

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



PROPUESTA DE DIAGRAMAS ECOLOGICOS PARA LAS PRACTICAS DE  
LABORATORIO DE FARMACOQUIMICA, FARMACOTECNIA Y QUIMICA  
GENERAL I Y II BASADOS EN LOS PRINCIPIOS DE LA QUIMICA VERDE.

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

LILIANA BEATRIZ JUAREZ CORNEJO

PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA

OCTUBRE, 2015

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LIC. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

## **DIRECCION DE PROCESOS DE GRADUACION**

### **DIRECTORA GENERAL**

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **TRIBUNAL CALIFICADOR**

#### **COORDINADORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL CALIDAD AMBIENTAL**

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

#### **COORDINADORA DE AREA DE APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

### **DOCENTES ASESORES**

Licda. Aída Estela Rosales Rivas

Lic. Javier Antonio Guzmán Alfaro

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco infinitamente a Dios Todopoderoso por permitirme llegar hasta el final de mi carrera, por haberme dado la sabiduría, paciencia, fortaleza e iluminación para llegar a esta etapa de mi vida.

Al Lic. Javier Antonio Guzmán Alfaro por haber iniciado con este trabajo, por su apoyo, entrega y comprensión.

A mi asesora Licda. Aída Estela Rosales Rivas por su entrega y ayudarme a culminar este trabajo de graduación,

Al comité de procesos de graduación: Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo, MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez y MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez por su tiempo, respeto, cariño y sugerencias al revisar este trabajo y junto a ellas terminar este trabajo de graduación.

## **DEDICATORIA**

No me alcanzan las palabras para expresar la inmensa felicidad que siento al llegar al final de este largo camino que recorrí.

Le dedico a Dios primeramente este éxito que alcanzo en mi vida, porque sin Él nada habría sido posible, con mucho esfuerzo logré este triunfo, ahora te lo entrego a ti Dios Todopoderoso.

A la Virgen María por interceder ante Dios Padre y compañía en este trabajo sin su ayuda no lo hubiera logrado la considero una madre espiritual que siempre estuvo conmigo, en todo momento.

A mi madre Concepción Cornejo Paredes por ser quien me regaló la oportunidad de ser profesional, por apoyarme incondicionalmente en toda mi carrera, por su amor, consejos y paciencia, porque todo esfuerzo tiene su recompensa ahora este logro es tuyo también madrecita amada.

A mi novio Emmanuel Iván Girón Tobar, por haber estado conmigo siempre que lo necesité, por sus palabras de ánimos, de consuelo en esos momentos difíciles y por tener la comprensión necesaria durante toda mi carrera.

A mis Hermanos Javier, Roberto, Verónica, Carolina, Miguel y Josué Juárez Cornejo porque ellos son las personas más importantes de mi vida, les dedico este fruto de tanto trabajo.

**Liliana Beatriz Juárez Cornejo.**

## INDICE

	Pág.
Resumen	
Capítulo I	
1.0 Introducción	xix
Capitulo II	
2.0Objetivos	
2.1 Objetivo General	
2.2 Objetivos específicos	
Capitulo III	
3.0 Marco Teórico	24
3.1 Origen de la química verde	25
3.2 Los principios de la química verde	25
3.3 La función de la química verde	28
3.4 Ejemplo de química verde en la industria farmacéutica	29
3.5 Ejemplo de química verde en la industria química	31
3.6 Las sustancias peligrosas y el ambiente	32
3.7 Diagrama ecológico	33
Capitulo IV	
4.0 Diseño Metodológico	38
4.1 Tipo de estudio	38
4.2 Investigación bibliográfica	38
4.3 Investigación de campo	39
4.4 Material y métodos	43
Capítulo V	
5.0Resultados	46
5.0.1 Listado de los reactivos utilizados en Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.	46

5.0.2 Clasificación de los reactivos de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II de acuerdo al rombo de seguridad	47
5.0.3 Clasificación de los reactivos de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II de acuerdo a los pictogramas de seguridad	51
5.0.4 Elaboración de diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde	55
5.1 Discusión de resultados	140
Capítulo VI	
6.0 Conclusiones	150
Capítulo VII	
7.0 Recomendaciones	153
Bibliografía	
Anexos	

## INDICE DE ANEXOS

### ANEXO N°

1. Lista de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia, Química General I y II.
2. Resumen de los símbolos de riesgo químico
3. Rombo de seguridad
4. Cuadro de cotejo
5. Escala de análisis y evaluación.
6. Solicitud de los manuales de las prácticas de laboratorio.



## INDICE DE CUADROS

CUADRO N°	Página
1. Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica.	35
2. Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.	40
3. Listado de las prácticas de laboratorio de Química General I	40
4. Listado de las prácticas de laboratorio de Química General II	40
5. Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica (muestra).	42
6. Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia (muestra).	42
7. Listado de las prácticas de laboratorio de Química General I (muestra).	43
8. Listado de las prácticas de laboratorio de Química General II (muestra).	43
9. Principios de la química verde.	55
10. Descripción del diagrama ecológico de la Síntesis de Nitrato Básico de Bismuto.	56
11. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Síntesis de Nitrato Básico de Bismuto.	58
12. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Síntesis de ácido Bórico	63
13. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Identificación de Nitrato Básico de Bismuto	67
14. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de las impurezas y valoración de Nitrato Básico de Bismuto.	72

CUADRO N°	Página
15. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Identificación de Ácido Bórico	75
16. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Identificación de Impurezas de Ácido Bórico.	78
17. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Valoración de Ácido Bórico	80
18. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Extracción de Manitol.	82
19. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Obtención de Ácido Benzóico.	85
20. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde la identificación de manitol, impurezas y valoración de manitol.	90
21. Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la identificación, impurezas y valoración de ácido benzóico.	95
22. Calificación de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica.	144
23. Calificación de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.	146
24. Calificación de las prácticas de laboratorio de química General I	147
25. Calificación de las prácticas de laboratorio de química General II	148

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	Página
1. Síntesis tradicional de ibuprofeno	30
2. Síntesis de ibuprofeno con características de química verde.	32
3. Ejemplo de diagrama ecológico de ácido acetilsalicílico.	36
4. Diagrama ecológico de la Síntesis de Ácido Bórico	62
5. Diagrama ecológico de la Identificación de Nitrato Básico de Bismuto	66
6. Diagrama ecológico de la Prueba de Solubilidad de Nitrato Básico de Bismuto.	69
7. Diagrama ecológico de la Identificación de Impurezas de Nitrato Básico de Bismuto.	70
8. Diagrama ecológico de la Valoración de Nitrato Básico de Bismuto.	71
9. Diagrama ecológico de la Identificación de Acido Bórico	74
10. Diagrama ecológico de la Identificación de Impurezas de Ácido Bórico	76
11. Diagrama ecológico de la Valoración de Ácido Bórico.	79
12. Diagrama ecológico de la Extracción de Manitol	81
13. Diagrama ecológico de la Obtención de Ácido Benzoico.	84
14. Diagrama ecológico de la Identificación de Manitol.	87
15. Diagrama ecológico de la Identificación de impurezas de manitol	88
16. Diagrama ecológico de la valoración de manitol	89
17. Diagrama ecológico de la Identificación de Ácido Benzóico.	92

FIGURA N°	Página
18. Diagrama ecológico de la Identificación de Impurezas del Ácido Benzoico.	93
19. Diagrama ecológico de la Valoración de Ácido Benzoico.	94
20. Diagrama ecológico de la Elaboración de Polvo Antiséptico	96
21. Diagrama ecológico de la Elaboración de Solución Analgésica.	97
22. Diagrama ecológico de la Elaboración de Solución de Merbromin N.F.	99
23. Diagrama ecológico de la Elaboración de Agua de Menta.	99
24. Diagrama ecológico de la elaboración de Ácido Clorhídrico Diluido U.S.P.	100
25. Diagrama ecológico de la Elaboración de Caramelina (azúcar quemada)	102
26. Diagrama ecológico de la Elaboración de Jarabe Expectorante	103
27. Diagrama ecológico de la Elaboración de Calamina Mentolada	106
28. Diagrama ecológico de la Elaboración de Mucílago de Goma Arábica	107
29. Diagrama ecológico de la Elaboración de Elixir de Benzaldehído Compuesto N.F.	109
30. Diagrama ecológico de la Elaboración de Tintura de Yodo.	110
31. Diagrama ecológico de la elaboración de colutorio de ácido tánico.	110
32. Diagrama ecológico de la Elaboración de Cerato de Galeno U.S.P	112

FIGURA N°	Página
33. Diagrama ecológico de la Elaboración de Mentol Rub	113
34. Diagrama ecológico de la práctica Formación de Óxidos Básicos.	115
35. Diagrama ecológico de la práctica Formación de Hidróxidos.	116
36. Diagrama ecológico de la práctica Comprobación del Carácter Metálico.	117
37. Diagrama ecológico de la Formación de Óxidos Ácidos (o anhídridos) y sus Respective Oxácidos.	119
38. Diagrama ecológico del Efecto del Carácter No Metálico en los Halógenos.	120
39. Diagrama ecológico de la Formación de Oxisales.	121
40. Diagrama ecológico de las Propiedades Físicas de Compuestos Iónicos.	123
41. Diagrama ecológico de las Propiedades de Compuestos Moleculares.	123
42. Diagrama ecológico de la Solubilidad de un Compuesto Molecular en un Disolvente Polar.	124
43. Diagrama ecológico de los Factores que Afectan la Velocidad de Disolución.	124
44. Diagrama ecológico de la Preparación de Solución Desinfectante para Pisos 0.15 % v/v.	127
45. Diagrama ecológico de la Preparación de una Solución Molal	129
46. Diagrama ecológico de Determinación de la Capacidad Calorífica del Calorímetro.	131
47. Diagrama ecológico de Estandarización de una Solución de Hidróxido de Potasio (KOH).	133

FIGURA N°	Página
48. Diagrama ecológico de Reacciones Redox	135
49. Diagrama ecológico de la Construcción de la Pila Galvánica.	136
50. Diagrama ecológico de Construcción de la Pila Electrolítica.	137
51. Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Farmacoquímica según los pictogramas de seguridad.	140
52. Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Farmacotecnia según los pictogramas de seguridad.	141
53. Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Química General I según los pictogramas de seguridad.	142
54. Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Química General II según los pictogramas de seguridad.	143
55. Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.	144
56. Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.	146
57. Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Química General I evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.	147
58. Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Química General II evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.	148

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°	Página
1. Reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.	46
2. Clasificación de los reactivos de acuerdo al rombo de seguridad.	47
3. Clasificación de los reactivos de acuerdo a los pictogramas de seguridad de Farmacoquímica y Farmacotecnia.	51
4. Clasificación de los reactivos de acuerdo a los pictogramas de seguridad de Química General I y II.	53
5. Escala de colores de acercamiento verde.	55

## RESUMEN

En el presente trabajo se desarrollan diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde, por ser un tema que no se ha investigado en el país, por lo cual ninguna de las prácticas de laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia cuenta con diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde, por lo que se hizo necesario desarrollar dichos diagramas en al menos 4 prácticas de laboratorio las cuales fueron Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.

Se inició haciendo una solicitud a los Departamentos seleccionados de la Facultad de Química y Farmacia para que proporcionaran los 4 manuales de laboratorio y así seleccionar el número de prácticas, posteriormente se determinaron todos los reactivos que se utilizan en cada una de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II utilizando una lista de chequeo. Del total de prácticas de laboratorio (26) se extrajo una muestra, utilizando la fórmula de muestreo aleatorio simple, dando como resultado 20.

Los reactivos de cada práctica se clasificaron según su composición química; es decir, por medio de rombos y pictogramas de seguridad. En el desarrollo de cada práctica de laboratorio se describe su procedimiento paso a paso, indicando los peligros que presenta cada reactivo utilizado mediante rombos y pictogramas de seguridad, a la vez se califica el acercamiento verde de cada paso y la práctica total, mediante la escala que va de 1 hasta 10 con su respectivo color, el 10 es el máximo acercamiento verde y a medida disminuye el número también disminuye la categoría verde. Dependiendo de los principios que se estén evaluando, así se califica cada paso del procedimiento. También se determinó la economía atómica en las prácticas que involucran síntesis de productos, la cual se basa en verificar el porcentaje de reactivos que se



incorporan al producto final. Por último se elaboró un cuadro de cotejo donde se observa si se cumplen o no, los principios de la química verde.

Al final del trabajo se obtuvo como resultado que el 32% de los reactivos de Farmacoquímica son corrosivos; el 34% de Farmacotecnia son peligrosos para el medio ambiente, el 24% y 33% de Química General I y II respectivamente, también son peligrosos para el medio ambiente. Por otra parte se determinó que las prácticas de Farmacotecnia son las que tienen mayor acercamiento verde. También que Farmacoquímica tiene un 27.3% y 9.1% de prácticas que son ligeramente café y medianamente café respectivamente.

Se recomienda hacer uso de diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde en todas las prácticas de laboratorio para tener el conocimiento de cuáles prácticas son verdes y así procurar disminuir la contaminación aplicando los principios de la química verde.

**CAPITULO I**  
**INTRODUCCION**

## 1.0 INTRODUCCION

En Las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II se utilizan reactivos y materias primas por cada grupo de laboratorio durante cada semana para realizar las prácticas de laboratorio que son parte de la formación profesional de cada estudiante, pero a la vez se generan residuos en determinadas cantidades y esto hace que se incremente la contaminación al medio ambiente e incluso daño al ser humano y a veces no se toman en cuenta las medidas de precaución necesarias para evitar este tipo de peligro.

A pesar que estos reactivos se utilizan casi diariamente, no existe un método que permita facilitar la identificación de reactivos, por tal razón se hace necesario la elaboración de diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde que contribuyan a identificar las sustancias peligrosas o dañinas para el medio ambiente y las personas, así como disminuir los productos secundarios que se generen en las reacciones involucradas en las prácticas de laboratorio.

La química verde procura la minimización de residuos, y evita el uso de reactivos y disolventes tóxicos o peligrosos en la fabricación y aplicación de productos, la química verde no es únicamente una herramienta que permite innovar nuestras tecnologías, procesos y productos, sino un catalizador del diálogo con la sociedad.

Con el presente trabajo se pretende hacer énfasis en lo importante que es diseñar experimentos en los que se consideren algunos principios de la química verde mediante diagramas ecológicos que permitan facilitar la identificación y naturaleza de los reactivos, donde cada práctica presenta su respectivo esquema, detallando paso a paso las etapas de cada proceso, utilizando a la vez los pictogramas y rombos de seguridad para identificar la peligrosidad de los reactivos utilizados, para tener las debidas precauciones dependiendo de la naturaleza de los mismos. Además para evaluar qué tan verde es la práctica de

laboratorio, se utiliza como referencia la escala de colores que se combina con números desde 1 hasta 10, en donde se le asigna un número a cada etapa del procedimiento según se valoren los principios de la química verde y al final se evalúa el proceso total.

Todo el trabajo se realizó desde enero de 2014 hasta septiembre de 2015 en las cátedras de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química general I y II de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Se espera que la recopilación de la información expuesta en este trabajo sea de utilidad y provecho, no solo para los estudiantes de la facultad de Química y Farmacia, sino también para aquellas carreras que involucran la utilización de reactivos químicos, logrando así incentivar a los estudiantes a promover el uso de diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde.

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Proponer diagramas ecológicos para las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II basados en los principios de la química verde.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- 2.2.1 Realizar un listado de los reactivos que se utilizan en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.
- 2.2.2 Clasificar los reactivos utilizando pictogramas de seguridad y rombo de seguridad mediante la asignación de puntajes ya establecidos a cada uno.
- 2.2.3 Elaborar los diagramas ecológicos de las prácticas de laboratorio basados en la clasificación de reactivos según su composición química.
- 2.2.4 Evaluar utilizando una escala de análisis qué tan verde son las prácticas de laboratorio.
- 2.2.5 Calcular la economía atómica en cada una de las reacciones más significativas.

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

La química verde es una nueva y revolucionaria forma de enfocar la síntesis de nuevas sustancias químicas que tiene como objetivo hacer una química más amigable con la salud y el medio ambiente. La idea básica consiste en introducir en la fase de diseño y desarrollo de nuevas sustancias, productos o materiales que minimicen su potencial impacto en la salud y el medio ambiente.

La Química Verde consiste en una serie de principios que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicación de productos químicos; es decir, eliminar casi o por completo la contaminación desde su inicio, mediante el uso de procesos “limpios”, evitando al máximo el desperdicio o uso indiscriminado de materias primas no renovables, además evitar el empleo de materiales peligrosos o contaminantes en la elaboración de productos químicos “limpios”, de esta forma que no afecten la salud o el medio ambiente y tampoco se sacrifique el avance científico y tecnológico. (8).

La diferencia entre la química verde y la química del ambiente es que esta última tiene como objetivo el saneamiento y remediación de los efectos en el ambiente de los procesos contaminantes, por consiguiente la química verde intenta prevenir la contaminación en su origen (8).

En la práctica, los objetivos y las tareas de la química verde cuentan con programas propios, cada vez más claros y específicos, colaborando además en actividades conjuntas con la American Chemical Society y la Royal Society of Chemistry. Debido a ello cada vez hay un mayor avance en la aplicación del criterio de prevenir la contaminación antes de que ésta se produzca, en lugar de reprocesar productos para descontaminar, llevando como lema que simplemente es mejor prevenir que remediar.



### **3.1 Origen de la química verde** <sup>(8)</sup>.

Durante el periodo previo al advenimiento de la legislación se acostumbraba la liberación de los contaminantes en forma directa en el aire, agua y suelo. Por otro lado, se pensaba que la decreciente concentración de los contaminantes en el medio era una solución suficiente para reducir los efectos de estas sustancias, lo que es conocido como “la dilución en la solución a la contaminación”

Posteriormente, con el avance en la normativa y el conocimiento de los mecanismos de acción de los contaminantes en el medio, se generaron límites para la emisión de contaminantes al ambiente. La solución más adecuada para esto parecía ser el uso de equipos de control de emisiones que sirvieran como barreras para cumplir con los requerimientos de la ley (US Environmental Protection Agency). En 1990 se aprobó el Acta para Prevención de la contaminación (Pollution Prevention Act) en Estados Unidos, lo cual ayudó de manera importante a prevenir la generación de contaminantes a través de medios como los controles de ingeniería, el control de inventarios, la optimización de procesos y el desarrollo de la química verde.

### **3.2 Los principios de la química verde** <sup>(5)</sup>.

Los 12 principios de la química verde, proporciona una amplia visión para los químicos de cómo implantar la química verde. Estos principios abarcan conceptos como: el diseño de procesos que maximicen los rendimientos de la materia prima hacia los productos deseados; el uso de sustancias ambientalmente seguras, incluyendo solventes, cuando ello sea posible; el diseño de procesos energéticamente eficientes; la mejor forma de disposición de desechos, entre otras.

