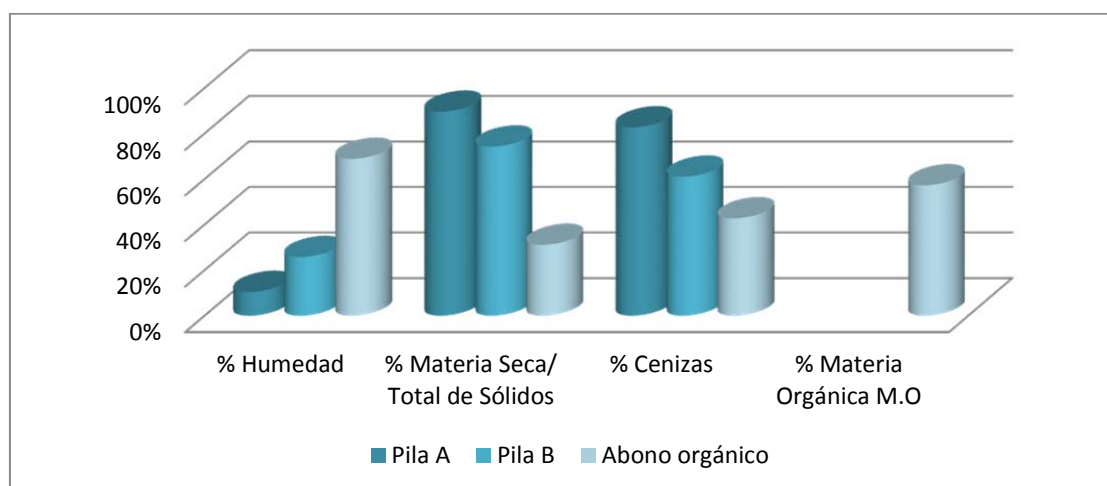


Figura N° 31. Porcentaje de humedad, materia seca, cenizas y materia orgánica en las pilas y abono orgánico comercial

El porcentaje de materia orgánica (M.O) del abono orgánico fue alto dando un valor del 57,25%, como es de conocer las pilas no poseen materia orgánica por lo que no se puede realizar ninguna comparación al respecto. Es importante conocer este valor ya que la M.O tiene una influencia importante sobre algunas características de los suelos como son: capacidad de intercambio catiónico, formación de agregados, capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrientes esenciales. Es decir, si existe un porcentaje alto de M.O,

entonces habrá mayor intercambio catiónico, mayor retención de agua y esto evitará que se evapore el agua del suelo. Por ende, una cantidad baja de M.O afectará en el crecimiento y en el desarrollo de las plantas. [40]. Esto se verá reflejado a la hora de la siembra.

Tabla N° 7. Comparación de la composición química del abono orgánico y pilas.

% Sustancia	Abono Orgánico		Pilas A		Pilas B	
	Porcentaje	ppm	Porcentaje	ppm	Porcentaje	ppm
Nitrógeno (N)	2,48%	4650	0,169%	-	0,27%	-
Fósforo (P)	0,03%	63,50	0,001%	1,7	0,001%	1,7
Potasio (K)	2,73%	5116	2,12%	4683	2,50%	3983

En la Figura 31. Se aprecia que el abono orgánico posee el mayor contenido de nitrógeno (2,48%), seguido por el contenido de Pilas B (0,27%). Un porcentaje alto de nitrógeno ayudará al inicio, en el desarrollo de la planta. Con una buena cantidad de nitrógeno se observará un follaje verdoso y abundante.

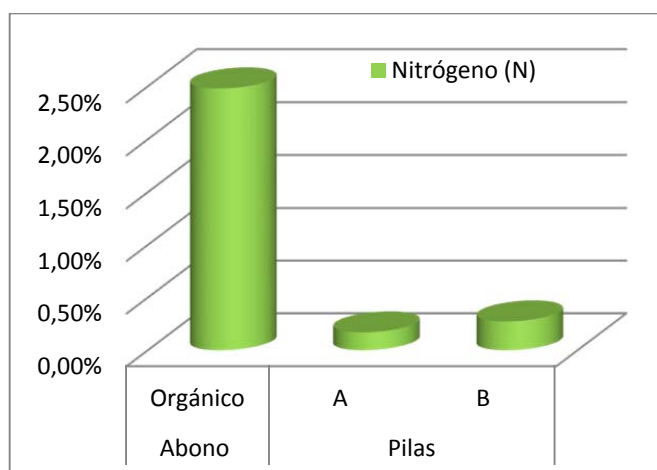


Figura N° 32. Comparación de la cantidad de nitrógeno entre las pilas y el abono orgánico comercial

Además, según la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán indica que si los residuos orgánicos o elementos que sean incorporados al suelo poseen más del 1,5% de nitrógeno, favorecerá a la transformación de nitrógeno orgánico (proteínico, ácidos nucleicos, azúcares...) al inorgánico (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- ...) por los microorganismos heterótrofos del suelo. Si tiene menos del 1,5%, convertirá el N inorgánico a las formas orgánicas debido a reacciones asociadas principalmente con el crecimiento y metabolismo microbiano que utilizan el N inorgánico y lo convierten en formas constitutivas de sus tejidos quedando el N inmovilizado. [41].

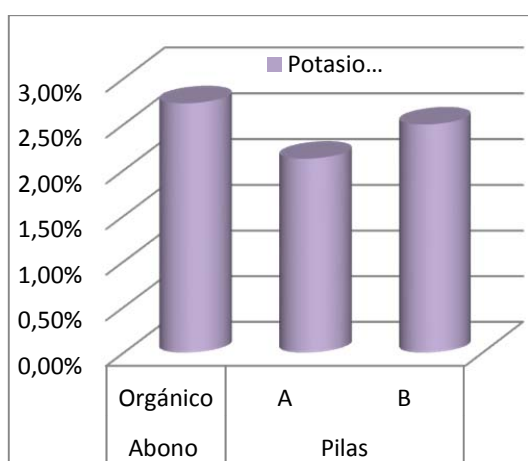
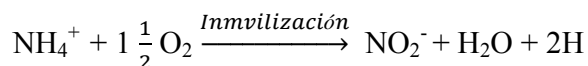
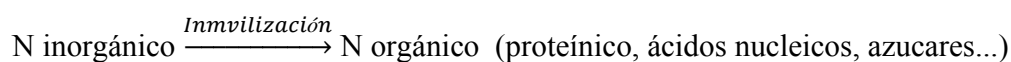
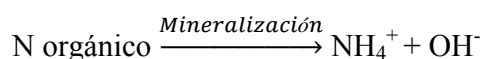
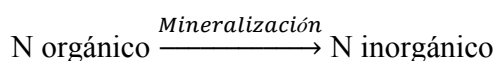


Figura N° 33. Comparación de la Cantidad de potasio entre las pilas y el abono orgánico comercial

Los resultados arrojaron que tanto el abono orgánico (2,73%), como las pilas A (2,12%) y las pilas B (2,50%) poseen casi la misma cantidad de potasio. Una deficiencia de potasio en las plantas causará que los bordes y puntas de las plantas se sequen. Mientras que su presencia cumplirá con el papel de crear defensas contra las enfermedades que se pueden presentar en la planta, pues este nutriente se encarga de crear defensas.