**Los doce principios de la química verde son:**

1. Prevenir de los residuos: es preferible evitar la producción de un residuo que tratar de limpiarlo una vez que se haya formado.
2. Maximizar la economía atómica: los métodos de síntesis deben de diseñarse de manera que incorporen al máximo, en el producto final, todos los materiales usados durante el proceso, minimizando la formación de subproductos.
3. Usar metodologías que generen productos con toxicidad reducida: siempre que sea posible, los métodos de síntesis deben utilizar y generar sustancias que tengan poca o ninguna toxicidad, tanto para el hombre como para el medio ambiente.
4. Generar productos eficaces pero no tóxicos: los productos químicos deberán de mantener la eficacia, a la vez que reducir su toxicidad.
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares: se evitará, en lo posible, el uso de sustancias que no sean imprescindibles (disolventes, reactivos para llevar a cabo separaciones, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible.
6. Disminuir el consumo energético: los requerimientos energéticos serán catalogados por su impacto medioambiental y económico, reduciéndose todo lo posible. Se intentará llevar a cabo los métodos de síntesis a temperatura y presión ambientes.
7. Utilizar materias primas renovables: la materia prima ha de ser preferiblemente renovable en vez de agotable, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. Evitar derivados innecesarios: se evitará en lo posible la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos).
9. Preferir la catálisis: se emplearán catalizadores (lo más selectivos posible), preferentemente reutilizables, en lugar de reactivos estequiométricos.

10. Generar productos biodegradables: los productos químicos se diseñarán de tal manera que al finalizar su función no persistan en el medio ambiente sino que se transformen en productos de degradación inocuos.
11. Analizar y controlar los procesos en tiempo real, para prevenir contaminación.
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos: se elegirán las sustancias empleadas en los procesos químicos de forma que se minimice el riesgo de accidentes químicos, incluidas las emanaciones, explosiones e incendios.

Por razones obvias en la mayoría de los casos es imposible cumplir simultáneamente los doce principios de la química verde, sin embargo, éstos principios constituyen una guía general con el objetivo de orientar la investigación de la química hacia la mejora de la eco eficiencia de los productos y procesos químicos. La eco eficiencia está estrechamente ligada al desarrollo sostenible y se trata de proporcionar bienes y servicios a un precio competitivo, que satisfaga las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduzca progresivamente el impacto ambiental y la intensidad de la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida <sup>(3)</sup>.

Hay varios aspectos importantes que definen la química verde como sostenible, por ejemplo en los siguientes ámbitos:

- Económico: a un nivel alto de complejidad la química verde cuesta normalmente menos (aparte de los costos ambientales) que la química tal como se practica normalmente.
- Los materiales: usando eficientemente los materiales, reciclando al máximo y con el uso mínimo de materias primas vírgenes, la química verde es sostenible con respecto a los costos y uso eficiente de materiales.

- Residuos: reduciendo tanto como sea posible o, incluso, eliminando totalmente su producción, la química verde es sostenible con respecto a los residuos.

### **3.3 La función de la química verde** <sup>(16)</sup>.

La industria química genera muchos productos útiles, entre ellos: antibióticos y medicinas, plásticos, gasolina, productos agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas), telas sintéticas como el nailon, el rayón y el poliéster. Estos productos son importantes, pero en algunos de ellos se emplean procesos químicos que perjudican el medio ambiente y la salud humana. Debido a la contaminación que genera este rubro la química verde se propone reducir dicha contaminación en gran parte. Cuando la ingeniería química desarrolla una reacción química conforme los principios de este método, prestan mucha atención a la información sobre los riesgos para la salud o el ambiente que presentan las sustancias químicas, antes de utilizarlas en la elaboración de un producto.

La Química Verde trata de Reducir:

- ✓ Desechos
- ✓ Materiales
- ✓ Riesgos
- ✓ Daño
- ✓ Energía
- ✓ Costos

### **3.4 Ejemplo de química verde en la industria farmacéutica**

Un ejemplo que ilustra muy bien la aplicación de la química verde en la industria farmacéutica es la fabricación del ibuprofeno. La forma tradicional de sintetizar ibuprofeno a nivel industrial fue desarrollada y patentada por The Boots Company of England en los años sesenta. La síntesis, basada en un proceso de seis etapas da como resultado gran cantidad de desechos de los productos indeseados, los cuales deben ser desechados (figura 1). La compañía BHC desarrolló e implantó una nueva ruta de síntesis de ibuprofeno a nivel industrial con características de química verde en donde se emplean sólo tres pasos y que además presenta un alto nivel de eficiencia atómica (figura 2). Con ello se evita el procesamiento de los desechos e incrementa los rendimientos de manera considerable. A mediados de octubre de 1992, la síntesis verde fue puesta en práctica a escala industrial en una planta operada por Celanese Corporation para la compañía basf en Texas, siendo una de las mayores instalaciones de manufactura de ibuprofeno en el mundo con una producción actual de aproximadamente 20-25% de la producción mundial de ibuprofeno <sup>(9)</sup>.

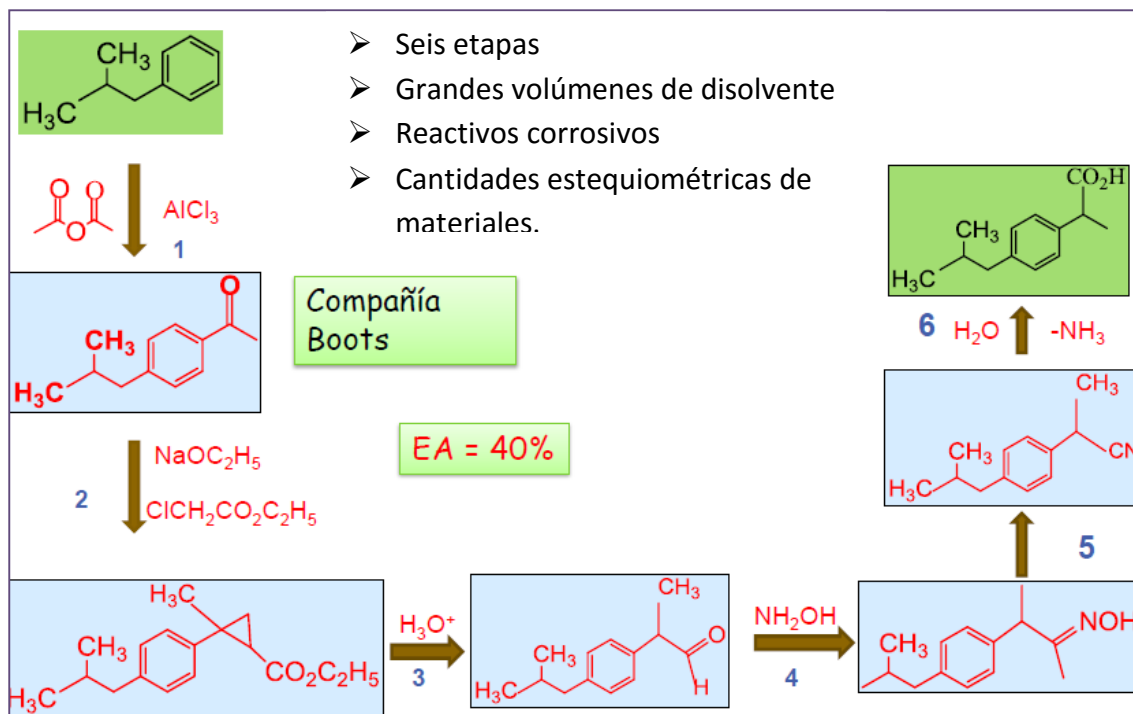


Figura N° 1. Síntesis tradicional de ibuprofeno. (18)

La síntesis tradicional del ibuprofeno consiste en seis pasos, se inicia con la acilación del isobutilbenceno mediante Friedel-Crafts. La reacción con cloroacetato de etilo (condensación de Darzens) da el  $\alpha,\beta$ -epoxiéster, que es descarboxilado e hidrolizado hacia el aldehído. La reacción con hidroxilamina da la oxima, que es convertida al nitrilo, y a continuación se hidroliza al ácido deseado (ibuprofeno).

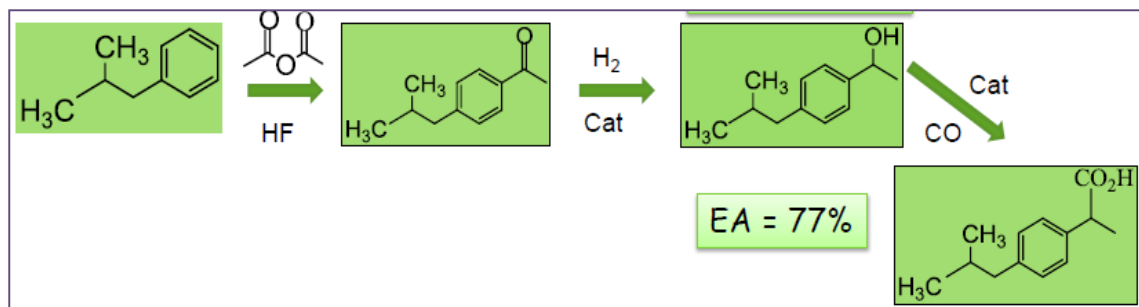


Figura N° 2. Síntesis de ibuprofeno con características de química verde. (18)

En la síntesis mejorada mediante la química verde requiere de una acilación similar a la de la síntesis tradicional, la hidrogenación con el catalizador (como el Níquel) da el alcohol, que por carbonilación catalizada con paladio por ejemplo, da la molécula final (ibuprofeno).

Otro ejemplo de química verde en la industria farmacéutica es la molécula de paclitaxel que fue descubierta en los años sesenta en la corteza del tejo del Pacífico y constituye el principio activo de uno de los medicamentos más usados contra el cáncer, el taxol. Para sintetizarla en el laboratorio se necesitaban nada menos que 40 pasos, en cada uno de los cuales se debían usar otras sustancias químicas y generar abundantes residuos. Sin embargo, la compañía farmacéutica Bristol-Myers Squibb desarrolló hace unos años un sistema de fermentación con el que se obtiene este principio activo a partir de un precursor del tejo europeo y en un solo paso. Fue un logro con el que entonces se estimó que se dejaría de producir en 5 años 32 toneladas de productos químicos, muchos peligrosos.

### 3.5 Ejemplo de la química verde en la industria química.

Existen varios ejemplos de casos en los que la química verde ha sido incorporada a los procesos industriales en los últimos años.

La empresa Davy Processes Technology desarrolló una nueva ruta “verde” para la producción de acetato de etilo. El uso de acetato de etilo como solvente en la industria se ha incrementado en los últimos años debido principalmente a que está reemplazando a materiales peligrosos y contaminantes del ambiente, como metil etil cetona y metil isobutil cetona. Esta compañía ofrece una ruta más amigable con el ambiente para producir acetato de etilo a partir de alcohol, sin hacer uso de ácido acético. Se encuentra en construcción en China una planta con una capacidad de 100,000 toneladas/año, la cual es la segunda planta construida para producir acetato de etilo mediante esta tecnología. Esta planta empleará etanol de la fermentación de la soya como alimentación y es el primer ejemplo de un proceso verdaderamente verde, donde el dióxido de carbono es convertido mediante fotosíntesis en almidón, cosechado, fermentado a etanol y por último convertido a acetato de etilo <sup>(9)</sup>.

Y así hay otros ejemplos de productos que se han logrado fabricar utilizando la química verde.

La percepción sobre la química adquiere básicamente dos formas: para la gente relacionada con la ciencia y la industria es vista como la solución a los problemas, el medio para llegar al desarrollo y el origen de los bienes de uso diario; y para el ciudadano común, resulta algo peligroso y que debe ser evitado a toda costa. Sin embargo, ninguno de estos dos puntos de vista es completamente correcto, ya que la química involucra todos los aspectos de la transformación de la materia y la energía. Además, una forma común de pensar era considerar que el desarrollo tecnológico tenía un costo ambiental necesario.

### **3.6 Las sustancias peligrosas y el ambiente** <sup>(10)</sup>.

El manejo ambientalmente adecuado de las sustancias químicas peligrosas debe estar basado en cuatro premisas básicas:



1. La determinación de su peligrosidad y de la relación entre la exposición y sus efectos.
2. La evaluación o caracterización de la magnitud de sus riesgos ambientales y sanitarios, tanto derivados de su liberación súbita como continua o intermitente.
3. La administración o manejo de los riesgos para prevenirlos o reducirlos.
4. La comunicación o divulgación de los riesgos.

La liberación al ambiente de sustancias peligrosas, así como la exposición a ellas de seres humanos o de organismos de la biota acuática y terrestre, puede ocurrir en cualquiera de las fases de su ciclo de vida, tanto a partir de emisiones al aire como de descargas al agua o la ocurrencia de fugas y derrames, por lo que su control debe darse con un enfoque de ciclo de vida y multimedios.

### **3.7 Diagrama ecológico**

Es el conjunto ordenado y coordinado de todas las etapas que involucra la realización de un experimento de laboratorio (o práctica de laboratorio de química), es análogo al diagrama de bloques de un proceso químico industrial. El diagrama ecológico incluye las etapas de preparación de los materiales y acondicionamiento de equipos, la etapa de reacción química, la separación o purificación de los productos resultantes y el manejo de los residuos generados en la práctica.

Este tipo de diagrama, dependiendo de la experiencia en su confección, puede complementar la Guía de Laboratorio y hacerla más reducida, ya que gráficamente el estudiante o el analista (en el caso de corresponder a una rutina de análisis en la prestación de un servicio) puede visualizar claramente lo que debe hacer. Un aspecto importante es que este tipo de diagrama, ayuda a tener presente los residuos y no ocultarlos, ya que también estos son “productos” generados como consecuencia de la actividad experimental <sup>(9)</sup>.

Un diagrama ecológico es un esquema de carácter ecológico, el cual debe mostrar en forma esquemática el desarrollo de cada experimento. El esquema debe incorporar la composición química esperada en cada etapa, el producto, subproductos y residuos, así como una explicación muy resumida del tratamiento recomendado para los últimos (5)

Se puede decir también que un diagrama ecológico es una figura que visualiza la ejecución de una tarea expresando acción por acción, con implementación de una lógica particular basada para su realización en la metodología experimental. Los diagramas deben de contener el balance de materia de entrada y también el balance de salida de los residuos, mediante una serie de pasos ordenados con el propósito de generar la menor cantidad de residuos en el proceso y el posible tratamiento de los mismos. Es importante mencionar que cada figura dentro del diagrama representa una información específica.

En la medida de lo posible, para potenciar el uso de los esquemas de carácter ecológico, el producto de un experimento debe ser materia prima del siguiente, lo cual disminuye la cantidad de residuos generados, además los estudiantes cuidan más la pureza de sus productos, trabajando con mayor cuidado para obtener el mejor rendimiento, reforzando así actitudes y valores en el cuidado del ambiente, coadyuvando a la formación integral de los futuros profesionales de la Química (5).

El uso de los diagramas ecológicos permite a los alumnos y a los profesores identificar claramente cuáles son los residuos que deben ser tratados o almacenados, o bien, que es posible eliminar en el drenaje, sin riesgo de contaminación severa. Al tenerlos en forma de diagrama se hace posible la visualización y se evitan confusiones por parte de los alumnos, quienes de esa manera ya ven con claridad qué deben hacer con los desechos.

También esto permite formar una conciencia ecológica en los alumnos y crearles hábitos para el correcto manejo de los residuos, pues además de evitar que éstos se derramen en el drenaje, aprenden a reciclar ciertas sustancias.

Todo ello resulta benéfico para los laboratorios, ya que además de que no contaminamos, que es lo más importante, se reduce el consumo de algunos reactivos, y poco a poco las personas que trabajan en los laboratorios se preocuparán por nuestro planeta.

Para la elaboración de los diagramas ecológicos se debe tomar en cuenta diferentes clasificaciones de reactivos según su composición química, como lo son el uso de pictogramas de seguridad correspondientes a toxicidad, inflamabilidad, corrosión, etc, así como también los rombos de seguridad que indican la peligrosidad de los productos químicos.

Además en los diagramas ecológicos para evaluar qué tan verde ha sido el proceso, se aplican las escalas de evaluación para determinar qué tan verde es el experimento, lo cual constituye una herramienta de análisis y evaluación de procesos químicos en la que se combinan colores e índices numéricos que van del 1 al 10 (ver anexo 4). A la vez que cada escala describe su acercamiento verde del proceso. En la figura 3 se puede observar algunos de los aspectos que presenta un diagrama ecológico.

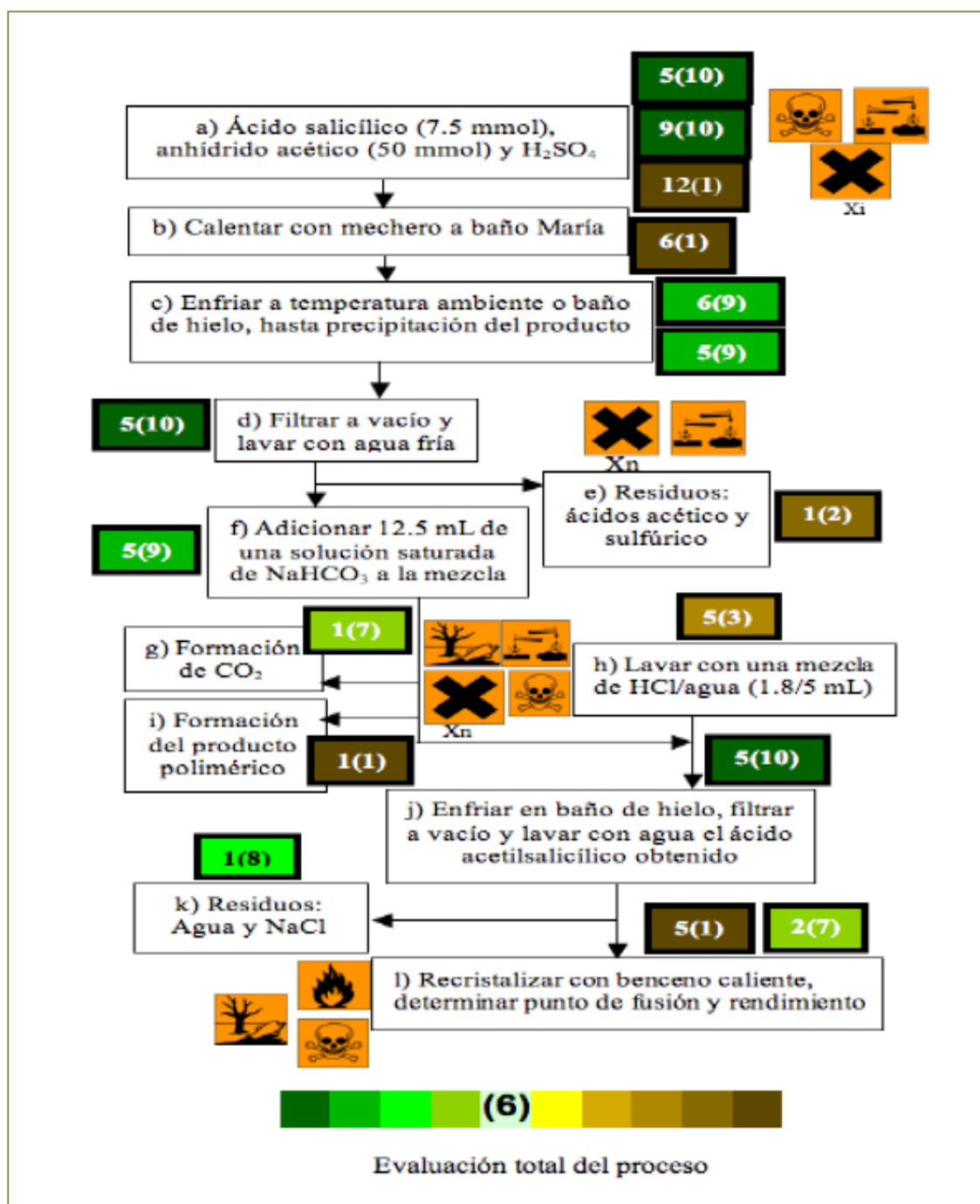


Figura N° 3. Ejemplo de diagrama ecológico de ácido acetilsalicílico.

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLOGICO

### 4.1 Tipo de estudio.

- Retrospectivo: Tomando en cuenta que ninguna de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia, Química General I y II cuentan con diagramas ecológicos, se consideró necesario elaborar una lista de chequeo con el fin de determinar todos los reactivos que se utilizan en las practicas antes mencionadas, y así clasificarlos según su composición química para posteriormente implementar el uso de diagramas ecológicos.
- Transversal: ya que se estudió el problema en el presente; es decir, a medida se fue realizando la investigación.
- Prospectivo: porque servirá de insumo para futuras investigaciones en otras prácticas de laboratorio que deseen realizar diagramas ecológicos que se basen en los principios de la Química Verde.

### 4.2 Investigación bibliográfica.

En esta investigación se recurrió a buscar información bibliográfica que existiera referente al tema relacionado con diagramas ecológicos y a la química verde en:

- Biblioteca Dr. Benjamín Orozco, Universidad De El Salvador; Facultad de Química y Farmacia.
- Biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Central de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas “P. Florentino Idoate S.J.”.
- Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer.
- Internet.

### 4.3 Investigación de campo.

La investigación de campo se inició haciendo una solicitud formal a el coordinador del Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica y Departamento de Química, Física y Matemática para tener el acceso a los manuales de las cátedras de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II respectivamente de la Facultad de Química y Farmacia, de la Universidad de El Salvador (Ver anexo N° 6), posteriormente se procedió a la verificación de dichos manuales para obtener el número total de prácticas. Utilizando la fórmula de muestreo aleatorio simple se calculó el tamaño de la muestra, dicha muestra fue el número de prácticas a las que se les realizaron los diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde.

Se realizó un listado de los reactivos que se utilizan en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II utilizando una lista de chequeo (ver anexo N° 1).

#### Universo

El universo de la investigación fueron las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador. A continuación se presentan las prácticas de laboratorio por cátedra, donde se indica el número de la práctica según el manual de laboratorio, con su respectivo nombre.

Cuadro N° 1 Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica.

N° de práctica	Nombre de la práctica
2	Síntesis de nitrato básico de bismuto
3	Síntesis de ácido bórico
4	Análisis farmacéutico: Nitrato básico de bismuto y ácido bórico

Cuadro N° 1 (continuación).

5	Extracción de manitol
6	Ácido benzoico
7	Análisis farmacéutico: manitol ácido benzoico.
8	Análisis farmacéutico: ácido benzoico.

Cuadro N° 2 Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.

<b>N° de practica</b>	<b>Nombre de la práctica</b>
3	Limpieza y sanitización
4	Operaciones técnicas
5	Soluciones acuosas
6	Jarabes
7	Suspensiones
8	Elíxires, espíritus y tinturas
9	Bases para pomadas

Cuadro N° 3 Listado de las prácticas de laboratorio de Química General I

<b>N° de practica</b>	<b>Nombre de la práctica</b>
2	Tabla periódica I
3	Tabla periódica II
4	Enlace químico
5	Relaciones estequiométricas
6	Soluciones I
7	Soluciones II

Cuadro N° 4 Listado de las prácticas de laboratorio de Química General II

<b>N° de practica</b>	<b>Nombre de la práctica</b>
1	La ley de Hess
2	Velocidad de reacción: Factores que la afectan
3	Equilibrio químico
4	Ácidos y bases
5	Valoración ácido- base
6	Reacciones óxido - reducción y electroquímica



En total son 26 prácticas de laboratorio de las 4 cátedras, entonces el universo es 26.

### **Muestra**

Se determinó mediante la fórmula de muestreo aleatorio simple, para conocer el número de prácticas a realizarles los diagramas ecológicos. La fórmula de muestreo aleatorio simple es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 pqN}{(N-1) E^2 + Z^2 pq}$$

En donde:

n=tamaño de la muestra

z=nivel de confianza requerido para generalizar los resultados.

p=proporción poblacional de la ocurrencia de un fenómeno.

q=proporción poblacional de la no ocurrencia de un fenómeno.

pq= variabilidad del fenómeno.

E=nivel de precisión con que se generalizan los resultados.

N=población total.

Aplicando la fórmula, con un 95% z=1.96, E=5% o 0.05, p=0.5, q=0.5 y N= 26. Se utiliza p y q en proporción igual porque este estudio no tiene un valor de

referencia por lo que emplea la misma probabilidad de ocurrencia o no ocurrencia, el resultado es el siguiente:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(26)}{(26-1) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5)(0.5)} = 20 \text{ prácticas.}$$

A continuación se presenta el detalle de las 20 prácticas de laboratorio, las cuales son la muestra, de igual forma se presentan las 4 cátedras con su respectivo número de práctica según el manual de laboratorio.

Cuadro N° 5 Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica (muestra).

N° de practica	Nombre de la práctica
2	Síntesis de nitrato básico de bismuto
3	Síntesis de ácido bórico
4	Análisis farmacéutico: Nitrato básico de bismuto y ácido bórico
5	Extracción de manitol
6	Ácido benzoico
7	Análisis farmacéutico: manitol y acido benzoico.

Cuadro N° 6 Listado de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.

N° de practica	Nombre de la práctica
4	Operaciones técnicas
5	Soluciones acuosas
6	Jarabes
7	Suspensiones
8	Elíxires, espíritus y tinturas
9	Bases para pomadas

Cuadro N° 7 Listado de las prácticas de laboratorio de Química General I

N° de practica	Nombre de la práctica
2	Tabla periódica I
3	Tabla periódica II
4	Enlace químico
6	Soluciones I
7	Soluciones II

Cuadro N° 8 Listado de las prácticas de laboratorio de Química General II

N° de practica	Nombre de la práctica
1	La ley de Hess
5	Valoración ácido- base
6	Reacciones óxido - reducción y electroquímica

#### 4.4 Material y métodos

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se trabajó con 4 cátedras, las cuales imparten prácticas de laboratorio en la Facultad de Química y Farmacia, la investigación se realizó de la siguiente manera:

a) Se solicitaron los manuales de laboratorio de las cátedras de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II, de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador (universo), luego se seleccionaron aquellas prácticas que tienen establecido sus procedimientos con reactivos, posteriormente se determinó la muestra mediante la fórmula de muestreo aleatorio simple. Con esa muestra se realizó un listado de los reactivos utilizados mediante una lista de chequeo (ver anexo N° 1). Una vez que se obtuvo el listado de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio a estudiar se clasificaron según su composición química por medio de pictogramas que representan las características de peligrosidad (ver anexo N° 2). Además, utilizando los rombos de seguridad se les asignó el puntaje

correspondiente a cada reactivo que va de la escala desde 0 hasta 4, según corresponde a riesgo a la salud, inflamabilidad y reactividad, a excepción de riesgo específico que se indica con letras o figuras (ver anexo N° 3).

b) Se describió el proceso paso a paso de las prácticas de laboratorio mediante diagramas ecológicos y luego se elaboró un cuadro de cotejo (ver anexo N° 4) para evaluar si se cumplen los principios de la química verde, cabe destacar que dicho cuadro de cotejo se colocó por práctica de laboratorio y no por diagrama, ya que dentro de una práctica lleva inmersos procedimientos diferentes, pero que van ligados a una respectiva práctica de laboratorio.

c) Se realizó un análisis y evaluación para determinar el acercamiento verde de las prácticas de laboratorio, utilizando una escala de 1 hasta 10, a cada número corresponde su respectivo color el cual es la calificación de cada experimento (ver anexo N° 5). Esto se determinó para cada paso del proceso y de manera global por cada práctica de laboratorio, es decir se sumaron todos los puntajes y se dividió entre el número de principios que se analiza (suma de categoría numérica /n° de principios).

d) Se determinó la Economía atómica en las prácticas de laboratorio que lo ameritaban, es decir aquellas que presentan reacciones químicas de síntesis. La economía atómica es la medida de la eficiencia de una reacción, se basa en el diseño de métodos sintéticos en los que la incorporación al producto final de todos los materiales usados en la síntesis sea la mayor posible, haciendo que los pasos necesarios para la obtención de una sustancia sean lo más selectivos y se minimice la formación de subproductos, y por tanto de residuos. Se emplea la siguiente la fórmula:

$$EA = \frac{\text{peso molecular del producto}}{\text{suma pesos moleculares de reactivos}} \times 100$$

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS

### 5.0.1 Listado de reactivos utilizados en Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.

Por medio del diagnóstico realizado a las cátedras de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II (ver anexo N° 1) se determinó cuáles son los reactivos utilizados que se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla N° 1 Reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.

Farmacoquímica	Farmacotecnia	Química General I	Química General II
Ácido bórico	Ácido tánico	Aluminio	Hidróxido de potasio
Ácido nítrico	Aceite mineral	Azufre	Nitrato de amonio
Ácido benzoico	Agua de azahar	Benceno	Sulfato de Zinc
Ácido clorhídrico	Agua de cal	Biftalato de potasio	Sulfato de cobre
Ácido sulfúrico	Alcanfor	Cloro	Sulfato de zinc
Alcohol etílico	Almidón	Cloroformo	Sulfato de cobre
Almidón	Azufre	Cloruro de Benzalconio	
Amoníaco	Benzaldehído	Cloruro de sodio	
Anaranjado de xilenol	Bicarbonato de sodio	Ferrocianuro de potasio	
Bálsamo	Cera blanca	Fosforo	
Bórax	Cloruro de amonio	Hidróxido de potasio	
Cloruro férrico	Cloruro de Benzalconi	Magnesio	
Edetato disódico	Esencia de menta	Naftaleno	
EDTA	Esencia de eucalipto	Nitrato de plata	
Fenoltaleína	Glicerina	Nonilfenol	
Ferrocianuro de potasio	Goma arábiga	Óxido de bario	
Glicerina	Laurilsulfato de sodio	Sulfato de cobre	
Hidróxido de calcio	Magma de bentonita	Sulfato ferroso	
Hidróxido de sodio	Mentol	Tiocianato de potasio	
Manitol	Merbromin	Yodo	
Metanol	Metilparabeno	Yoduro de potasio	
Nitrato de bismuto	Nitrato de amonio	Yoduro de sodio	
Nitrato de plata	Óxido de zinc	Zinc	
Permanganato potásico	Petrolato		
Peryodato de potasio	Propilenglicol		
Subnitrato de bismuto	Propilparabeno		
Sulfato ferroso	Sacarosa		

Tabla N° 1 (continuación)

Tioacetamida	Salicilato de metilo		
Tiosulfato de sodio	Salicilato de sodio		
Yoduro de potasio	Sulfato de zinc		
	Talco		
	Trementina		
	Vainillina		
	Yodo sublimado		

Con el listado obtenido en la tabla N° 1 se clasificaron las sustancias de acuerdo al rombo de seguridad y pictogramas de seguridad. Dicha información es la que se presenta en la tabla N° 2

### 5.0.2 Clasificación de los reactivos utilizados en Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química general I y II de acuerdo al rombo de seguridad.

En los rombos de seguridad el color **azul** representa riesgo a la salud, el **rojo** inflamabilidad, el **amarillo** reactividad y el blanco riesgo específico el cual se indica con letras, en este caso la mayoría aparece sin ninguna letra, y es porque no aplica esta clasificación.

Tabla N° 2 Clasificación de los reactivos de acuerdo al rombo de seguridad. (7,17)

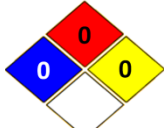
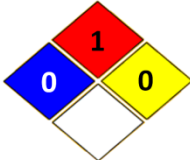
Rombo	Reactivos	Significado del rombo
	Talco EDTA Aluminio	<b>0 Sin riesgo</b> <b>0 No se inflama</b> <b>0 Estable</b>
	Almidón Acido tánico Aceite mineral Propilenglicol Propilparabeno	<b>0 Sin riesgo</b> <b>1 Sobre 93° C se inflama</b> <b>0 Estable</b>

Tabla N° 2 (Continuación)






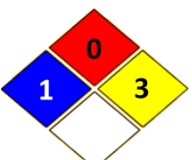
	Nitrato de amonio	<p>0 Sin riesgo  1 Sobre 93° C se inflama  3 Puede explotar en caso de choque o calentamiento</p>
	Alcohol etílico	<p>0 Sin riesgo  3 Debajo de 37° se inflama  0 Estable</p>
	<p>Ácido bórico  Bórax  Hidróxido de calcio  Sulfato ferroso  Tiosulfato de sodio  Yoduro de potasio  Magnesio metálico  Oxido de aluminio  Oxido de Magnesio  Oxido de zinc  Zinc metalico</p>	<p>1 poco peligroso  0 No se inflama  0 Estable</p>
	<p>Ferrocianuro de potasio  Nitrato de Bismuto  Bicarbonato de Na</p>	<p>1 poco peligroso  0 No se inflama  1 Inestable en caso de calentamineto</p>
	<p>Glicerina  Manitol  Biftalato de potasio  Azufre  Goma arábica  Metilparaben  Petrolato  Sacarosa  Salicilato de metilo  Salicitato de sodio  Fenolftaleína</p>	<p>1 poco peligroso  1 Sobre 93° C se inflama  0 Estable</p>
	Subnitrato de bismuto	<p>1 poco peligroso  0 No se inflama  3 Puede explotar en caso de choque o calentamiento</p>



Tabla N° 2 (continuación)



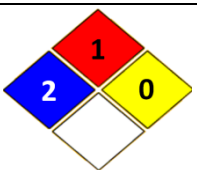


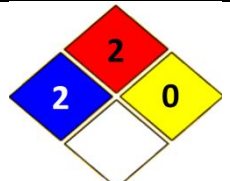





	Peryodato de potasio	2 peligroso 0 No se inflama 3 Puede explotar en caso de choque o calentamiento
	Cloruro de benzalconio Sulfato de cobre Tiocianato de potasio Anaranjado de xilenol Calamina Cloruro de amonio	2 peligroso 0 No se inflama 0 Estable
	Acido benzoico Tioacetamida Yodo Laurilsulfato de sodio	2 peligroso 1 Sobre 93° c se inflama 0 Estable
	Benceno Metanol	2 peligroso 3 Debajo de 37° C se inflama 0 Estable
	Yoduro de sodio	2 peligroso 0 No se inflama 1 Inestable en caso de calentamiento
	Alcanfor Benzaldehído Naftaleno	2 peligroso 2 Debajo de 93°C se inflama 0 Estable
	Ácido nítrico Ácido clorhídrico Hidróxido de sodio	3 Muy peligroso 0 No se inflama 0 Estable

Tabla N° 2 (continuación)

	<p>Cloruro férrico Hidróxido de potasio Yodo sublimado</p>	<p>3 Muy peligroso 0 No se inflama 1 Inestable en caso de calentamiento</p>
	<p>Amoniaco</p>	<p>3 Muy peligroso 1 Sobre 93°C se inflama 1 Inestable en caso de calentamiento</p>
	<p>Ácido sulfúrico Óxido de calcio</p>	<p>3 Muy peligroso 0 No se inflama 2 Inestable en caso de cambio químico violento W- No usar agua</p>
	<p>Cloro</p>	<p>4 Mortal 0 No se inflama 0 Estable oxy Oxidante</p>

Estos rombos de seguridad se ordenaron de forma ascendente respecto al color azul (riesgo a la salud), por ser el de mayor prevalencia. En los rombos, se puede observar que el nivel 1 de riesgo a la salud es el que más se repite de todos los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.

### 5.0.3 Clasificación de los reactivos utilizados en Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II de acuerdo a los pictogramas de seguridad.

Tabla N° 3 Clasificación de los reactivos de acuerdo a los pictogramas de seguridad de Farmacoquímica y Farmacotecnia. (7)




Símbolo	Reactivos Farmacoquímica	Reactivos Farmacotecnia
 <p>C Corrosivo</p>	<p>Ácido nítrico            Ácido clorhídrico            Ácido sulfúrico            Nitrato de plata            Cloruro férrico            Hidróxido de sodio</p>	<p>Yodo</p>
 <p>O Comburente</p>	<p>Ácido nítrico            Permanganato potásico</p>	<p>Nitrato de amonio</p>
 <p>F Inflamable</p>	<p>Alcohol etílico            Fenoltaleína            Metanol</p>	<p>Alcanfor</p>

Tabla N° 3 (continuación)

 <p>T Tóxico</p>	Fenolftaleína	Merbromin
 <p>Xi Irritante</p>	Hidróxido de calcio	Mentol
 <p>Xn Nocivo</p>	Amoníaco Cloruro férrico Permanganato potásico	Benzaldehído Cloruro de amonio Sulfato de zinc
 <p>N Peligroso para el medio ambiente</p>	Nitrato de plata EDTA Permanganato potásico	Cloruro de benzalconio Merbromin Óxido de zinc Sulfato de zinc

En las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica el símbolo de corrosivo es el pictograma que predomina de los reactivos. En las de Farmacotecnia el símbolo de peligroso para al ambiente es el que presentan la mayoría de reactivos.

Tabla N° 4 Clasificación de los reactivos de acuerdo a los pictogramas de seguridad de Química General I y II.







Símbolo	sustancias QUIMICA GENERAL I	sustancias QUIMICA GENERAL II
 <b>C</b> Corrosivo	Cloruro de benzalconio Nitrato de plata Oxido de calcio	Hidróxido de potasio
 <b>O</b> Comburente	Cloro	Nitrato de amonio
 <b>F</b> Inflamable	Azufre Benceno	
 <b>T</b> Tóxico	Benceno Cloro Cloroformo	

Tabla 4 (continuación)

 <p><b>Xn</b> Nocivo</p>	Cloroformo Naftaleno Nonilfenol Oxido de bario	Sulfato de Zinc Sulfato de cobre
 <p><b>N</b> Peligroso para el medio ambiente</p>	Cloruro de benzalconio Naftaleno Nitrato de plata Nonilfenol	Sulfato de zinc Sulfato de cobre

En Química General I la mayoría de los reactivos presentan corrosividad, son nocivos y peligrosos para el ambiente. En Química General II los reactivos presentan los pictogramas de nocivo y peligroso para el ambiente

Se puede decir, entonces, que el símbolo de corrosivo (C) es el que predomina dentro de todos los reactivos, luego sigue nocivo (Xn) y luego peligroso para el ambiente (N).

#### 5.0.4 Elaboración de diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde.

Para una mejor comprensión de los diagramas ecológicos, se explica el procedimiento que se siguió en el desarrollo de las prácticas de laboratorio, una de ellas es la “síntesis de nitrato básico de bismuto” la cual se toma de ejemplo para que sean entendibles los demás diagramas ecológicos, donde son fundamentales el cuadro que contiene los 12 principios de la química verde y la escala de colores de acercamiento verde.

Cuadro N° 9 Principios de la química verde.

Principio
1. Prevenir y/o minimizar residuos
2. Economía atómica
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares
6. Disminuir el consumo energético
7. Utilizar materias primas renovables
8. Evitar derivados innecesarios
9. Preferir la catálisis
10. Generar productos biodegradables
11. Analizar los procesos en tiempo real
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos

Tabla N° 5 Escala de colores de acercamiento verde.