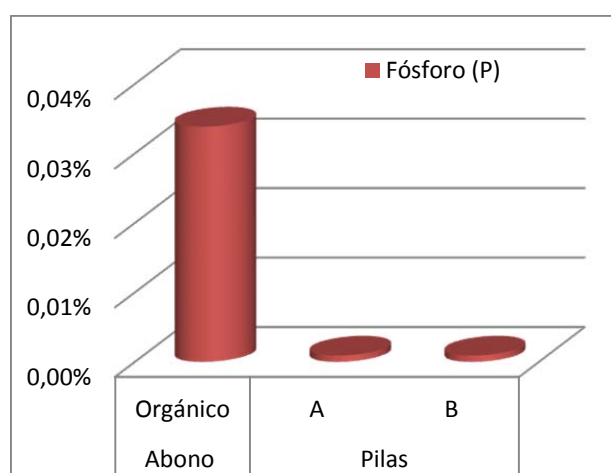


Figura N° 34. Comparación de la Cantidad de fósforo entre las pilas y el abono orgánico comercial

Los resultados para el fósforo dieron que el abono orgánico es el que posee mayor cantidad (0,03%) de fósforo con relación a las pilas (0,001%). La deficiencia de fósforo en las plantas produce un color rojizo o púrpura en la planta, hasta llegar a secarse.

Tabla N° 8. Resultado en porcentaje de las sustancias químicas en las pilas y el abono orgánico

	% Mn	% Zn	% Fe	% Ca	% Cu	% Na
Pilas A	6,4589%	16,7975%	0,0232%	0,0054%	0,0027%	1,4012%
Pilas B	5,4437%	11,2634%	0,0446%	0,0303%	0,0016%	1,0634%
Abono Orgánico comercial	0,0259%	0,0203%	0,5690%	0,7187%	0,0283%	0,1704%

En Figura N° 34, se puede apreciar que las pilas A poseen la mayor cantidad de manganeso 6.46% (Mn), zinc 16,80% (Zn) y sodio 1,4% (Na). Seguido por las pilas B. Con estos resultados se aprecia que el abono orgánico posee porcentajes muy bajos de minerales, lo cual era de esperarse según los resultados dados en la Tabla N°8, en el que muestra que el abono orgánico posee únicamente el 42.75% de cenizas, el cual determina la cantidad de la riqueza de los minerales. Es por esta razón que la utilización de las pilas como parte del medio de siembra en las capuchinas (*Tropaeolum majus*) dará buenos resultados, sobre todo las siembras realizadas con el contenido de las pilas A. Esta predicción se verá reflejada en una germinación acelerada, debido a la función que cumple el manganeso, al color verde debido a la formación de clorofila, gracias a la presencia de zinc. (Tabla N°1)

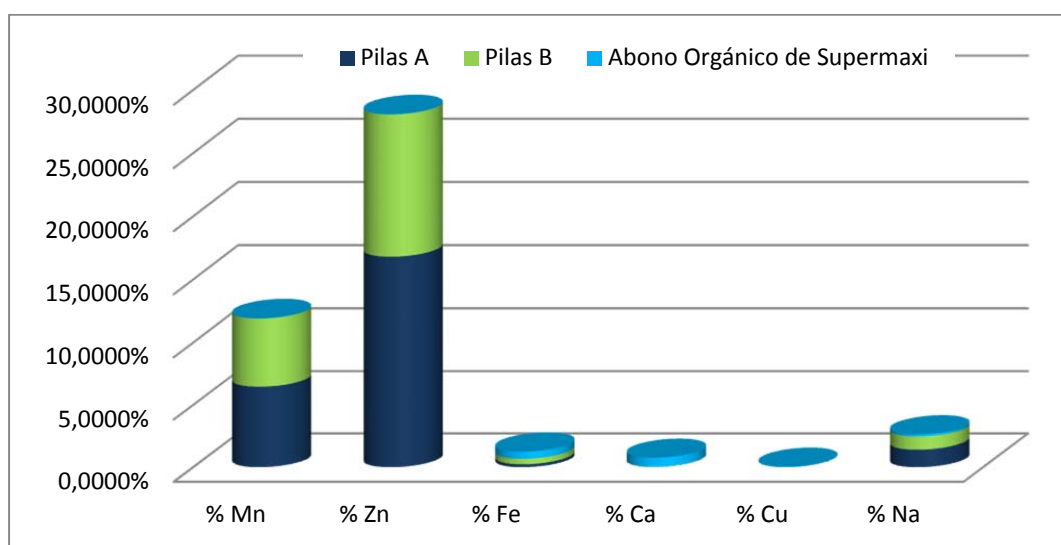


Figura N° 35. Comparación de los metales encontrados en las pilas y el abono orgánico

5.3 Suelo

Para realizar las pruebas experimentales y verificar la eficiencia del contenido de pilas como abono en plantas de jardín se realizó un análisis del medio en el que se efectuó la siembra de

las capuchinas (*Tropaeolum majus*), el suelo. En este análisis se determinó la cantidad de humedad, materia seca, cenizas y materia orgánica, los resultados se presentan a continuación:

Tabla N° 9. Características del suelo en el que se realizó la siembra de las capuchinas (*Tropaeolum maju*)

Operación unitaria de Secado		Operación unitaria de Calcinación	
% Humedad	% Materia Seca / Total de Sólidos	% Cenizas	% Materia Orgánica M.O
8,81%	91,19%	92%	8%
100%		100%	

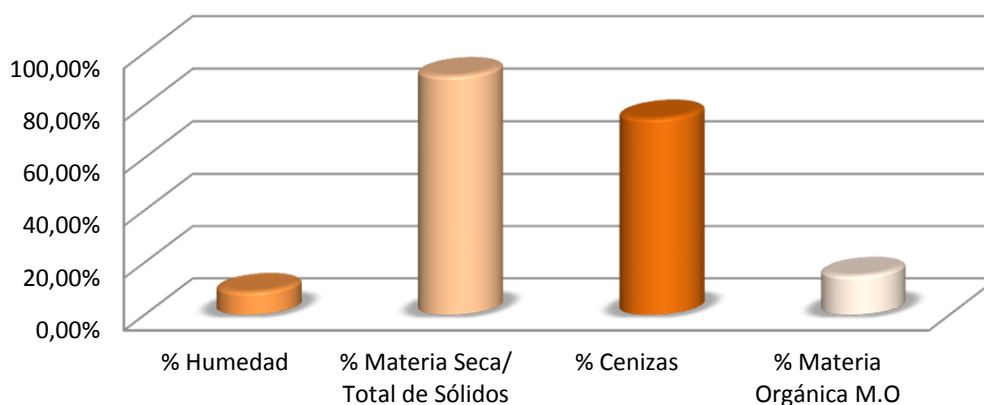


Figura N° 36. Características en porcentaje del Suelo

Según los análisis realizados se determinó que el suelo se encontraba compuesto por un 91,19% de materia seca y un 8,81% de humedad. Del contenido de materia seca (M.S) se obtuvo que el 92% correspondiera a la cantidad de cenizas y el 8% a la cantidad de materia orgánica (M.O), según se indica en la tabla N°9.

Según la interpretación de resultados de M.O de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México [6], menciona que de la cantidad de cenizas se determinará los minerales que el suelo posee, en la cual determina que el porcentaje de materia orgánica es: medio de 1.6%

al 3.5%, alto de 3.6% al 6% y muy alto mayor al 6%. Según esto se tiene que para el suelo analizado el porcentaje obtenido es muy alto 8%, y como la capacidad de humectación del suelo depende en mayor porcentaje de la cantidad de materia orgánica y no del contenido de sólidos totales, únicamente se necesitará un riego moderado de agua en las siembras realizadas [42]. Esto se da debido a que entre más alto es el porcentaje de M.O mayor será la retención del agua en el suelo, esto se verá reflejado en las siembras realizadas para el presente experimento. Además, un porcentaje alto de M.O aumenta el espacio poroso en el suelo, lo que ayudará en el intercambio gaseoso existente entre el suelo y la atmósfera.