	10	Totalmente verde
	9	Gran acercamiento verde
	8	Muy buen acercamiento verde
	7	Buen acercamiento verde
	6	Ligero acercamiento verde

Tabla N° 5 (continuación)

5	Transición Café a verde
4	Ligeramente café
3	Medianamente café
2	Muy café
1	Totalmente café

En esta tabla cada número del 1 al 10 lleva su respectivo color, donde 10 va al inicio porque es totalmente verde, a medida disminuye la categoría numérica, se va degradando el color, hasta llegar al extremo que es totalmente café.

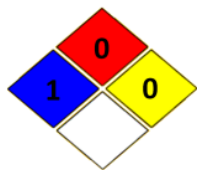
En los diagramas el cuadro que va coloreado a la par del respectivo paso, representa el color del número según la tabla N° 5; es decir, el número que está dentro del paréntesis. El número que está fuera del paréntesis representa el número del principio de la química verde, según convenga en cada paso.

#### 5.0.4.1 DIAGRAMAS ECOLÓGICOS DE FARMACOQUÍMICA.

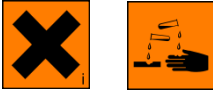

##### Diagrama ecológico de Síntesis de Nitrato Básico de Bismuto

Para una mejor explicación se muestra mediante un cuadro el Diagrama ecológico de esta práctica de laboratorio

Cuadro N° 10 Descripción del diagrama ecológico de la Síntesis de Nitrato Básico de Bismuto.

Pictogramas y rombos	Descripción de cada paso	Calificación por Principio	Definición del Principio y calificación
	1) Se pesan exactamente 2.0 g de Nitrato de Bismuto Neutro.	3 (10)	3 Utilizar sustancias con el mínimo de toxicidad. (10) Totalmente verde
	2) Se tritura en un mortero de porcelana con 8 mL de agua.	5 (10)	5 Reducir el uso de sustancias auxiliares. (10) Totalmente verde
	3) Se colocan a ebullición 40.0 mL de agua destilada.	6 (1)	6 Disminuir el consumo energético. (1) Totalmente café



	4) Una vez triturado el Nitrato de Bismuto Neutro se agrega sobre el agua hirviendo con agitación vigorosa.	5 (10)	5 Reducir el uso de sustancias auxiliares. (10) Totalmente verde
	5) Al comenzar la precipitación se retira del calor y se deja sedimentar el precipitado.	8 (9)	8 Evitar derivados innecesarios. (9) Gran acercamiento verde
	6) El líquido sobrenadante se decanta y el precipitado se escurre en un embudo corriente sobre papel filtro.	5 (10)	5 Reducir el uso de sustancias auxiliares. (10) Totalmente verde
	7) El filtrado se incorpora al líquido decantado.	8 (10)	8 Evitar derivados innecesarios. (10) Totalmente verde
	8) El precipitado se lava con 2 mL de agua fría.	5 (10)	5 Reducir el uso de sustancias auxiliares. (10) Totalmente verde
	9) Se deja enfriar el líquido y se agrega amoníaco hasta dejarlo ligeramente ácido, y se agita.	12 (2)	12 Minimizar el riesgo de accidentes químicos. (2) Muy Café
	10) Se filtra, y el precipitado se lava con 3 porciones de 1 mL de agua fría.	5 (10)	5 Reducir el uso de sustancias auxiliares. (10) Totalmente verde
	11) Colocar el nitrato básico de bismuto obtenido en un vidrio de reloj, y se coloca en estufa T° ambiente.	12 (6) 6 (10)	12 Minimizar el riesgo de accidentes químicos. (6) Ligero acercamiento verde. 6 Disminuir el consumo energético (10) Totalmente verde
	12) Pesar y calcular el porcentaje de rendimiento obtenido.	2 (7)	2 Economía atómica. (7) Buen acercamiento verde

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{105}{13} = 8.07$$

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

En otras palabras, se suman todos los números entre paréntesis (categoría numérica) y se dividen entre el número total de principios, inclusive si se repite un principio que se está evaluando se toma en cuenta. Se puede decir también que el número total de principios es el número de cuadros coloreados, en este caso resulta así:

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{105}{13} = 8.07$$



### Muy buen acercamiento verde.

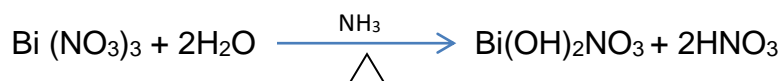
Cuadro N° 11 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Síntesis de Nitrato Básico de Bismuto.

Principio	Cumple/ No cumple
1. Prevenir y/o minimizar residuos	Cumple
2. Economía atómica	70.76%
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	Cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	Cumple
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	Cumple
6. Disminuir el consumo energético	No cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	Cumple
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	Cumple

### Cálculo de la Economía atómica

La economía atómica consiste en que todos los materiales usados durante el proceso, se incorporen al máximo en el producto final, minimizando la formación de subproductos.

Reacción de obtención de nitrato básico de bismuto



$$\text{EA} = \frac{\text{peso molecular del producto}}{\text{suma pesos moleculares de reactivos}} \times 100$$

$$\text{EA} = \frac{304.98}{394.98+36} \times 100$$

$$\text{EA} = 70.76\%$$

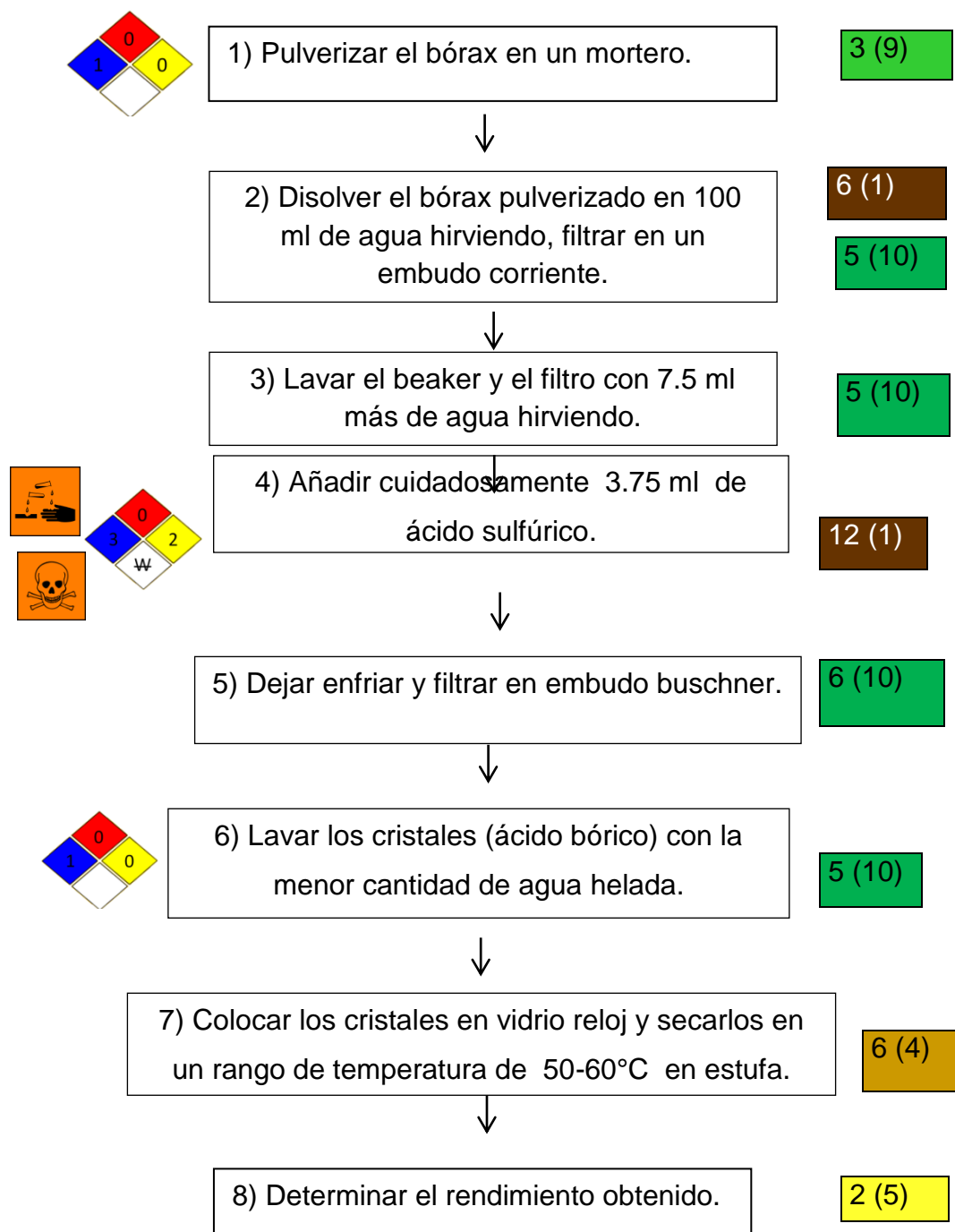
Dependiendo del porcentaje que resulte, así se obtiene la escala de calificación. En este caso el 70.76% coincide con la escala de calificación 7 (buen acercamiento verde), respecto al Principio N° 2 (EA), ya que según los porcentajes 10%- 100%, así va en la escala 1-10, respectivamente. Por ejemplo si se obtuviera un porcentaje de 80%, la calificación sería 8 (muy buen acercamiento verde).

### Evaluación de Síntesis de Nitrato Básico de Bismuto

- 1 Como el nitrato de bismuto neutro no es una sustancia tóxica se evalúa al principio 3 como totalmente verde (10).
- 2 Se utiliza un método de trituración físico, además se utiliza agua el cual es un solvente inocuo, por eso se califica al principio 5 como totalmente verde (10).

- 3 Como se necesita temperatura de 100 °C utilizando gas licuado comercial, se considera al principio 6 como totalmente café (1).
- 4 Aquí nuevamente se utiliza agua, que se considera disolvente verde por excelencia, entonces es pertinente calificar al principio 5 como totalmente verde (10).
- 5 En este paso como no se formarán grupos de protección o de otro tipo se considera al principio 8 como gran acercamiento verde (9).
- 6 Como se utiliza un método de filtración y ningún reactivo para llevar a cabo la separación se califica al principio 5 como totalmente verde (10).
- 7 Como no hay ningún derivado formado se considera al principio 8 como totalmente verde (10).
- 8 De igual modo se utiliza agua para lavar el producto, por lo que es conveniente evaluar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 9 Debido a que se utiliza amoníaco el cual es un reactivo peligroso es adecuado calificar al principio 12 como totalmente café (1).
- 10 Para la filtración y el lavado del producto se utiliza agua, por lo que es conveniente calificar al principio 5 como totalmente verde (10).
- 11 Como el nitrato básico de bismuto es una sustancia poco peligrosa a la salud, pero puede explotar en caso de choque o calentamiento se califica al principio 12 como ligero acercamiento verde (6), y ya que se utilizará temperatura ambiente es conveniente calificar al principio 6 como totalmente verde (10).

- 12 En relación al principio 2, hay buena economía atómica (70.76%), por lo que este paso tiene buen acercamiento verde (7).



**Figura N° 4 Diagrama ecológico de la Síntesis de Ácido Bórico**

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{60}{9} = 6.6$$

Se aproxima a 7, porque es el número al que más se aproxima.



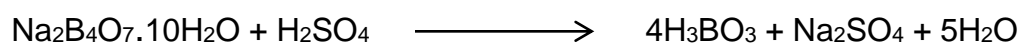
**Ligero acercamiento verde.**

Cuadro N° 12 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Síntesis de Ácido Bórico

Principio	Cumple / No cumple
1. Prevenir y/o minimizar residuos	Cumple
2. Economía atómica	51.58%
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	Cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	Cumple
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	Cumple
6. Disminuir el consumo energético	No cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	Cumple
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	No cumple

### Cálculo de la Economía Atómica

Reacción de obtención de ácido bórico



$$\text{EA} = \frac{\text{peso molecular del producto}}{\text{suma pesos moleculares de reactivos}} \times 100$$

$$\text{EA} = \frac{247.24}{381.20 + 98.06} \times 100$$

$$\text{EA} = 51.58\%$$

Dependiendo el porcentaje que resulte, así se obtiene la escala de calificación.

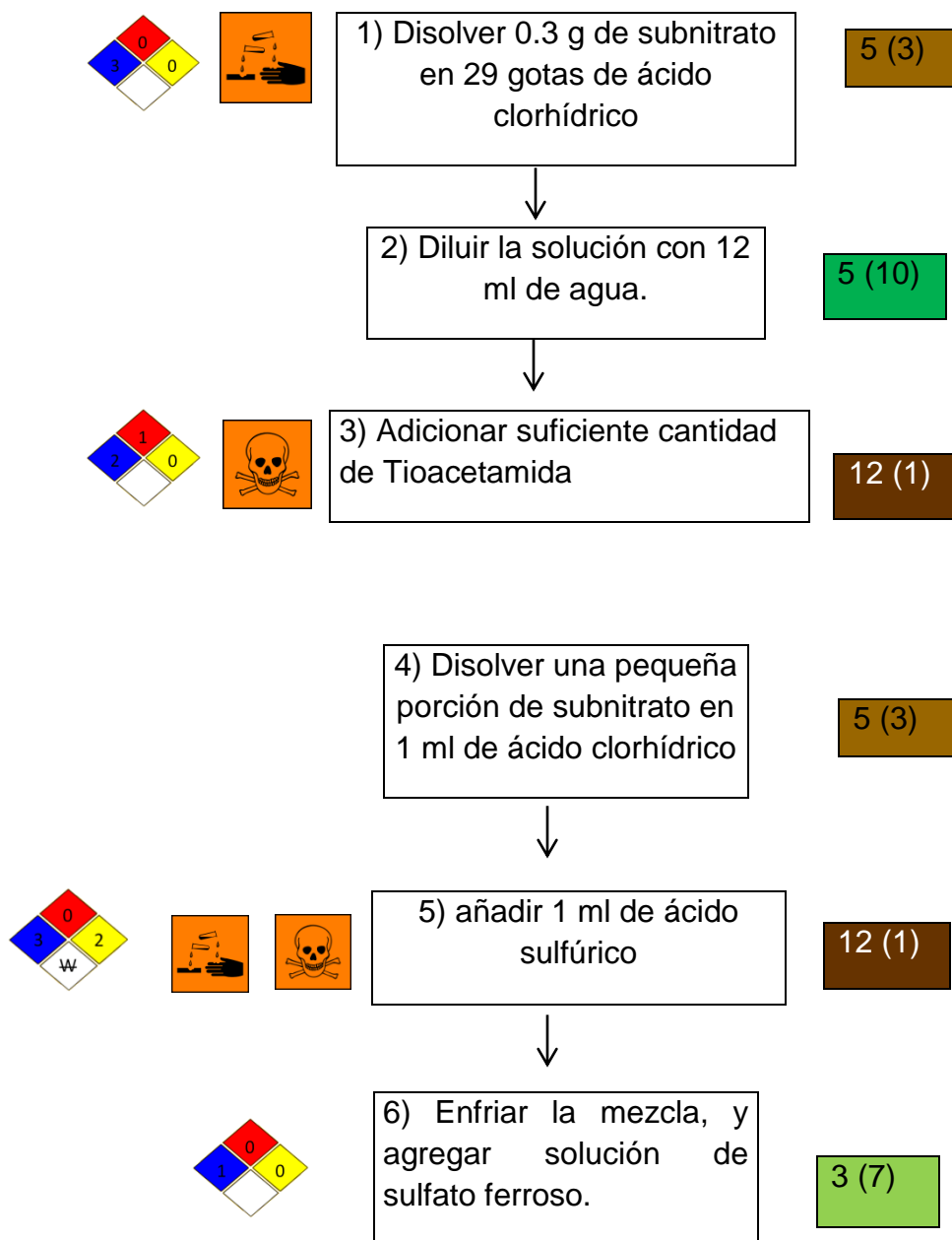
En este caso el 51.58% concuerda con la escala de calificación 5 (transición café a verde), respecto al Principio N° 2 (EA)

### Evaluación de Síntesis de Ácido Bórico

- 1 El bórax es poco peligroso para la salud por eso en este paso el principio 3 tiene gran acercamiento verde (9).
- 2 Como se necesita temperatura utilizando gas licuado comercial para llevar a ebullición el agua, se califica al principio 6 como totalmente café (1); sin embargo, el agua es el solvente universal por lo que es evidente evaluar al principio 5 como totalmente verde (10).
- 3 Se utiliza agua, por eso es conveniente calificar como totalmente verde (10) al principio 5
- 4 Debido a que se está utilizando ácido sulfúrico es un reactivo dañino es adecuado calificar al principio 12 como totalmente café (1).



- 5 El enfriamiento se lleva a temperatura ambiente, por eso se evalúa el principio 6 como totalmente verde (10).
- 6 Se está empleando agua para lavar los cristales, de modo que este paso es conveniente calificarlo como totalmente verde (10) respecto al principio 5.
- 7 En este paso se requieren temperaturas altas, es adecuado evaluar como ligeramente café (4), el principio 6.
- 8 Se evalúa el principio 2 como transición café a verde (5) porque la economía atómica da como resultado 51.58%, es decir que prácticamente la mitad de los reactivos se incorporan al producto final.



**Figura N° 5 Diagrama ecológico de la Identificación de Nitrato Básico de Bismuto**

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{25}{6} = 4.16$$



### Ligeramente café

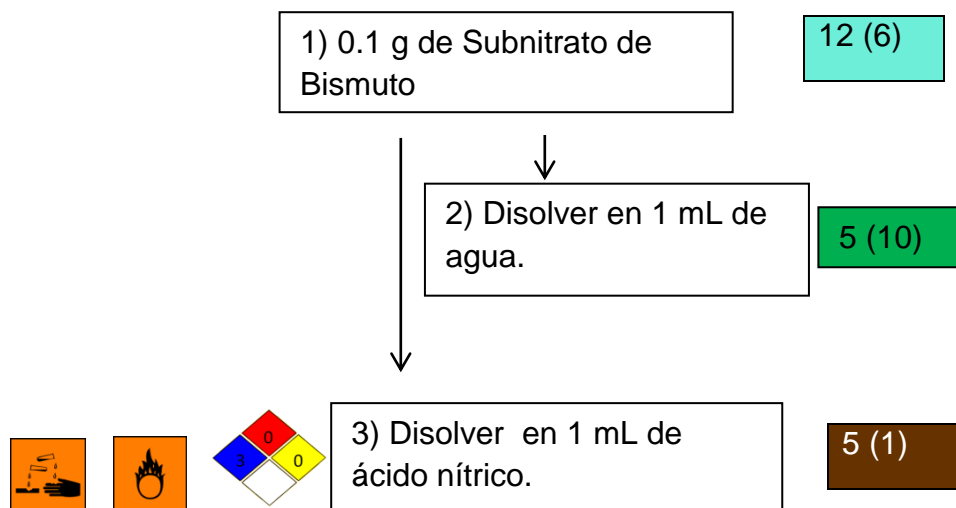
Cuadro N° 13 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Identificación de Nitrato Básico de Bismuto.

Principio	Cumple/ No cumple
1. Prevenir y/o minimizar residuos	No cumple
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	No cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	NA
6. Disminuir el consumo energético	NA
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	NA
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	NA
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	No cumple

NA= No aplica, porque no se evaluó ese número de principio.

### **Evaluación de la Identificación de Nitrato Básico de Bismuto**

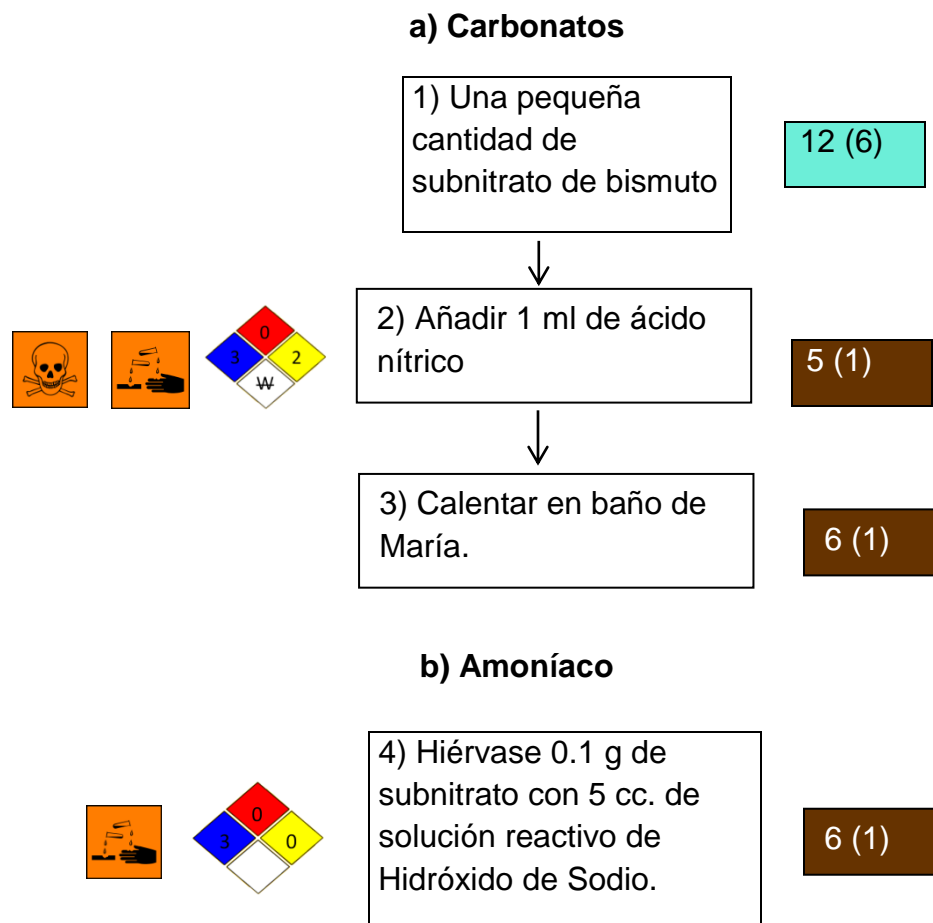
- 1 Debido a que el ácido clorhídrico es una sustancia corrosiva, a la vez se considera un ácido muy peligroso, se califica como medianamente café (3) al principio 5.
- 2 Ya que se utiliza agua, siendo un disolvente verde por excelencia conviene calificar al principio 5 como totalmente verde (10).
- 3 La tioacetamida es tóxica y peligrosa para la salud, por lo que es necesario calificar el principio 12 como totalmente café (1).
- 4 Igual que en el paso a).
- 5 El ácido sulfúrico se considera tóxico y corrosivo por eso se califica como totalmente café (1) al principio 12.
- 6 Dado que la solución de sulfato ferroso es poco peligrosa se considera que este paso tiene buen acercamiento verde (7) respecto al principio 3.



**Figura N° 6 Diagrama ecológico de la Prueba de Solubilidad de Nitrato Básico de Bismuto.**

#### **Evaluación de la Prueba de Solubilidad de Nitrato Básico de Bismuto.**

- 1 Se califica como ligero acercamiento verde (6) al principio 12 por ser una sustancia poco peligrosa el subnitrato de bismuto.
- 2 Se utiliza agua (solvente verde), se califica como totalmente verde (10) el principio 5.
- 3 El ácido nítrico es corrosivo y comburente se califica el principio 5 como totalmente café (1).

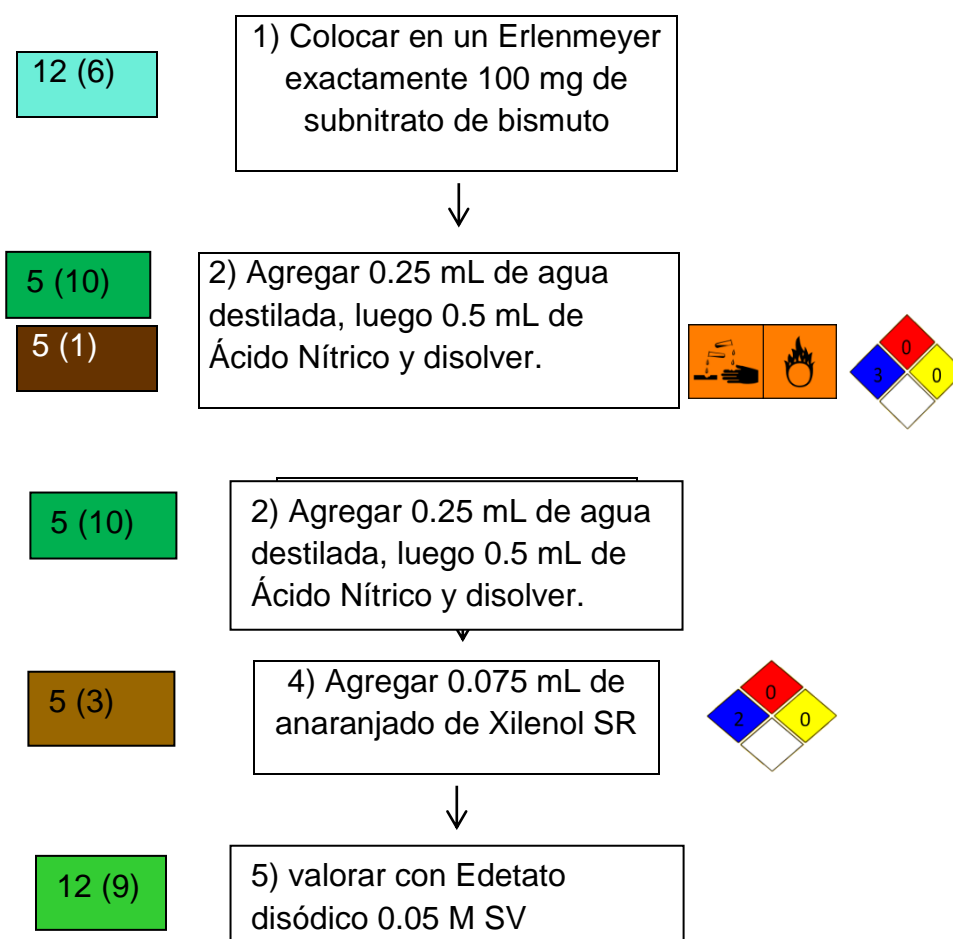


**Figura N° 7 Diagrama ecológico de la Identificación de Impurezas de Nitrato Básico de Bismuto.**

**Evaluación de la Identificación de Impurezas de Nitrato Básico de Bismuto**

- 1 Se califica como ligero acercamiento verde (6) al principio 12 por ser una sustancia poco peligrosa el subnitrate de bismuto.
- 2 El ácido nítrico es corrosivo y comburente, se califica al principio 5 como totalmente café (1).

- 3 Se utiliza gas licuado comercial, por lo que se evalúa como totalmente café el principio 6.
- 4 Debido a que el hidróxido de sodio es irritante y muy peligroso para la salud, es conveniente calificar al principio 6 como totalmente café (1).

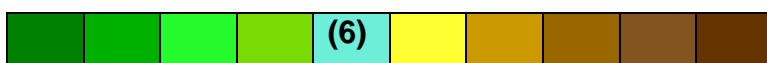


**Figura N° 8 Diagrama ecológico de la Valoración de Nitrato Básico de Bismuto.**

## Evaluación de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{39}{6} = 6.5$$



### Ligero acercamiento verde

Cuadro N° 14 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de las impurezas y valoración de Nitrato Básico de Bismuto.

Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	Cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	Cumple
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	Cumple
6. Disminuir el consumo energético	No cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	NA
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	Cumple



### **Evaluación de la Valoración de Nitrato Básico de Bismuto**

- 1 Se califica como ligero acercamiento verde (6) al principio 12 por ser una sustancia poco peligrosa el subnitrato de bismuto.
- 2 Al utilizar agua se califica al principio 5 como totalmente verde (10), pero como se utiliza ácido nítrico a la vez se califica como totalmente café (1) al mismo principio.
- 3 Nuevamente se utiliza agua, por lo que se sabe que es totalmente verde (10) el principio 5.
- 4 El compuesto en uso es peligroso para la salud, entonces es conveniente evaluarlo como medianamente café (3) respecto al principio 5.
- 5 No es una sustancia peligrosa el edetato disódico, por eso se evalúa con gran acercamiento verde (9) respecto al principio 12.

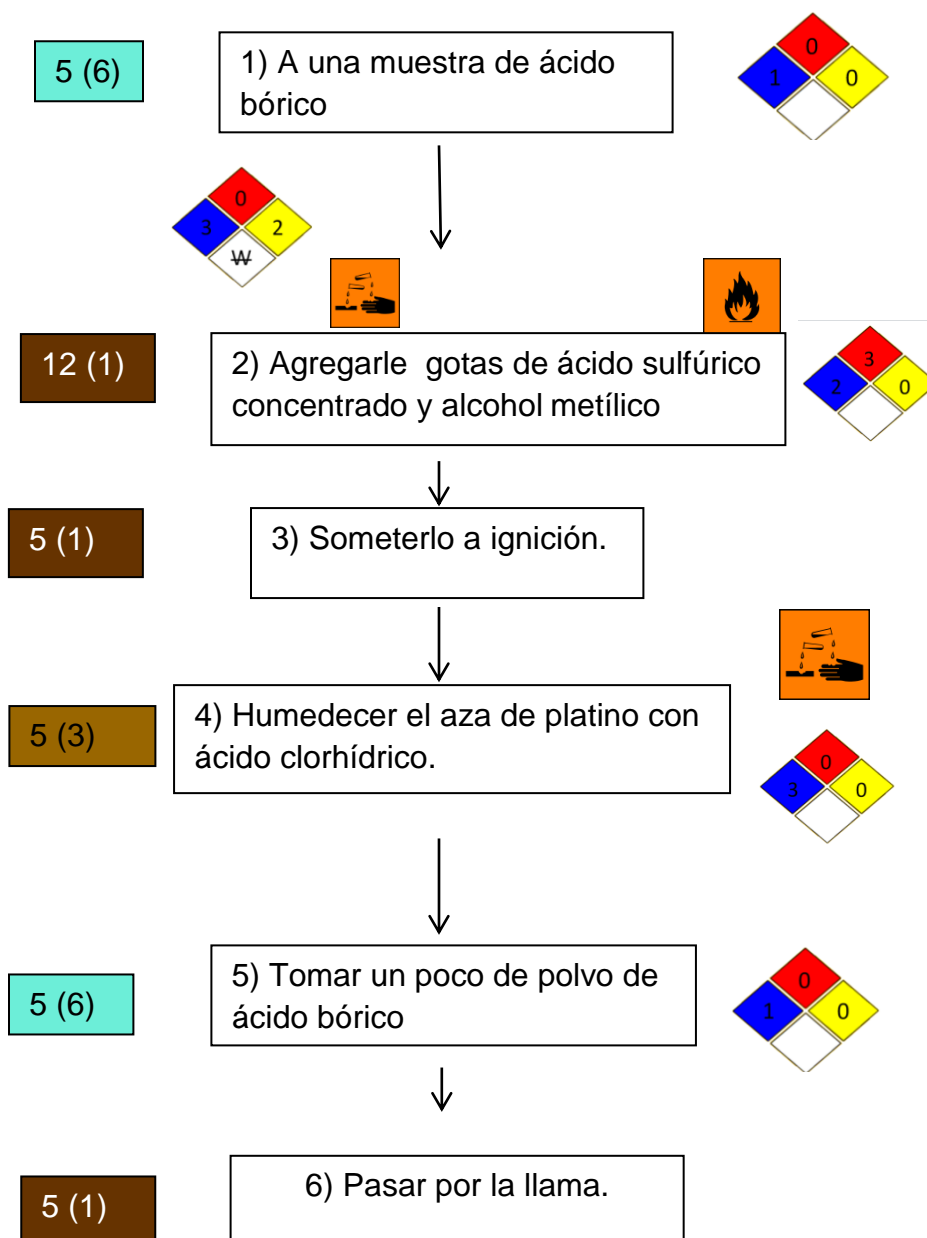


Figura N° 9 Diagrama ecológico de la Identificación de Acido Bórico

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{18}{6} = 3$$



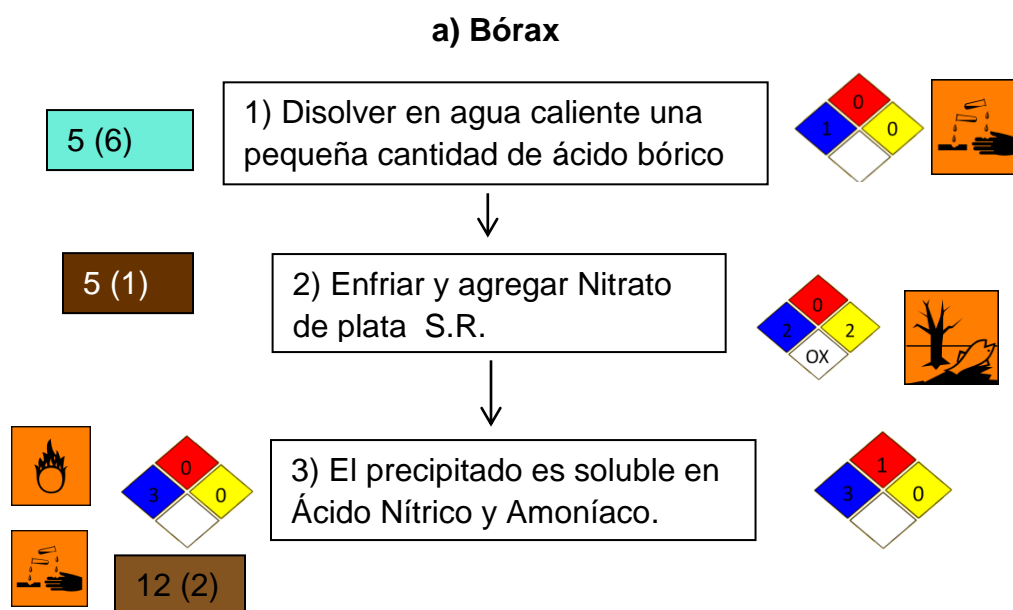
**Medianamente café.**

Cuadro N° 15 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Identificación de Ácido Bórico

Principio	Cumple/ No cumple
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	NA
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	No cumple
6. Disminuir el consumo energético	No cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	NA
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	No cumple

### Evaluación de la Identificación de Ácido Bórico

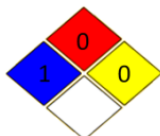
- 1 Ya que el ácido bórico es una sustancia poco peligrosa para la salud es conveniente calificar al principio 5 como ligero acercamiento verde (6).
- 2 Debido a que se está utilizando una sustancia irritante (ácido sulfúrico) y una inflamable (metanol) es necesario calificar como totalmente café (1) al principio 12
- 3 Se utiliza gas licuado comercial por eso se califica el principio 5 como totalmente café (1).
- 4 Debido a que el ácido clorhídrico es una sustancia corrosiva, a la vez se considera un ácido muy peligroso, se califica como medianamente café (3) respecto al principio 5.
- 5 El ácido bórico es una sustancia poco peligrosa para la salud por eso se califica al principio 5 como ligero acercamiento verde (6).
- 6 Se utiliza gas licuado comercial, entonces se califica al principio 5 como totalmente café (1).



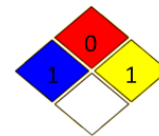
**Figura N° 10 Diagrama ecológico de la Identificación de Impurezas de Ácido Bórico.**

## Continuación Figura N° 10

### b) Materias Orgánicas

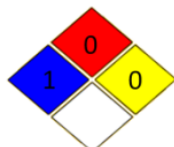


4) calentar en la punta de una espátula una pequeña cantidad de ácido bórico.



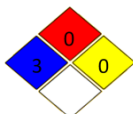
5 (6)

### c) Hierro

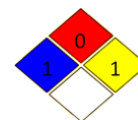


5) disolver 1 g de ácido bórico en 10 cc de agua destilada (BM).

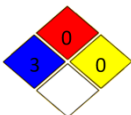
5 (6)



6) Añadir 1 cc de HCl concentrado y 1 cc de Ferrocianuro de Potasio S.R., agitar.



5 (3)



7) En otro tubo verter 10 cc de solución patrón de hierro, agregar 1 cc de HCl concentrado y 1 cc de Ferrocianuro de potasio S.R., agitar.

5 (3)

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{27}{7} = 3.85$$



### Ligeramente café

Cuadro N° 16 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Identificación de Impurezas de Ácido Bórico.

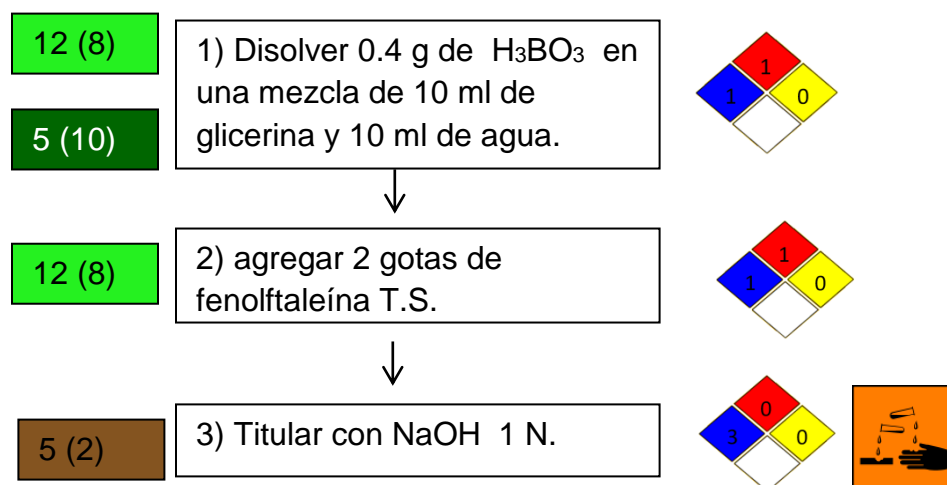
Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	NA
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	No cumple
6. Disminuir el consumo energético	No cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	NA
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	No cumple

### Evaluación de la Identificación de Impurezas de Ácido Bórico

- 1 El ácido bórico es una sustancia poco peligrosa para la salud, entonces es conveniente calificar al principio 5 como ligero acercamiento verde (6).
- 2 Por ser irritante, además de tóxico el nitrato de plata se evalúa como totalmente café (1) respecto al principio 5.
- 3 Tanto el ácido nítrico como el amoníaco son calificados como muy

peligrosos, además que el ácido nítrico es comburente e irritante por eso se evalúa al principio 12 como muy café (2).