Tabla N° 10. Resultados de los análisis de las sustancias químicas del suelo.

Sustancias químicas analizadas	Porcentaje
Nitrógeno (N)	0,059%
Fósforo (P)	0,008%
Potasio (K)	0,388%

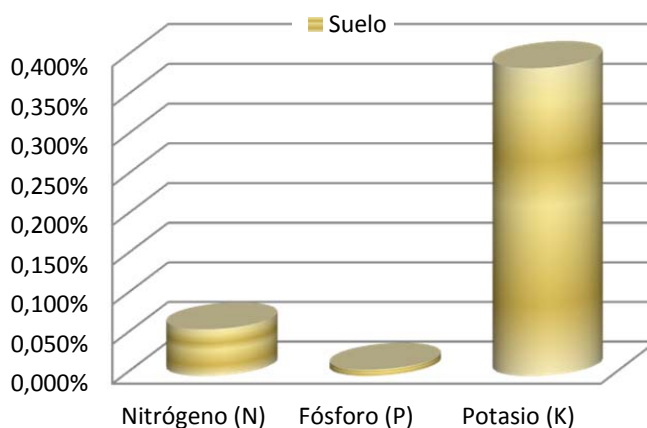


Figura N° 37. Características Químicas del Suelo

Además, en el análisis del suelo se determinó la cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, y se observó que el porcentaje de elementos químicos en el suelo es relativamente bajo: 0,059% de N, 0,0081% de P y 0,388% de K. Razón por la cual, para enriquecer este suelo y para que

haya un buen desarrollo y crecimiento de la planta es necesario utilizar un abono que proporcione aquellas carencias.

5.4 Siembra

Con el objeto de conocer la efectividad del contenido interno de pilas secas usadas como abono para plantas de jardín se realizaron siembras de capuchinas (*Tropaeolum majus*), tal y como se detallo en la sección del trabajo experimental; sin embargo para lograr medir esta efectividad a continuación se presentan en detalle el resultado de cada una de las variables de la planta, que fueron analizadas:

a. Variable 1: Tiempo de Germinación

Los factores que afectaron la germinación son: la humedad, intercambio catiónico, porcentaje de retención de agua y la temperatura del medio ambiente. Tal como se puede apreciar en la Tabla N°11, muestra que las siembras 12 y 13 nunca germinaron, esto se dio debido a que se las expuso directamente al sol, lo que produjo la sequedad en el suelo por lo que no fue posible que la semilla se hinchará con el agua existente en el suelo y germinara.

Asimismo el exceso de agua evitará la germinación de la planta. Es importante mencionar que las semillas no necesitan luz solar hasta que germinan, en la primera fase de germinación la temperatura es más importante (si se encuentra como mínimo una temperatura de 20°C todas las semillas tendrán mejores resultados). En cambio cuando germinan, más luz solar es mejor para su desarrollo y crecimiento.

El tratamiento que más pronto germinó fue el N°5, la que corresponde a la siembra N°11. el mismo que posee un medio de siembra del 48.35% de suelo normal, 48.35% de abono

orgánico comercial orgánico y un 3.31% del contenido interno de pila A. Además en el día dos luego de la germinación tuvo una altura de 3 cm y el color entero de la planta fue verde claro (Figura N° 37). Esto muestra que el contenido interno de las pilas no es tóxico para las plantas, si se utiliza en porcentajes menores al 3.31%. Y además queda demostrado que la presencia de magnesio y manganeso en la siembra hace efecto a la hora de la germinación, ya que estos micronutrientes cumplen el papel de acelerar la germinación, tal y como se menciona en la Tabla 1.

En segundo lugar el tratamiento que más pronto germinó fue el N°4, la cual corresponde a la siembra N°15, .El mismo que posee un medio de siembra del 50% de suelo normal y 50% de abono orgánico comercial. En el día dos luego de la germinación tuvo una altura de 2,5cm el color de la planta fue: tallo morado y hojas verdes con bordes morados. (Figura N° 38)

Seguido por el tratamiento N°7, la cual corresponde a la siembra N°6. El mismo que posee un medio de siembra del 100% de abono orgánico comercial. En el día dos luego de la germinación tuvo una altura de 2,4 cm. El color entero de la planta fue morado. (Figura N°39)

Tabla N° 11. Días de Germinación de las Siembras Realizadas

Germinación [día]	# Tratamiento	N° Siembra	Medio de Siembra
nunca germinó	1	13	Suelo Normal
nunca germinó	1	12	Suelo Normal
6to día	4	8	50/50 de Suelo abonada+normal
6to día	7	7	Suelo Abonado
6to día	6	10	Pila B + 50/50 de Suelo abonada+normal
6to día	3	1	Pila B +Suelo Normal
6to día	2	4	Pila A +Suelo Normal
6to día	4	9	50/50 de Suelo abonado+normal
6to día	3M	3	Pila B +Suelo Normal
6to día	1	2	Suelo Normal
6to día	4	14	50/50 de Suelo abonado +normal
6to día	2M	5	Pila A+ Suelo Normal
6to día	4	16	50/50 de Suelo abonado +normal
5to día	1	17	Suelo normal
5to día	7	6	Suelo Abonado
5to día	4	15	50/50 de Suelo abonado +normal
5to día	5	11	Pila A+ 50/50 de Suelo abonad +normal

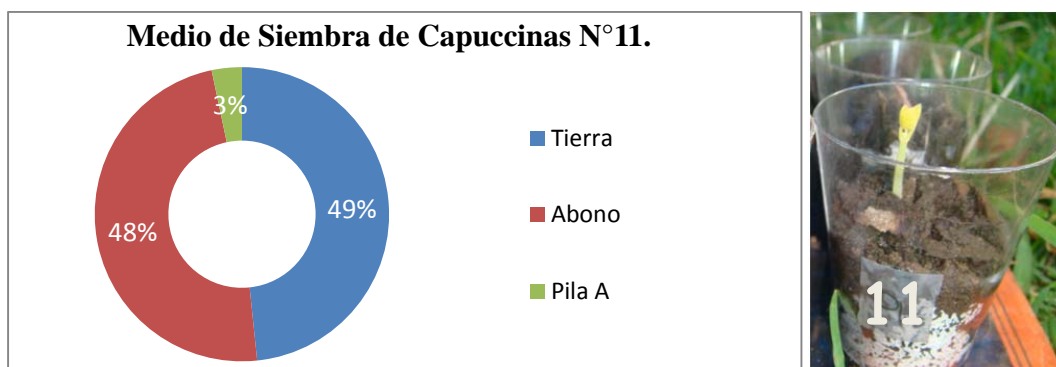


Figura N° 38. (a) Medio de Siembra de la Germinación más rápida (b) Capuchinas (*Tropaeolum majus*) 2do día luego de la germinación, día N°7 después de la siembra.