- 4 El ácido bórico es una sustancia poco peligrosa para la salud es conveniente calificar al principio 5 como ligero acercamiento verde (6).
- 5 El ácido bórico es una sustancia poco peligrosa para la salud es conveniente calificar al principio 5 como ligero acercamiento verde (6).
- 6 El ácido clorhídrico es una sustancia corrosiva, a la vez se considera muy peligroso, y el ferrocianuro de potasio es poco peligroso para la salud, por eso se califica como medianamente café (3) al principio 5.
- 7 Igual que en el paso f se califica como medianamente café (3) al principio 5.



**Figura N° 11 Diagrama ecológico de la Valoración de Ácido Bórico.**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{28}{4} = 7$$



### Buen acercamiento verde

Cuadro N° 17 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Valoración de Ácido Bórico.

Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	NA
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	(1/2)
6. Disminuir el consumo energético	NA
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	NA
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	Cumple

### Evaluación de la valoración (titulación) de ácido bórico

- Se utiliza glicerina, y esta es una sustancia poco peligrosa para la salud y se inflama sobre los 93°C por eso es conveniente calificar el principio 12 como muy buen acercamiento verde (8). Y como se utiliza agua también se califica el principio 5 como totalmente verde (10).
- Igual que en el paso a la fenolftaleína es una sustancia poco peligrosa y se inflama arriba de 93°C por eso se califica como muy buen



acercamiento verde (8) al principio 12.

- 3 Debido a que el hidróxido de sodio es corrosivo y muy peligroso para la salud se evalúa como muy café (2) al principio 5.

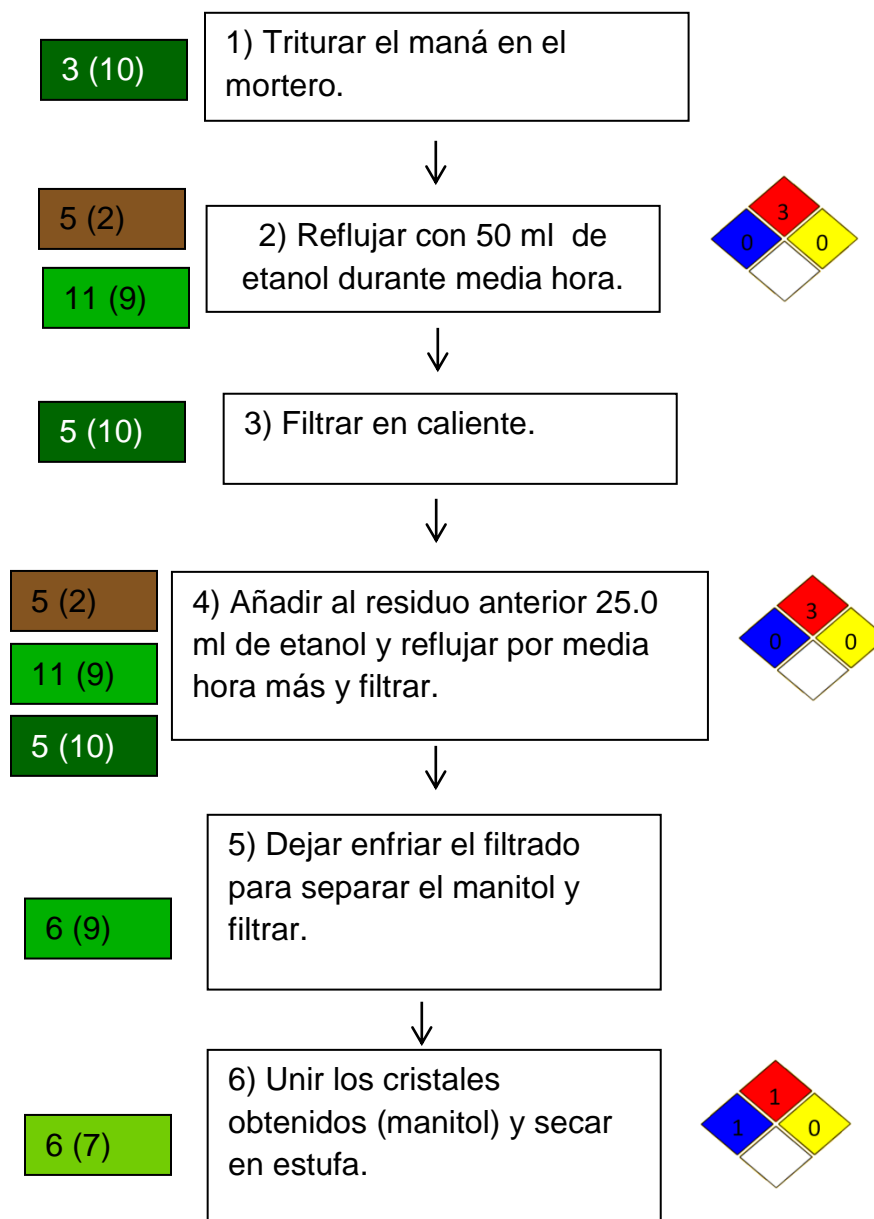


Figura N° 12 Diagrama ecológico de la Extracción de Manitol

Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{68}{9} = 7.55$$



**Muy buen acercamiento verde.**

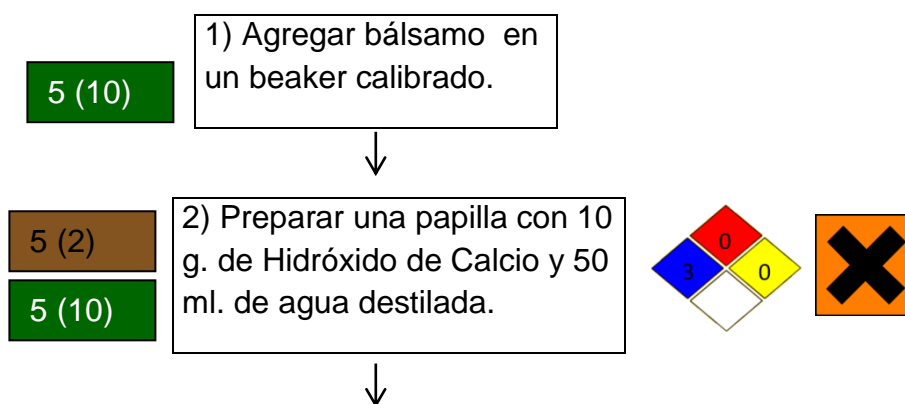
Cuadro N° 18 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Extracción de Manitol.

Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	Cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	(1/2)
6. Disminuir el consumo energético	Cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	Cumple
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	NA

### Evaluación de la Extracción de Manitol

- 1 Debido a que el maná es una sustancia natural y no peligrosa proveniente de *Fraxinus ornus* se califica al principio 3 como totalmente verde (10).
- 2 El etanol es un líquido inflamable, por eso se califica como ligeramente café (4) respecto al principio 12. Con respecto al principio 11 se califica como gran acercamiento verde (8).
- 3 Ya que se utiliza el método de filtración para llevar a cabo la separación se califica como totalmente verde (10) al principio 5.
- 4 Al igual que en el paso b, ligeramente café (4) respecto al principio 12 y respecto al principio 11 se califica como gran acercamiento verde (8). También totalmente verde (10) respecto al principio 5 por el método de filtración.
- 5 Como se deja enfriar a temperatura ambiente, por lo que este paso es adecuado evaluarlo como muy buen acercamiento verde (9) en cuanto al principio 6.
- 6 Debido a que se utiliza estufa para secar el manitol se califica el principio 6 como buen acercamiento verde (7).

### Diagrama ecológico de la Obtención de Ácido Benzoico.



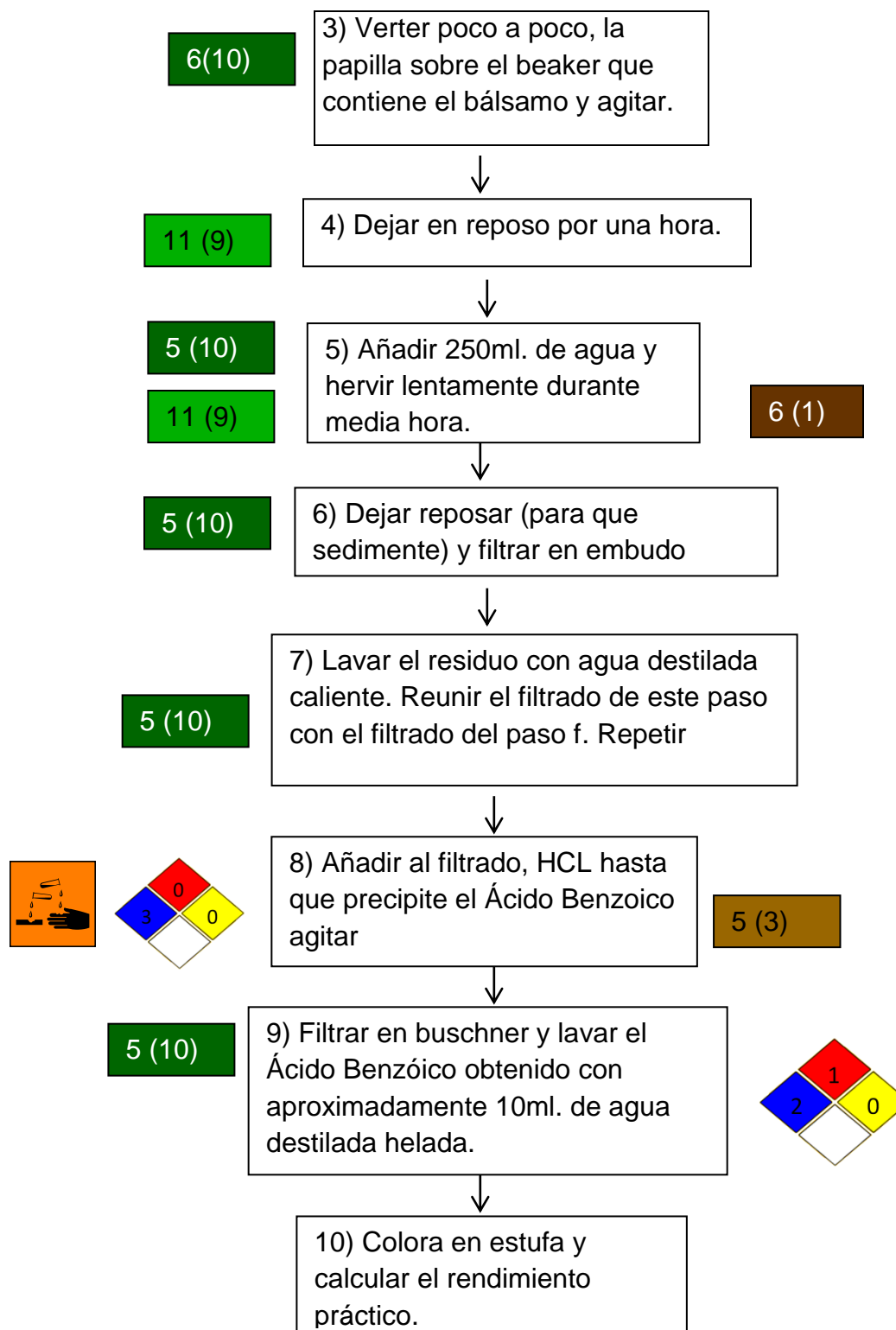


Figura N°13 Diagrama ecológico de la Obtención de Ácido Benzoico.

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{94}{12} = 7.83$$



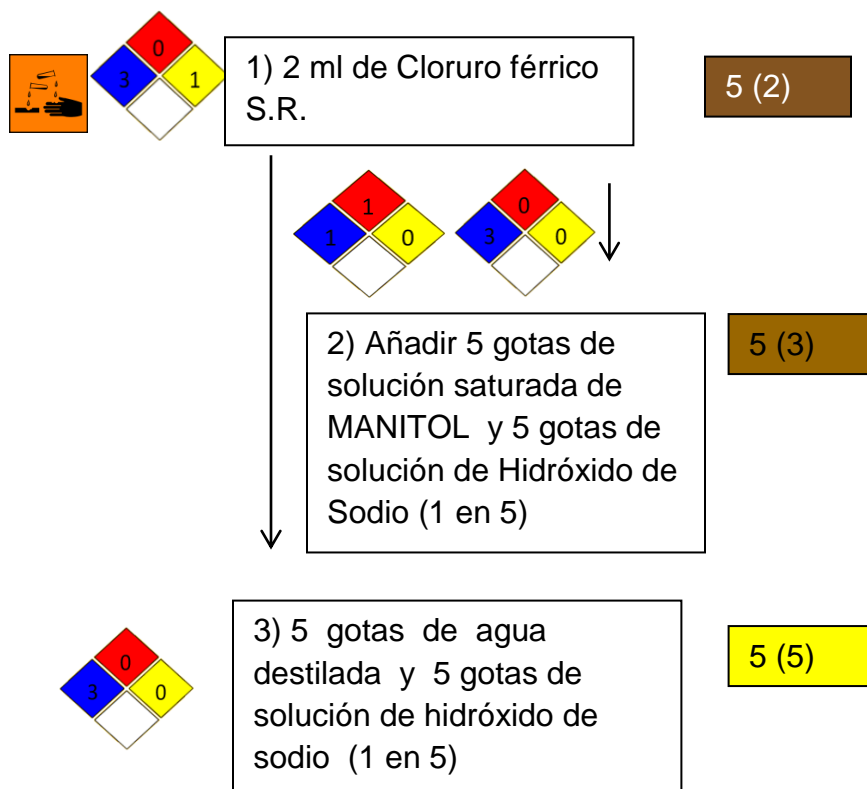
**Muy buen acercamiento verde.**

Cuadro N° 19 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la Obtención de Ácido Benzóico.

Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	NA
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	Cumple
6. Disminuir el consumo energético	(1/2)
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	NA
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	Cumple
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	NA

### **Evaluación de la Obtención de Ácido Benzóico**

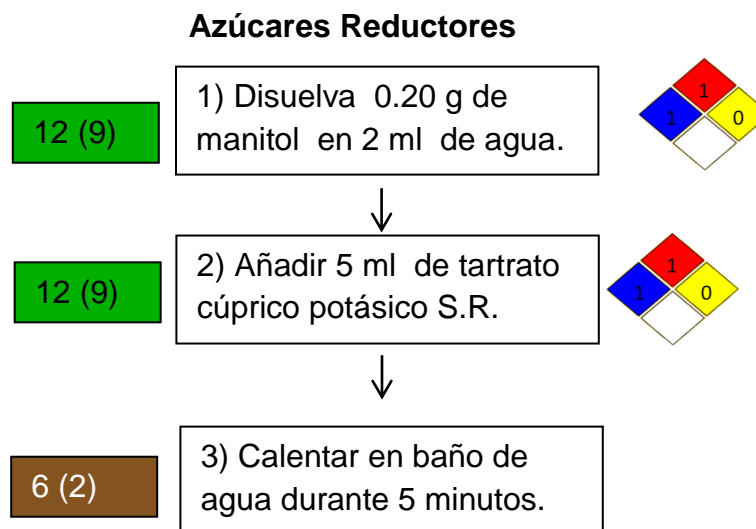
- 1 Ya que el bálsamo no es una sustancia peligrosa, es de origen natural, se califica el principio 5 como totalmente verde (10).
- 2 Por ser una sustancia irritante y muy peligrosa para la salud el hidróxido de calcio, es conveniente evaluar al principio 5 como muy café (2). A la vez como se utiliza agua se califica como totalmente verde (10).
- 3 Como se está utilizando la agitación mecánica se califica el principio 6 como totalmente verde (10).
- 4 En esta paso se controla el tiempo del proceso, de modo que se califica al principio 11 como gran acercamiento verde (9).
- 5 Se utiliza agua, que es considerado disolvente verde, se califica como totalmente verde (10) al principio 5. Se controla el tiempo por eso se evalúa al principio 11 como gran acercamiento verde (9). Pero se utiliza gas comercial para hervir el preparado por lo que se evalúa como totalmente café (1) al principio 6.
- 6 Por utilizar el método de filtración se califica al principio 5 como totalmente verde (10).
- 7 Al utilizar agua, por ser el solvente verde se evalúa al principio 5 como totalmente verde (10).
- 8 El ácido clorhídrico es una sustancia corrosiva, a la vez se considera un ácido muy peligroso, por lo que se califica como medianamente café (3) respecto al principio 5.
- 9 Para la filtración y el lavado se emplea agua, por eso es conveniente calificar al principio 5 como totalmente verde (10).



**Figura N° 14 Diagrama ecológico de la Identificación de Manitol.**

### **Evaluación de la Identificación de Manitol**

- 1 Debido a que el cloruro férrico es una sustancia corrosiva y de mucho peligro para la salud es conveniente calificar al principio 5 como muy café (2).
- 2 Aunque el manitol es una sustancia poco peligrosa, pero el hidróxido de sodio es muy peligroso para la salud, por eso en este paso se califica como medianamente café (3) con respecto al principio 5.
- 3 A pesar que se está utilizando agua, a la vez se utiliza hidróxido de sodio, por lo que es conveniente calificar al principio 5 como transición café a verde (5).



**Figura N° 15 Diagrama ecológico de la Identificación de impurezas de manitol**

#### Evaluación de la identificación de impurezas de manitol

- 1 El manitol es una sustancia poco peligrosa, también porque se está utilizando agua para disolver, en este paso se evalúa como gran acercamiento verde (9), en cuanto al principio 12.
- 2 La solución de tartrato cúprico potásico es poco peligrosa para la salud, además no presenta peligro de inflamabilidad fácil por eso es conveniente calificar el principio 12 como gran acercamiento verde (9).
- 3 Para el calentamiento se hace uso de gas licuado comercial, así que es conveniente calificar al principio 6 como muy café (2).



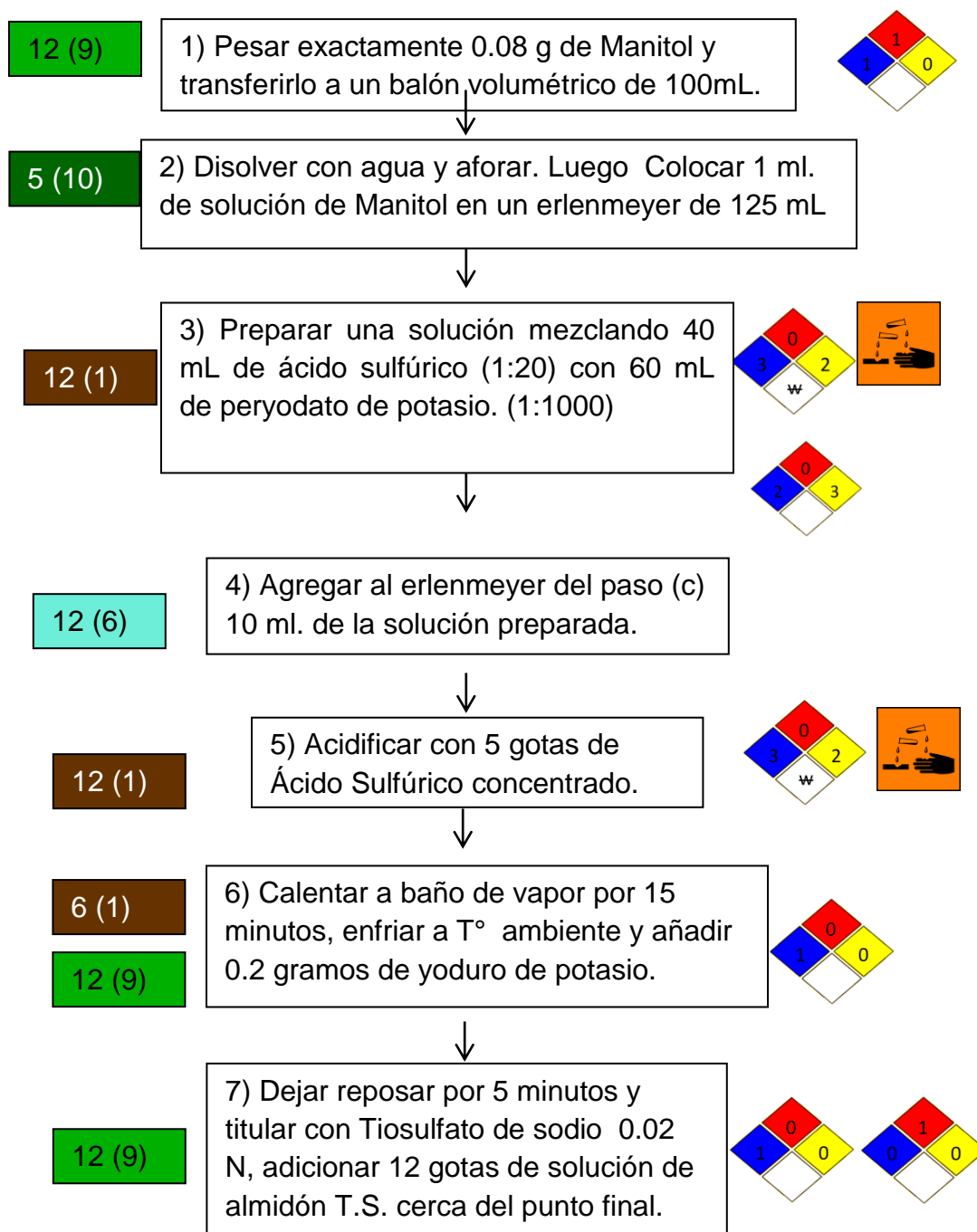
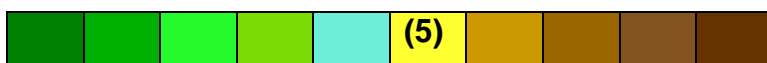


Figura N° 16 Diagrama ecológico de la valoración de manitol

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{76}{14} = 5.42$$



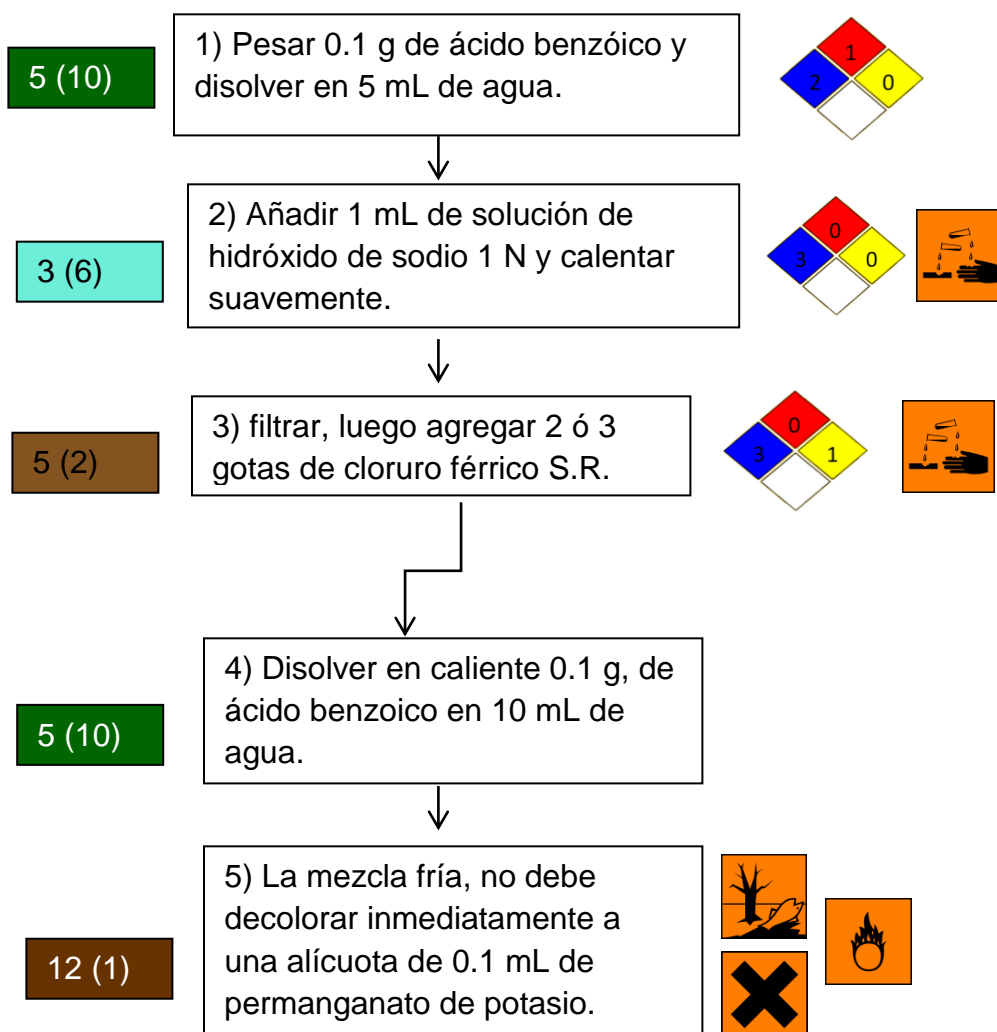
### Transición café a verde

Cuadro N° 20 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde la identificación de manitol, impurezas y valoración de manitol.

Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	No cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	Cumple
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	Cumple
6. Disminuir el consumo energético	No cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	Cumple
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	Cumple
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	Cumple

### **Evaluación de la Valoración de Manitol**

- 1 El manitol es una sustancia poco peligrosa, por eso en este paso se evalúa como gran acercamiento verde (9), en cuanto al principio 12.
- 2 Se utiliza agua (solvente verde), entonces se califica al principio 5 como totalmente verde (10).
- 3 Dado que el ácido sulfúrico es una sustancia dañina y el peryodato de potasio también tiene su grado de peligrosidad relativamente alto es conveniente calificar al principio 12 como totalmente café (1).
- 4 Debido a que la sustancias ya están diluidas se evalúa al principio 12 como ligero acercamiento verde (6).
- 5 El ácido sulfúrico es una sustancia dañina, por lo que es conveniente calificar al principio 12 como totalmente café (1).
- 6 Para el calentamiento se utiliza gas licuado comercial por lo que se califica como totalmente café (1) al principio 6. En cuanto al yoduro de potasio, por ser una sustancia poco peligrosa es conveniente calificar al principio 12 como gran acercamiento verde (9).
- 7 El tiosulfato de sodio es una sustancia con poca peligrosidad para la salud, y el almidón no presenta ninguna peligrosidad, se puede calificar al principio 12 como gran acercamiento verde (9).

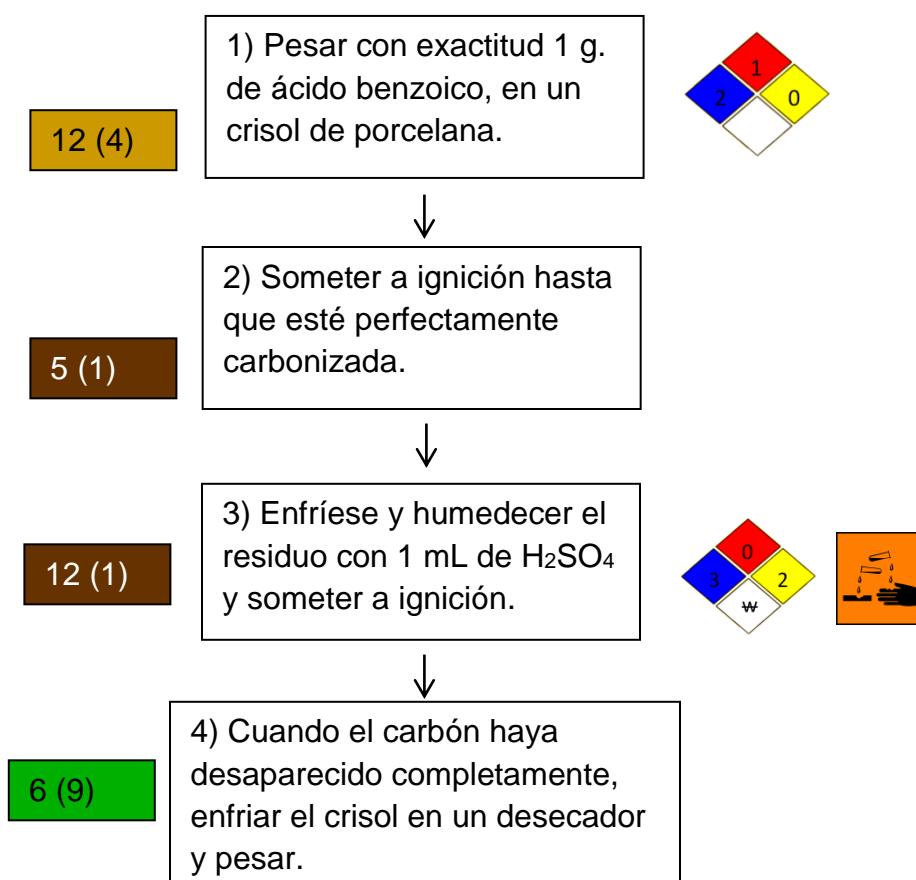


**Figura N° 17 Diagrama ecológico de la Identificación de Ácido Benzoico.**

### **Evaluación de la Identificación de Ácido Benzoico.**

- 1 Se está utilizando agua para disolver, por eso es conveniente calificar al principio 5 como totalmente verde (10).
- 2 Debido a que el hidróxido de sodio es irritante y presenta un nivel muy peligroso para la salud, es necesario calificar al principio 3 como ligero acercamiento verde (6).

- 3 Debido a que el cloruro férrico es una sustancia corrosiva y de mucho peligro para la salud es conveniente calificar al principio 5 como muy café (2).
- 4 Se está utilizando agua para disolver, entonces es conveniente calificar al principio 5 como totalmente verde (10).
- 5 El permanganato de potasio es una sustancia comburente, nociva y dañina para el medio ambiente, se califica como totalmente café (1) respecto al principio 12.



**Figura N° 18 Diagrama ecológico de la Identificación de Impurezas del Ácido Benzoico.**

### Evaluación de la identificación de impurezas de ácido benzoico.

- 1 El ácido benzoico es una sustancia peligrosa según el rombo de seguridad, por esto es conveniente calificar al principio 12 como ligeramente café (4).
- 2 Para este paso se utiliza gas licuado comercial por eso es conveniente calificar al principio 5 como totalmente café (1).
- 3 Debido a que el ácido sulfúrico es una sustancia dañina es conveniente calificar al principio 12 como totalmente café (1).
- 4 El enfriamiento se lleva a cabo a temperatura ambiente en el desecador, de modo que se puede evaluar el principio 6 como gran acercamiento verde (9).

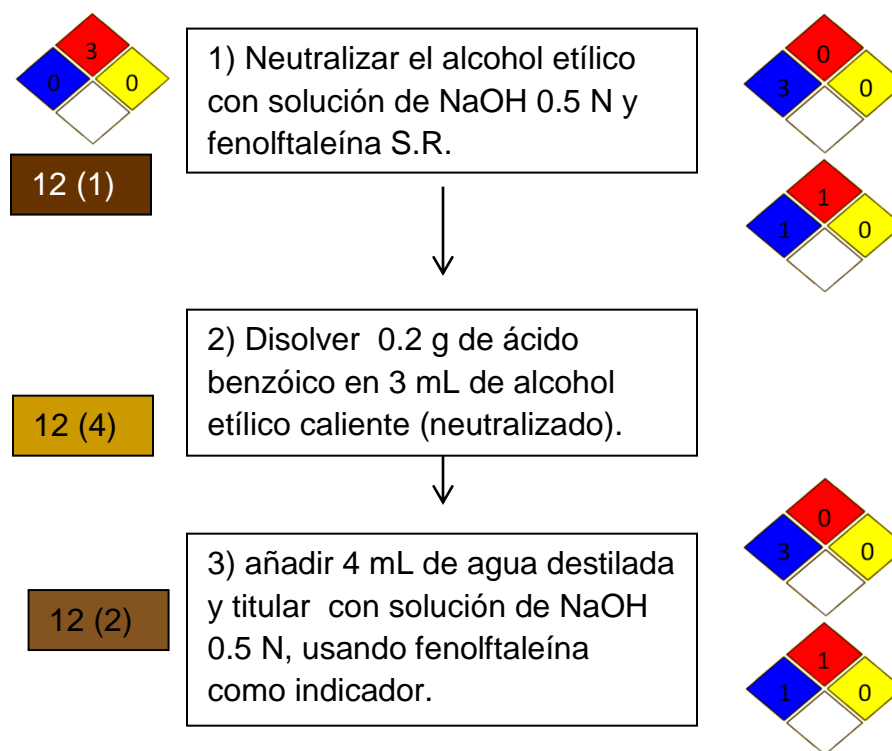


Figura N° 19 Diagrama ecológico de la Valoración de Ácido Benzoico.

Evaluación de la Valoración (titulación) de Ácido Benzoico.

- 1 El alcohol etílico se inflama debajo de 37°C y el hidróxido de sodio es muy peligroso para la salud, entonces es conveniente calificar al principio 12 como totalmente café (1).
- 2 El ácido benzoico es una sustancia peligrosa según el rombo de seguridad, es conveniente calificar al principio 12 como ligeramente café (4).
- 3 El hidróxido de sodio es muy peligroso para la salud y la fenolftaleína que es poco peligrosa, por eso es conveniente calificar al principio 12 como muy café (2).

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{51}{12} = 4.25$$



**Ligeramente café.**

Cuadro N° 21 Cumplimiento de los 12 principios de la química verde de la identificación, impurezas y valoración de ácido benzoico.

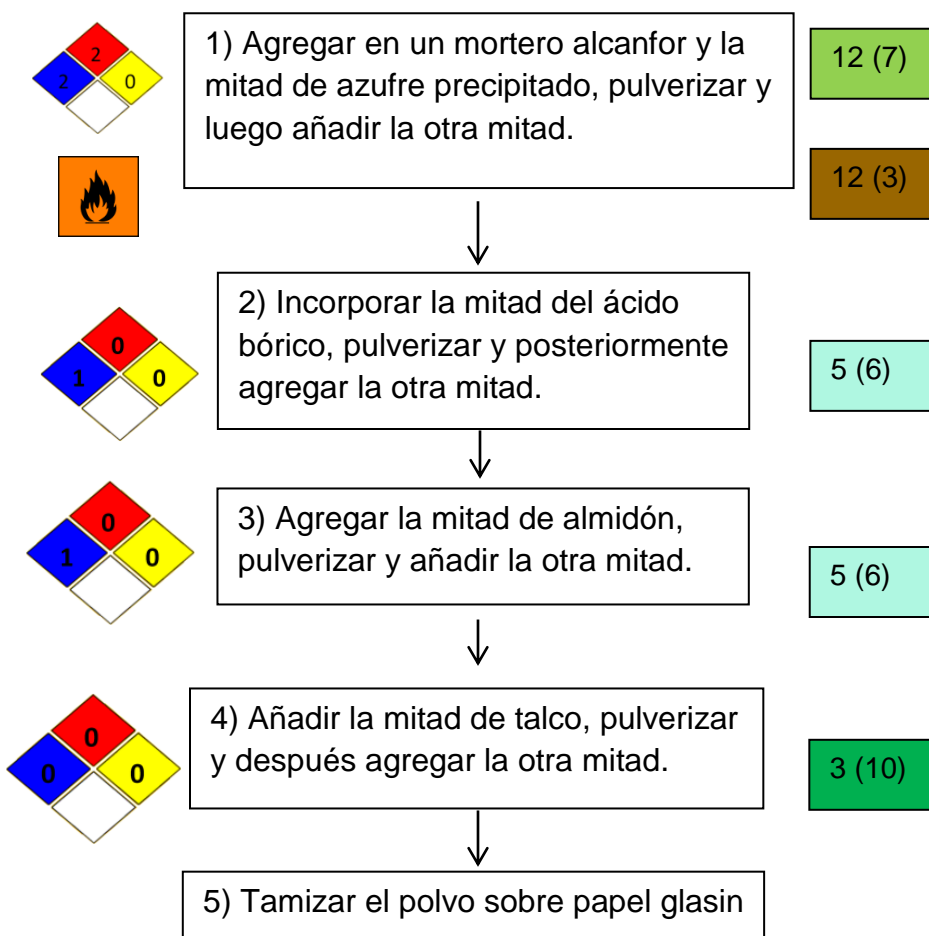
Principio	Evaluación
1. Prevenir y/o minimizar residuos	NA
2. Economía atómica	NA
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	Cumple
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	NA
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	Cumple

Cuadro N° 21 (continuación)

6. Disminuir el consumo energético	Cumple
7. Utilizar materias primas renovables	No cumple
8. Evitar derivados innecesarios	NA
9. Preferir la catálisis	No cumple
10. Generar productos biodegradables	No cumple
11. Analizar los procesos en tiempo real	NA
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	Cumple

#### 5.0.4.2 DIAGRAMAS ECOLÓGICOS DE FARMACOTECNIA

##### Diagrama ecológico de la Elaboracion de Polvo Antiséptico







6) Mezclar en una bolsa plástica, en forma de 8

Figura N° 20 Diagrama ecológico de la Elaboracion de Polvo Antiseptico

### Diagrama ecológico de la Elaboración de Solución Analgésica.

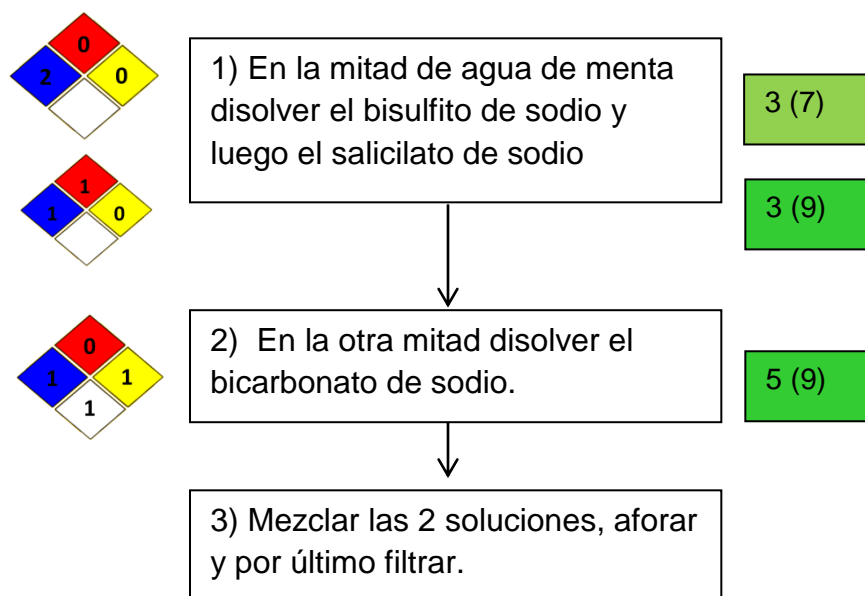


Figura N° 21 Diagrama ecológico de la Elaboración de Solución Analgésica.