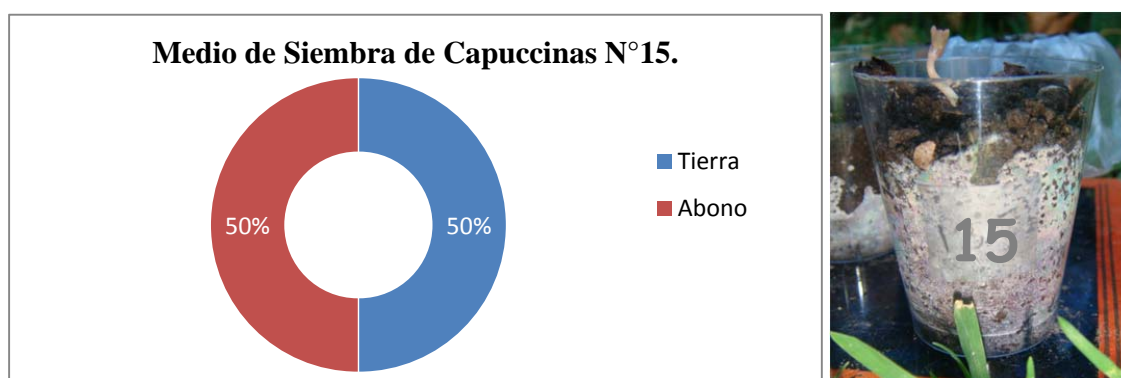


Figura N° 39. (a) Medio de Siembra N°15, 2da Germinación más rápida (b) Capuchinas (*Tropaeolum majus*) 2do día luego de la germinación, día N°7 después de la siembra.

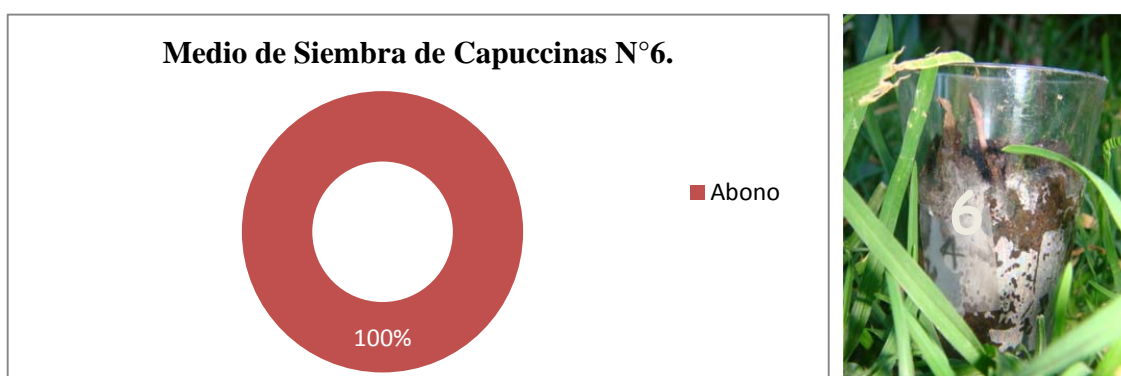


Figura N° 40. (a) Medio de Siembra N°6, 3era Germinación más rápida (b) Capuchinas (*Tropaeolum majus*) 2do día luego de la germinación, día N°7 después de la siembra.

b. Variable 2: Altura de la planta

Se analizó la altura de las plantas capuchina (*Tropaeolum majus*), diariamente, durante el crecimiento y desarrollo de la misma. Al especificarse que la mayor elongación de la planta se da en el tallo, se toma como referencia la base donde da inicio el tallo hasta el extremo superior de las hojas más altas [36]. La medición de la altura del tallo es importante para conocer la acción del contenido de pilas como abono en la siembra de las capuchinas (*Tropaeolum majus*), debido a que a mayor altura puede ser el indicador para que se forme mayor cantidad de peciolo y hojas, y de esta manera mejorar la fotosíntesis de las plantas [36].

La Tabla N°11, muestra las 17 siembras realizadas en el trabajo experimental. Esta tabla es el resultado luego de 30 días de evaluación continua de las siembras de las capuchinas (*Tropaeolum majus*).

La evaluación de la siembra determinó que la mayor altura de las muestras tomadas corresponde al tratamiento N°4, siembra N°15, correspondiente al 50% de suelo y abono orgánico, como medio de siembra, alcanzando una altura de 24.4 cm. Seguido por el tratamiento N°5, siembra N°11, con el 3.42% del contenido de la pila A en un medio de siembra de una mezcla del 50% de abono y suelo, alcanzando una altura de 23 cm. (Tabla N°12 y Figura N°40). En cambio, la menor altura se da para el tratamiento N° 16, en donde el crecimiento de la planta fue de apenas 5 cm. Seguido por el tratamiento N° 5, siembra N° 2M con el 1.71% del contenido de la pila A en un medio de siembra de una mezcla del 50% de abono y suelo, alcanzando una altura de 7 cm.

Tabla N° 12. Altura de la planta con respecto a los diferentes medios de siembra y tratamientos empleados.

# Tratamiento	N° Siembra	Medio de Siembra	Altura luego de 30 días de siembra [cm]
1	13	Suelo normal	muerta
1	12	Suelo normal	muerta
4	8	50/50 de suelo abonado +normal	muerta
7	7	Suelo abonado	muerta
6	10	Pila B + 50/50 de suelo abonado+normal	muerta
4	15	50/50 de suelo abonado+normal	24,4
5	11	Pila A + 50/50 de suelo abonado+normal	23
3	1	Pila B +suelo normal	19
2	4	Pila A +suelo normal	17
4	9	50/50 de suelo abonado+normal	17
7	6	Suelo abonado	17
3M	3	Pila B +suelo normal	16,4
1	2	Suelo normal	10,5
4	14	50/50 de suelo abonado+normal	7,9
2M	5	Pila A+suelo normal	7
4	16	50/50 de suelo abonado+normal	5

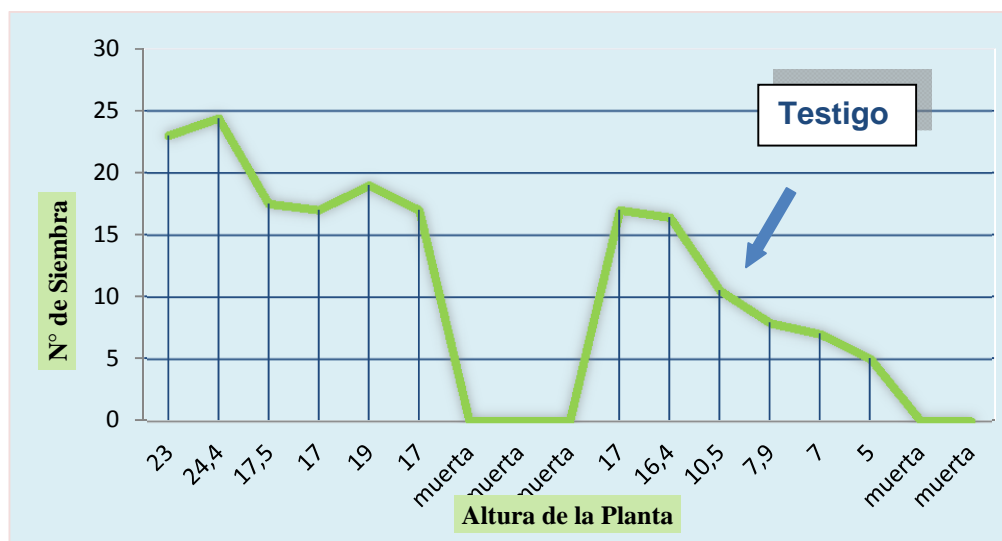


Figura N° 41. Variación de la Altura de la planta de las diferentes siembras realizadas

El testigo alcanzó una altura de 10.5 cm. Al comparar esta altura con las siembras N° 11 y N° 1, las cuales contienen (3.42% del contenido interno de las pilas A y 1.71% de pilas B con un 50% de suelo y abono orgánico) se observa una diferencia de 12.5 cm y 8.5cm respectivamente. Por lo tanto, se puede apreciar que es notable la presencia de micronutrientes existentes en el contenido de las pilas, lo cual ha ayudado en el crecimiento y desarrollo de las plantas, tal y como se esperaba según los resultados obtenidos al realizar la caracterización de las pilas. Este crecimiento se debe a la presencia de fósforo, ya que se encarga de estimular el crecimiento y la formación de las raíces. Como se aprecia en la Figura N° 40, la diferencia de la altura existe desde un inicio.

Asimismo, en los resultados obtenidos se evalúa que tanto para la mayor y menor altura corresponde al mismo tratamiento (50% suelo + 50% abono orgánico); sin embargo según se muestra en la tabla N°13, esto ocurre debido a que hay mayor contenido de medio de siembra (peso del suelo y del abono), por lo que hay una disponibilidad mayor de nutrientes, a pesar de que el medio sea el mismo, la cantidad influye en la altura de la planta.

Tabla N° 13. Siembras realizadas en abono orgánico y suelo. Tratamiento N°4.

# Siembra	Peso Vaso (g)	Peso Suelo (g)	Peso Abono (g)	Peso Suelo/Abono	Altura de la planta (cm)
15	4,2	19,05	19,05	38,1	24,4
14	4,2	17,9	17,9	35,8	7,9
16	4	14,75	14,75	29,5	5

Es necesario mencionar que, al emplear ambos tipos de fertilización (abono orgánico y pilas), en diferentes cantidades, se logró una complementariedad nutricional, la cual notoriamente favoreció al crecimiento de la planta. Sin embargo un exceso de ella causa una toxicidad en la planta, retardando notablemente su crecimiento.



Figura N° 42. Altura de la planta luego del día 7 de la Siembra N°.4 y la Siembra N°. 11



Figura N° 43. Altura de las siembras luego de 18 días de siembra.

c. Variable 3: Color de las hojas

El color de las hojas presentó diferencias significativas y visibles. Los tratamientos que mejor resultado dieron fueron el 5, 3 y 2, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 14. Comparación del color de hojas

N°. Tratamiento	N°. Siembra	Medio de Siembra	Color de las Nervaduras
5	11	3.30% pila A+ 48.35% de abono + 48.35% suelo	Verde completamente
3	1	0.90% pila B + 90.97% suelo	Verde claro con bordes ligeramente doblados
2	4	1.94% pila A+ 98.06% suelo	Verde completamente
4	16	50% de suelo abonado + 50% suelo	Verde oscuro con bordes morados

La Figura N°43, muestra que la siembra 11 provee el mejor color de hojas, debido a su aspecto verdoso, consecuencia de la presencia de nitrógeno. El color verde en la hoja es importante, ya que la presencia del pigmento verde, llamado clorofila (lo cual hace que la planta sea de color verde y le permite capturar la luz solar), hace que la hoja mantenga su coloración verdosa y sea capaz de seguir realizando la fotosíntesis. Y finalmente el tratamiento 3 y 2 presentaron los mejores colores verdes en las hojas, respectivamente. El tratamiento 16 fue uno de los más representativos en presentar un color verde en toda la hoja con bordes morados. Esto se dio debido a la falta de fósforo. (Figura N°46). En la tabla N°7, se puede observar que las pilas poseen un contenido alto de fósforo (2-2.5%), razón por la cual las siembras que poseen un verde completo en todas las hojas corresponden a las que contienen un porcentaje de pilas como abono.



Figura N° 44. Color de Hojas en el día (a) 12 y (b) 19 de la Siembra N°11



Figura N° 45. Color de Hojas en el día 19 de la Siembra N°4



Figura N° 46. Color de Hojas en el Día 19 de la Siembra N°1



Figura N° 47 .Color de Hojas en el Día 19 de la Siembra N°16

d. Variable 4: Aspecto y color del Tallo

Al igual que en el color de las hojas, las siembras que presentaron color verde en sus tallos fueron las mismas que poseen hojas verdes. La única diferencia que se apreció fue el grosor del tallo. Se verificó que la siembra que posee contenido de pila y abono orgánico hacen a la planta más robusta, mientras que las siembras que poseen únicamente contenido de pila y suelo, a pesar de que hacen que la planta entera presente un hermoso color verdoso, no hace que sea lo suficientemente gruesa. Esto influye en el crecimiento, ya que un tallo robusto será capaz de sostener más peciolos y por ende más hojas. Por el contrario un tallo delgado hará que la planta se incline fácilmente e incluso se rompa.

Estudios realizados en Japón han demostrado que los residuos de este tipo de pilas no presentan un riesgo para la salud de la población ni para el medio ambiente, debido a su baja toxicidad de estos metales y por la presencia de los mismos en la naturaleza. Por esta razón, las pilas de este tipo pueden ser dispuestas sin riesgo para el uso como abono en plantas de jardín. [2] Y mediante la elaboración de este trabajo experimental se ha demostrado que las pilas pueden ser utilizadas como abono en plantas de jardín, queda claro que porcentajes

menores al 3.5% no afectarán a las plantas sino que más bien serán los proveedores de los micronutrientes que una planta necesita.



Figura N° 48. Comparación del color en del tallo de las plantas de la siembra N° 6,11 y15. Día 3 luego de la germinación.



Figura N° 49. Comparación del color del tallo de las plantas de la siembra 11 y15. Día 3 luego de la germinación



Figura N° 50. Color del tallo de la siembra 11. Día 15 y 24 luego de la germinación.

6. Conclusiones y Recomendaciones

- ✓ Se evaluó y se probó la validez del contenido interno de las pilas secas usadas como aditivo de nutrientes para abonos orgánicos, debido a que, el tratamiento N°5 (que contiene el 3,31% del contenido de las pilas A y el resto es una mezcla de abono orgánico y suelo en cantidades iguales): es el segundo más pronto en germinar de acuerdo a la variable del tiempo de germinación; posee las hojas y tallos más verdes de acuerdo al color de las hojas y tallos; y se encuentra en segundo lugar entre los tallos más robustos de acuerdo al aspecto del tallo. De esta manera, se comprobó que su uso contribuye a incrementar y mejorar el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- ✓ Se analizaron y se determinaron, mediante un análisis cuantitativo de Espectroscopia de Absorción Atómica que las pilas se encuentran compuestas por los siguientes analitos con los porcentajes más altos; pilas A: 16.80% de zinc (Zn), 6.46% de manganeso (Mn) y el 2,12% potasio (K); pilas B: 11.26% de zinc (Zn), 5.44 % de manganeso (Mn) y el 2,50% potasio (K).
- ✓ Se observó que a mayor porcentaje de humedad y fósforo, en el medio de siembra, mayor es la velocidad de germinación de las capuchinas. Asimismo, se verificó que el contenido de pilas acelera la germinación, debido a su alta concentración de manganeso (6%), lo que influye en la velocidad de la germinación.
- ✓ Se midió la eficiencia del contenido interno de las pilas como abono mediante una comparación de la siembra de capuchinas (*Tropaeolum majus*) con un abono orgánico comercial. Con lo que se demostró que el contenido interno de pilas puede ser aprovechado como abono para plantas de jardín en porcentajes menores al 3.5%.

- ✓ Según los resultados obtenidos, se demostró que este proyecto puede ser una nueva alternativa viable y con un valor agregado, para la disposición final de las pilas desechadas.
- ✓ Se evidenció que el almacenamiento de las pilas fuera de su respectiva carcasa, evita sin duda posibles oxidaciones y lixiviaciones, que dañan el medio ambiente.
- ✓ Se recomienda realizar estudios para aplicar este residuo, como nutrimento de plantas, para otros tipos de cultivos y de esta manera fomentar la investigación relacionados con el tema.
- ✓ Se recomienda realizar un diseño de factibilidad económica para la implementación de este proyecto a nivel industrial.

7.ANEXOS

PESO PILAS Y CONTENIDO DE PILAS A

Muestra	Recipiente	Barra [gr]	Pila entera [gr]	Residuos de Pila Cortada [gr]	Pila entera Cortada [gr]	Contenido de Pila sin barra + Recipiente [gr]	Peso neto Pila[gr]	Carcaza pila [gr]
1	13,5	0,5	143	40,2	102,8	101,1	87,6	14,70
2	13,2	0,7	147	40,4	106,6	103,8	90,6	15,30
3	13,6	0,5	135	40	95	86,4	72,8	21,70
4	13,7	0,5	149,06	44,06	105	100,7	87	17,50
5	14,7	1,4	148,1	49,7	98,4	93,3	78,6	18,40
6	14	0,7	145,7	43,3	102,4	101,7	87,7	14,00
7	12,8	0,9	146	45,2	100,8	90,1	77,3	22,60
8	14	1,3	149,9	46,5	103,4	99,3	85,3	16,80
9	14,2	0,7	143	47	96	84,7	70,5	24,80
10	14,2	1,3	147	53,3	93,7	88,5	74,3	18,10
11	14,5	0,7	130,5	39,9	90,6	86	71,5	18,40
12	12,9	1,1	137	41,7	95,3	80,2	67,3	26,90
13	13,5	1,3	130,5	43	87,5	77,6	64,1	22,10
14	13,1	1,2	121	31,4	89,6	90,6	77,5	10,90
15	13,3	0,7	123,2	23,2	100	101,9	88,6	10,70
16	13,9	0,9	131,7	22,3	109,4	103,9	90	18,50
17	12,8	1,3	138	42,7	95,3	80,2	67,4	26,60
18	12,8	1,2	146	45,2	100,8	90,1	77,3	22,30
19	14,1	1,1	149,9	46,5	103,4	99,3	85,2	17,10
20	14,2	0,7	143,5	47,5	96	84,7	70,5	24,80
21	14,2	0,9	136,7	43	93,7	88,5	74,3	18,50
22	14,5	0,7	130,45	39,85	90,6	86	71,5	18,40
23	14,2	0,7	143,5	47,5	96	84,7	70,5	24,80
24	14,2	0,8	144,4	50,7	93,7	88,5	74,3	18,60
25	14,5	0,7	132,43	41,83	90,6	86	71,5	18,40
26	13,3	1,2	138,3	43,3	95	80,2	66,9	26,90
27	13,6	1,1	135	47,5	87,5	77,6	64	22,40
28	13,3	0,7	124	34,4	89,6	90,6	77,3	11,60
29	13,1	0,7	139,5	39,5	100	101,9	88,8	10,50
30	12,9	0,8	147,5	53,8	93,7	88,5	75,6	17,30
Σ	13,693	0,90	139,23	40,70	98,32	93,11	79,42	18,44

ANEXO N°.2

Secado de Pilas A a 70°C

# Muestra	Peso vaso precipitación [gr]	Peso Pila [gr]	Peso Vaso+Pila [gr]	Peso de Vaso+Pila Seca [gr]	Peso Neto de Pila Seca [gr]	% Humedad	% Materia Seca/ Total de Sólidos
1	53,25	28,05	81,30	78,42	25,17	10,260%	89,74%
2	53,00	28,00	81,00	78,00	25,00	10,714%	89,29%
3	52,90	28,03	80,93	78,05	25,15	10,275%	89,73%
Σ	53,05	28,03	81,08	78,16	25,11	0,10	0,90

Calcinción de Pilas A

# Muestra	# Crisol	Peso de Crisol [gr]	Peso Muestra [gr]	Peso Crisol+muestra calcinada [gr]	Muestra calcinada neta [gr]	Cenizas [gr]	Materia Orgánica M.O [gr]	% Cenizas	% Materia Orgánica M.O
1	1	33,533	1,022	34,394	0,861	0,8425	0,1575	84,25%	15,75%
	2	32,026	1,004	32,902	0,876	0,8725	0,1275	87,25%	12,75%
2	3	34,204	1,056	35,069	0,865	0,8191	0,1809	81,91%	18,09%
	4	30,731	1,028	31,618	0,887	0,8628	0,1372	86,28%	13,72%
3	5	32,568	1,001	33,401	0,833	0,8322	0,1678	83,22%	16,78%
	6	22,152	1,041	23,007	0,855	0,8213	0,1787	82,13%	17,87%
4	7	23,432	1,031	24,298	0,866	0,84	0,16	84,00%	16,00%
	8	22,048	1,078	22,945	0,897	0,8321	0,1679	83,21%	16,79%
5	9	21,902	1,038	22,742	0,84	0,8092	0,1908	80,92%	19,08%
	10	23,26	1,001	24,085	0,825	0,8242	0,1758	82,42%	17,58%
6	11	22,341	1,051	23,196	0,855	0,8135	0,1865	81,35%	18,65%
	12	21,591	1,059	22,457	0,866	0,8178	0,1822	81,78%	18,22%
7	13	22,708	1,017	23,536	0,828	0,8142	0,1858	81,42%	18,58%
	14	22,815	1,009	23,633	0,818	0,8107	0,1893	81,07%	18,93%
8	15	23,556	1,014	24,403	0,847	0,8353	0,1647	83,53%	16,47%
	16	22,91	1,029	23,772	0,862	0,8377	0,1623	83,77%	16,23%
9	17	23,684	1,005	24,519	0,835	0,8308	0,1692	83,08%	16,92%
	18	21,477	1,068	22,365	0,888	0,8315	0,1685	83,15%	16,85%
10	19	24,061	1,018	24,889	0,828	0,8134	0,1866	81,34%	18,66%
	20	24,764	1,068	25,624	0,86	0,8052	0,1948	80,52%	19,48%
11	21	23,07	1,033	23,915	0,845	0,818	0,182	81,80%	18,20%
	22	22,068	1,01	22,9567	0,8887	0,8799	0,1201	87,99%	12,01%
12	23	24,803	1,084	25,676	0,873	0,8054	0,1946	80,54%	19,46%
	24	22,919	1,034	23,749	0,83	0,8027	0,1973	80,27%	19,73%
13	25	22,094	1,072	22,972	0,878	0,819	0,181	81,90%	18,10%
	26	22,482	1,071	23,355	0,873	0,8151	0,1849	81,51%	18,49%
14	27	20,895	1,015	21,727	0,832	0,8197	0,1803	81,97%	18,03%
15	28	21,988	1,039	22,851	0,863	0,8306	0,1694	83,06%	16,94%
16	29	23,727	1,087	24,623	0,896	0,8243	0,1757	82,43%	17,57%
	30	22,5	1,068	24,56	0,878	0,8221	0,1779	82,21%	17,79%
Σ	15,00	24,48	1,04	25,33	0,86	0,83	0,17	82,69%	17,31%

Anexo 3

PESO PILAS Y CONTENIDO DE PILAS B

Muestra	Recipiente	Barra de Carbono [gr]	Pila entera [gr]	Residuos de Pila [gr]	Pila entera Cortada [gr]	Contenido de Pila sin barra + Recipiente [gr]	Peso neto muestra [gr]	Carcaza [gr]
1	17,27	4,55	98,49	26,49	72	70,615	53,342	14,106
2	16,71	4,24	94,12	22,42	71,7	56,522	39,809	27,648
3	14,28	4,47	93,52	19,42	74,1	64,882	50,603	19,024
4	17,20	4,40	97,85	25,95	71,9	69,223	52,022	15,482
5	17,38	4,32	97,35	24,95	72,4	72,194	54,82	13,262
6	14,28	4,47	94,56	20,46	74,1	64,882	50,603	19,024
7	17,34	4,24	97,23	27,23	70	60	42,66	23,10
8	17,37	4,32	97,35	24,95	72,4	72,194	54,822	13,257
9	17,36	4,47	94,64	23,19	71,45	64,882	47,522	19,455
10	16,99	4,47	97,70	26,47	71,23	64,882	47,892	18,865
Σ	16,57	4,40	96,27	23,85	72,42	66,69	50,12	17,90

Secado de Pilas B a 70°C

# Muestra	Peso vaso de precipitación [gr]	Peso Pila [gr]	Peso Vaso+Pila [gr]	Peso de Vaso+Pila Seca [gr]	Peso Neto de Pila Seca [gr]	% Humedad	% Materia Seca/ Total de Sólidos
1	31,99	28,05	60,04	52,78	20,79	25,907%	74,09%
2	32,00	28,32	60,32	52,95	20,95	26,024%	73,98%
3	31,52	28,76	60,28	53,00	21,48	25,323%	74,68%
Σ	31,84	28,38	60,22	52,91	21,07	25,75%	74,25%

PESO PILAS Y CONTENIDO DE PILAS B

# Muestra	Muestra por duplicado	# Crisol	Peso de Crisol [gr]	Peso Muestra [gr]	Peso Crisol+muestra a calcinada [gr]	Muestra calcinada neta [gr]	Cenizas [gr]	%Cenizas	% Materia Orgánica M.O
1	2	11	22,341	1,022	23,053	0,712	0,69667	69,67%	30,33%
2	2	12	21,59	1,038	22,315	0,725	0,69846	69,85%	30,15%
3	2	13	22,71	1,012	23,288	0,578	0,57115	57,11%	42,89%
4	2	14	22,815	1,018	23,399	0,584	0,57367	57,37%	42,63%
5	2	15	23,557	1,023	24,226	0,669	0,65396	65,40%	34,60%
6	2	16	22,911	1,018	23,579	0,668	0,65619	65,62%	34,38%
7	2	17	23,685	1,017	24,271	0,586	0,5762	57,62%	42,38%
8	2	18	21,47	1,026	22,066	0,596	0,5809	58,09%	41,91%
9	2	19	24,062	1,035	24,629	0,567	0,54783	54,78%	45,22%
10	2	20	24,764	1,021	25,323	0,559	0,5475	54,75%	45,25%
Σ	2	15,5	22,9905	1,023	23,6149	0,6244	0,61025	61,03%	38,97%

Anexo 4.

Dirección de Residuos Peligrosos
Dirección Nacional de Control Ambiental de Argentina
Subsecretaría de Control y Fiscalización Ambiental y Prevención de la Contaminación

NORMATIVA DE REFERENCIA PARA LA GESTIÓN DE PILAS Y BATERÍAS

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DISPONIBLES PARA EL TRATAMIENTO Y/O DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS DE PILAS Y BATERÍAS PORTÁTILES

Existen actualmente diferentes alternativas tecnológicas disponibles, que deberían tenerse en cuenta a la hora de definir cual sería el mejor tratamiento y/o disposición final para los residuos de pilas y baterías, en función de sus características intrínsecas de peligrosidad o la falta de ellas. [8]

VI.1. Disposición final en relleno sanitario: para aquellas pilas primarias agotadas que están sometidas a un proceso de Certificación conforme a la Ley N° 26.184 (Ley de Fuentes de Energía Eléctrica Portátil) tales como las pilas primarias de tipo cilíndricas y prismáticas, ya sean comunes de Carbono-Zinc y alcalinas de Manganeso, se considera, en principio, aceptable su descarte junto con las corrientes de residuos domésticos cuando éstos últimos se dispongan en rellenos sanitarios, dado que, en dicha condición, los constituyentes involucrados resultan compatibles con este tipo de tecnología. [8]

De esta manera, las pilas y baterías domiciliarias que cumplan con los parámetros establecidos por la Ley N° 26.184, no requerirían de una recolección o disposición final diferenciada y por lo tanto podrían ser excluidas de toda regulación específica en lo que hace a su disposición final, siempre y cuando las mismas se dispongan a nivel del usuario (y su destino final sea un relleno sanitario) y no a partir de programas especiales de gestión o de sujetos alcanzados por la normativa de residuos peligrosos. [8]

La Ley Nacional N° 26.184, establece en su Artículo 1°: *"se prohíbe en todo el territorio de la Nación la fabricación, ensamblado e importación de pilas y baterías primarias, con forma cilíndrica o de prisma, comunes de carbón zinc y alcalinas de manganeso, cuyo contenido de mercurio, cadmio y plomo sea superior a:*

- 0,0005% en peso de mercurio;
- 0,015% en peso de cadmio;
- 0,200% en peso de plomo.

Asimismo, se prohíbe la comercialización de pilas y baterías con las características mencionadas a partir de los tres años de la promulgación de esta Ley".

Anexo 4.

Dirección de Residuos Peligrosos
Dirección Nacional de Control Ambiental de Argentina
Subsecretaría de Control y Fiscalización Ambiental y Prevención de la Contaminación

Al respecto, también el CONSEJO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE DE BRASIL, mediante RESOLUCIÓN N° 257, sobre la administración ambiental adecuada de las pilas y baterías usadas, en cuanto a la recolección, reutilización, reciclaje, tratamiento y disposición final, establece:

Artículo 6¹: "A partir de 1 de Enero del 2001, la fabricación, importación y comercialización de pilas y baterías deberán atender a los límites establecidos a continuación:

- I. Hasta 0.010 % en peso de mercurio cuando fuesen del Tipo zinc-manganeso y alcalina- manganeso.*
- II. Hasta 0.015 % en peso de cadmio cuando fuesen del Tipo zinc-manganeso y alcalina-manganeso.*
- III. Hasta 0.200 % en peso de plomo cuando fuesen del Tipo zinc-manganeso y alcalina-manganeso".*

Artículo 13: "Las pilas y baterías que obedezcan a los límites previstos en el artículo 6° podrán ser dispuestas juntamente con los residuos domiciliarios, en rellenos sanitarios autorizados".

VI.2. Disposición final en relleno de seguridad: es la más cercana a las posibilidades actuales en la República Argentina y la más adecuada ante la incertidumbre acerca del contenido de metales, y la variedad de pilas y baterías de origen dudoso, no certificadas de acuerdo a la Ley N° 26.184.

Al respecto, en el Artículo 12 de la DIRECTIVA 2006/66/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de Septiembre de 2006 relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores, se establece que cuando no se disponga de un mercado final viable o cuando la base de una evaluación detallada del impacto medioambiental, económico y social, quede demostrado que el reciclado no constituye la mejor opción, los Estados miembros pueden enviar sus residuos de pilas y baterías a disposición final [8]

Actualmente, la Argentina cuenta con operadores habilitados en el REGISTRO NACIONAL DE GENERADORES Y OPERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS que lleva la DIRECCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS de la SAyDS, con esta tecnología, para mayor información ingresar a la página web de la Secretaría www.ambiente.gob.ar [8]

¹ Mediante Resolución N° 263, se incluye en el artículo 6° de la resolución CONAMA N° 257 el inciso IV, con la siguiente redacción: "IV – con hasta 25 mg de mercurio por elemento, cuando fueran pilas tipo miniatura y

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Vega, Carolina Armijo-de, et al. “Biogas generation in the landfill of Ensenada, Baja California, Mexico.” *Journal of Solid Waste Technology & Management* (Agosto de 2010): 100-109.

- [2] Arrieta, Jorge y Marcos Luján. Departamento de Ciencias exactas e Ingeniería Química. Caracterización de riesgos de las pilas y baterías en desuso en la Ciudad de Cochabamba. Cochabamba.

- [3] Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fichas Técnicas Tomo II. Montevideo, Uruguay.

- [4] López, Catalina del Rocío. «Tesis de Grado. Estudio de Solidificación de pilas y baterías de uso doméstico mediante la técnica de Macro encapsulación.» (2009).

- [5] Instituto Tecnológico de Monterrey. Usan Pilas de Desecho para construcción. Estudiantes de Puebla las encapsulan con cemento. México, 2011.

- [6] Secretaria de medio ambiente, y recursos naturales. «Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT.» 2000.

- [7] Red Panamericana de manejo ambiental de residuos (REPAMAR). «Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto de los cinco elementos claves para el manejo ambiental de pilas y baterías.» noviembre, 2001.

- [8] Ley Nacional de Argentina, ley 26.184, artículo 1: de la Prohibición de pilas y baterías. Argentina, promulgada en diciembre del 2006.
- [9] Llerena, David. «Proyecto Piloto del Manejo de Desechos Peligrosos (Pilas Baterías) “Diseñan planta para reciclar materiales tóxicos de pilas y baterías gastadas”». Funindes USB. 2012. Disponible en: <http://www.funindes.usb.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=218:diseñan-planta-para-reciclar-materiales-toxicos-de-pilas-y-baterias-gastadas&catid=1:ultimas-noticias>.
- [10] Distrito Metropolitano Ambiental. Resolución N° 0002-DMA-2008. Norma técnica de residuos peligrosos (Industriales y domésticos): definiciones, 2008.
- [11] Secretaría del Medio Ambiente, Disposición final de las Pilas. 2012. <http://www.ecuadorinmediato.com/Noticias/news_user_view/secretaria_de_ambiente_inicia_proceso_de_disposicion_adeuada_de_pilas_y_baterias_usadas--122587>.
- [12] J. M. Coulson; J. F. Richardson; J. R. Backhurst; J. H. Harker (2003). «Capítulo 9: Filtración». *Ingeniería Química: operaciones básicas*. Tomo II (3ª edición). Editorial Reverté. p. 413. ISBN 8429171363.
- [13] IBANEZ, Claudia, RABINOVICH, Mario, KARTAL, Nami et al. «Preservantes alternativos para madera obtenidos en un proceso de reciclado.» *Revista Forestal Latinoamericana*. ISSN 0798-2437. vol.23, no.43 (jun. 2008): P. 91-102.

- [14] Ravinovich, Mario. «Metales de pilas recicladas pueden ser usadas como Nutrientes de Fertilizantes» .» Revista de la Red de Expertos Iberoamericanos en Gestión de Residuos (2011): 1er Semestre, número 6.
- [15] Freeman, Scott. Biología. «Capítulo 36: Funcionamiento de las Plantas.» Madrid: 3era Edición. Pearson Education S.A, 2009. Pág 791.
- [16] Stanley, Manahan. «Introducción a la Química Ambiental: Naturaleza y composición del Suelo.» México: Editorial Reverté, 2007.
- [17] Silva, Alfredo and Hammod, L. Evolution of soil organic matter content in Florida Spodosol under different plant covers. I, Effect on physical properties. <http://bibliofagro.pbworks.com/f/materia%2Borganica%2Bdel%2Bsuelo.pdf>: Pág 16-17, s.f.
- [18] Cultivos Hidropónicos. Ediciones MONSERRAR. Bogotá, 1990. Pág, 17.
- [19] Barbazán, Mónica. «Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencias nutricionales. Estudio realizado en Universidad de la República de Montevideo: Facultad de Agronomía.» Uruguay: Pág 23-24, 1998.
- [20] Legrand Felix. Trad. por Uguet, Pedro. Pequeña enciclopedia de agricultura: Los abonos. Editorail MAXTOR. I.S.B.N. 84-9761-402-X. Madrid, 1899.
- [21] Obregón, Luis. Cómo tener un mini Huerto-Granja PARA ALIMENTARSE MEJOR. Lima, Perú: Editorial NAVARRETE, 1988

- [22] Audesirk, Teresa, Bruce Byers y Gelarld Audesirk. Biología la vida en la tierra. Pearson Education. México, 2003.
- [23] Crogger, Craig. Washington State University. «“SUELOS, FERTILIZANTES Y NUTRICION DE PLANTAS.»
< <http://smallfarms.wsu.edu/espanol/cogger-suelos/player.html>. Diapositiva 21.>.
- [24] Raven, Peter. «Biología de las plantas. Capítulo 26: Nutrición de las plantas y suelos.» Loreto: EDITORIAL REVERTÉ S.A, 1992.
- [25] Bohn, Inrich. «Química del Suelo Capítulo 10: Oxidación y Reducción.» México: Editorial Limusa S.A, 1993.
- [26] Willard. «Efecto de la Fertilización Orgánica sobre la población microbiana en el suelo. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). Chapingo Edo.» México, 2005.
- [27] Hessayon, D.G. «Manual de Jardinería en Macetas: Problemas de Cultivo. BLUME.» Barcelona, 1996. Pág 121.
- [28] Chang, Raymond. «Química General: Capitulo 19: Electroquímica.» 9na Edición. McGrawHill, 2007.
- [29] Barrera, Juan, Leonardo Rojas y Arturo Gavilanes. Instituto Nacional de Ecología. Las pilas en México: Un diagnóstico Ambiental [Informe]. México, marzo del 2009.

- [30] Energizer. Cómo funcionan las pilas. 3 de Marzo de 2012
<<http://www.energizer.com.ec/how-batteries-work>>.
- [31] Rodríguez, Lucía y Quino, María Elena. «Espectroscopía de Absorción Atómica.» Instituto Tecnológico Daniel. A. Carrión (2010): Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/35172981/Espectroscopia-de-Absorcion-Atomica>.
- [32] Olsen, Eugen D. Métodos ópticos de Análisis. Barcelona: EDITORIAL REVERTÉ, 1990.
- [33] La Motte .Manual de análisis de suelos. Método colorimétrico.
- [34] Skoog, Douglas A. Química Analítica. México: McGraw-Hill, 2001.
- [35] R, A, Day, Underwood. Química Analítica: Capítulo 6. Equilibrio ácido-base. Pág 198-199. México: 5ta edición. PRENTICE HALL, 1993.
- [36] BOLLARD, E.G. Tesis Sb 333 Zambrano. Transport in the xylem. Ann. Rev. Plant. Physiol. 11:141-166.1960. Disponible en:
<http://www.agroecuador.com/web/index.php/revista-agroecuador/1111-mayo-no-2-2012version-completa>. 2009.
- [37] "Las baterías son dispositivos que debido a las distintas reacciones pueden explotar" Disponible en:
< www.unioviado.es/ate/calleja/.../Marina/.../Baterias%20Marinas.doc>.
- [38] "Manipulación segura de baterías". España. Disponible en:
< <http://www.ecosmep.com>>

- [39] Grágeda, Mario y Mirko Grágeda. Desarrollos Actuales en Tratamientos de Riles por Métodos Electroquímicos. Pág 18. Disponible en: http://cabierta.uchile.cl/revista/29/mantenedor/sub/educacion_4.pdf, 2006.
- [40] UREN, N. The management of soil organic matter for sustainable agriculture. Agricultural Science. Pág, 45-48. 1991.
- [41] Corbella, Roberto y Adriana Plasencia. «Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Química del Suelo: Nitrógeno del Suelo .» s.f.
- [42] Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. Cuevas, José. Efecto de la amteria orgánica y el amnejo sobre la hidrofobicidad de suelos volcánicos. ISSN 0718-2791. V.6.N.2. Temuco, 2006.