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{57}{8} = 7.12$$



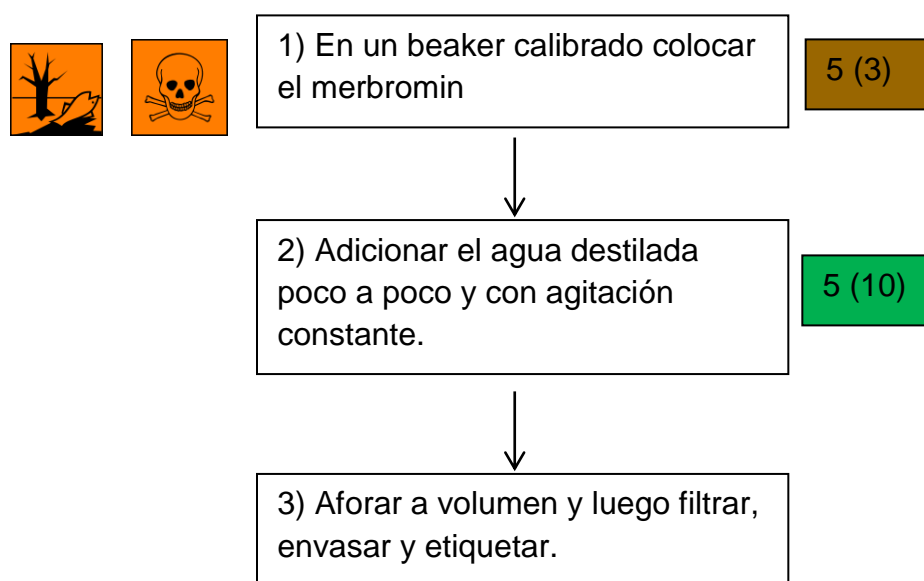
Buen acercamiento verde.

### **Evaluación de la Elaboración de Polvo Antiséptico.**

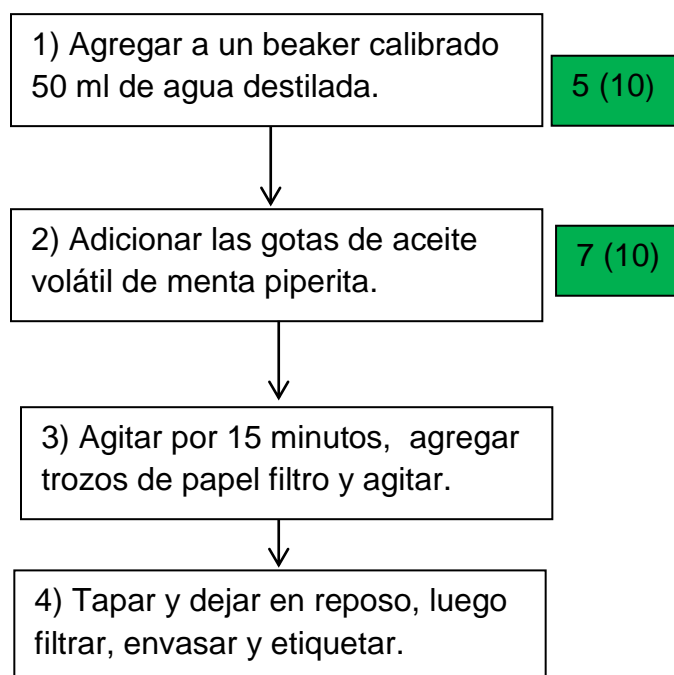
- 1 El alcanfor está en el nivel 2 de peligrosidad y además se inflama por debajo de 93°C (66°C), entonces es conveniente calificar el principio 12 con buen acercamiento verde (7). Y el azufre precipitado es inflamable, se califica el principio 12 como medianamente café (3).
- 2 El ácido bórico es una sustancia poco peligrosa para la salud, por eso es conveniente calificar el principio 5 como ligero acercamiento verde (6).
- 3 El almidón es una sustancia con baja peligrosidad referente a la salud, es adecuado calificar el principio 5 como ligero acercamiento verde (5).
- 4 Debido a que el talco no presenta ninguna peligrosidad, respecto a salud es adecuado calificar el principio 3 como totalmente verde (10).

### **Evaluación de la Elaboración de Solución Analgésica.**

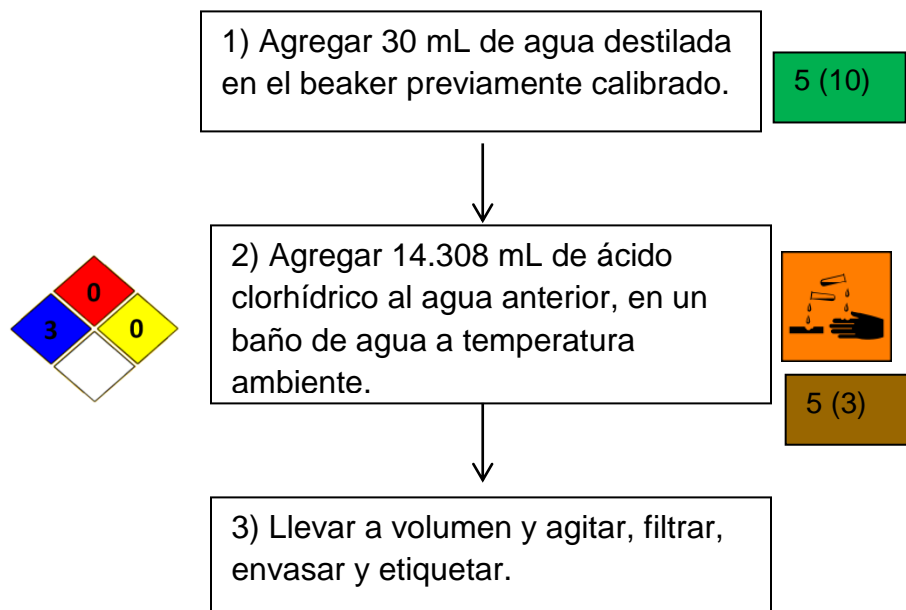
- 1 El bisulfito de sodio presenta cierta peligrosidad para la salud, es por eso que se califica el principio 3 como buen acercamiento verde (7), y el salicilato de sodio es menos peligroso por eso se califica al principio 3 como gran acercamiento verde (9).
- 2 El bicarbonato de sodio es una sustancia con poco peligro que puede calificarse el principio 5 como gran acercamiento verde (9).



**Figura N° 22 Diagrama ecológico de la Elaboración de Solución de Merbromin N.F.**



**Figura N° 23 Diagrama ecológico de la Elaboración de Agua de Menta.**



**Figura N° 24 Diagrama ecológico de la elaboración de Ácido Clorhídrico Diluido U.S.P.**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{46}{6} = 7.66$$



**Muy buen acercamiento verde.**

### Evaluación de la Elaboración de Solución De Merbromin.

- 1 El merbromin por ser una sustancia toxica y peligrosa para el medio ambiente, se califica como medianamente café (3) respecto al principio 5.

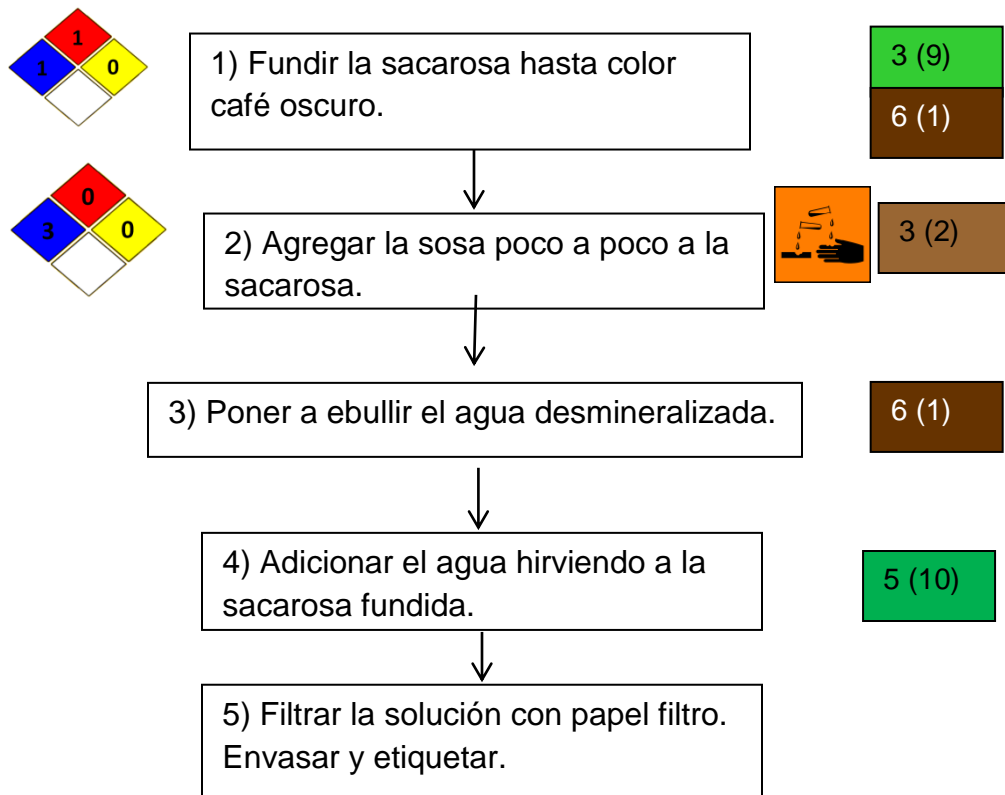
- 2 Se está utilizando agua en este paso, por eso es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).

#### **Evaluación de la Elaboración de Agua de Menta.**

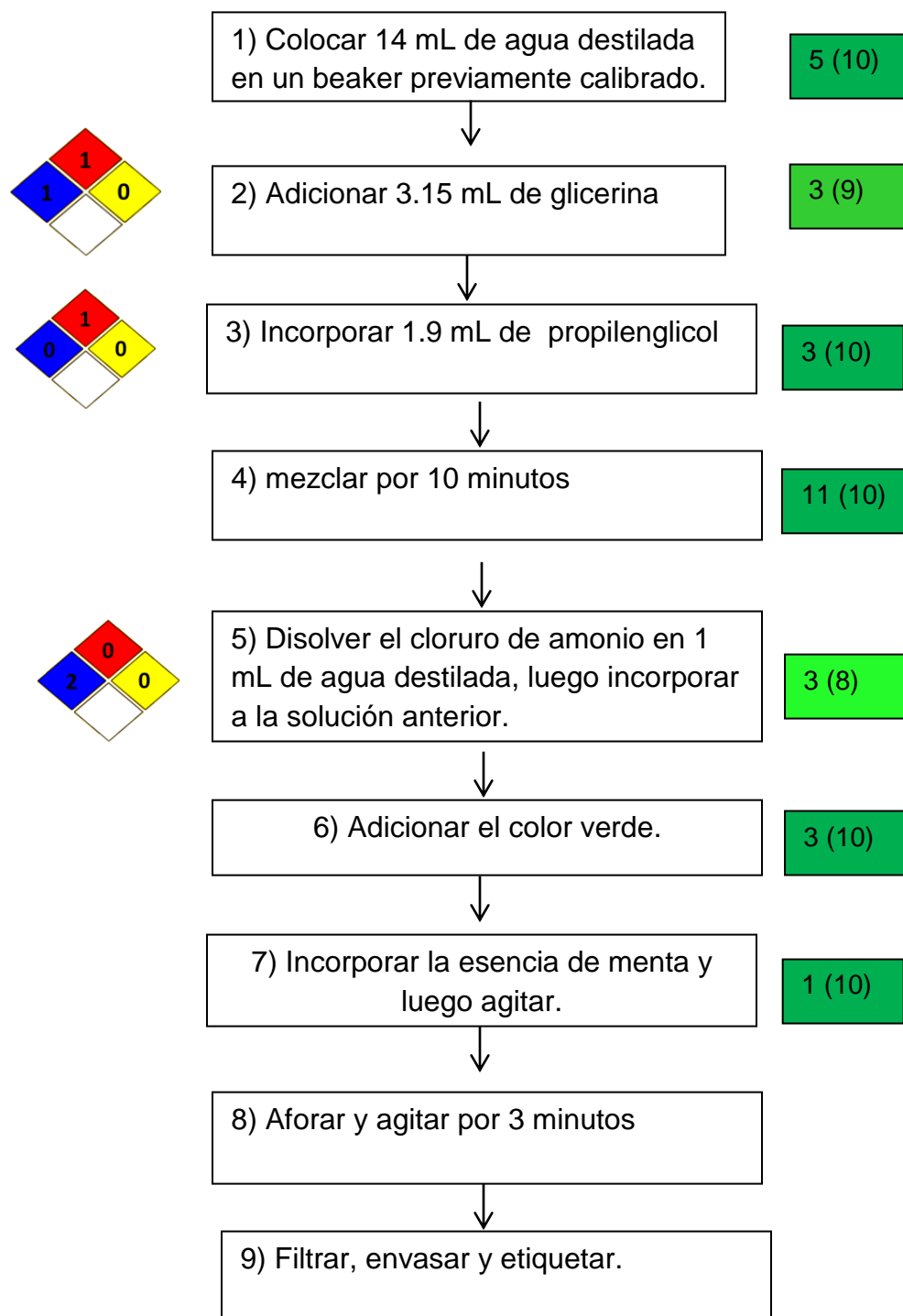
- 1 Se está utilizando agua en este paso, entonces es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 2 Debido a que la menta piperita es de origen natural, es adecuado calificar el principio 7 como totalmente verde (10).

#### **Evaluación de la Elaboración de Ácido Clorhídrico Diluido U.S.P.**

- 1 Se está utilizando agua en este paso, por eso es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 2 Por ser el ácido clorhídrico una sustancia corrosiva y además muy peligrosa para la salud, es adecuado calificar como medianamente café (3) respecto al principio 5.



**Figura N° 25 Diagrama ecológico de la Elaboración de Caramelina (azúcar quemada).**



**Figura N° 26 Diagrama ecológico de la Elaboración de Jarabe Expectorante**

## Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{90}{13} = 6.92$$



**Buen acercamiento verde.**

### Evaluación de la Elaboración de Caramelina

- 1 La sacarosa no es una sustancia tan peligrosa para la salud, también la ingerimos en los alimentos, entonces es conveniente calificar el principio 3 como gran acercamiento verde (9). Sin embargo para fundir se utiliza gas licuado comercial, por lo que el acercamiento al principio 6 se considera totalmente café (1).
- 2 La sosa sí es una sustancia muy peligrosa, además es corrosiva por lo cual es conveniente calificar al principio 3 como muy café (2).
- 3 En este paso se utiliza gas licuado comercial para poner a ebullición el agua, por lo que el acercamiento al principio 6 se considera totalmente café (1).
- 4 Ya sabemos que el agua es solvente verde por excelencia, por lo que se califica como totalmente verde (10) el principio 5 en este paso.

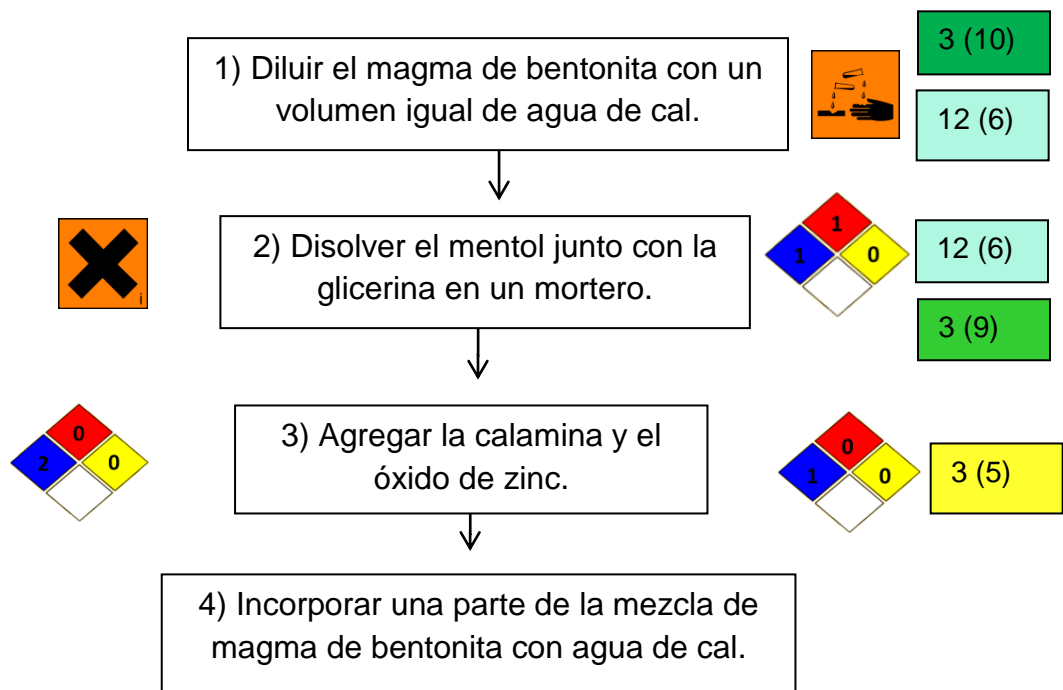
### Evaluación de la Elaboración de Jarabe Expectorante

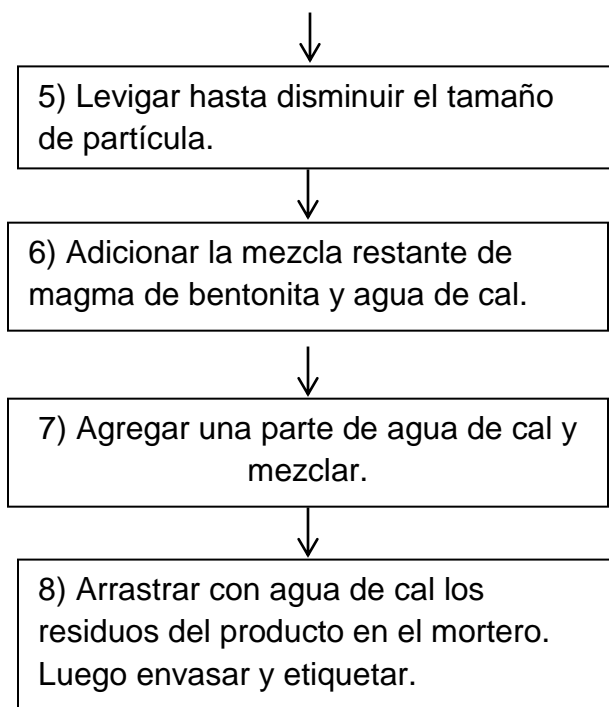
- 1 Se está utilizando agua en este paso, por eso es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 2 La glicerina no tiene alto grado de peligrosidad, se califica el principio 3



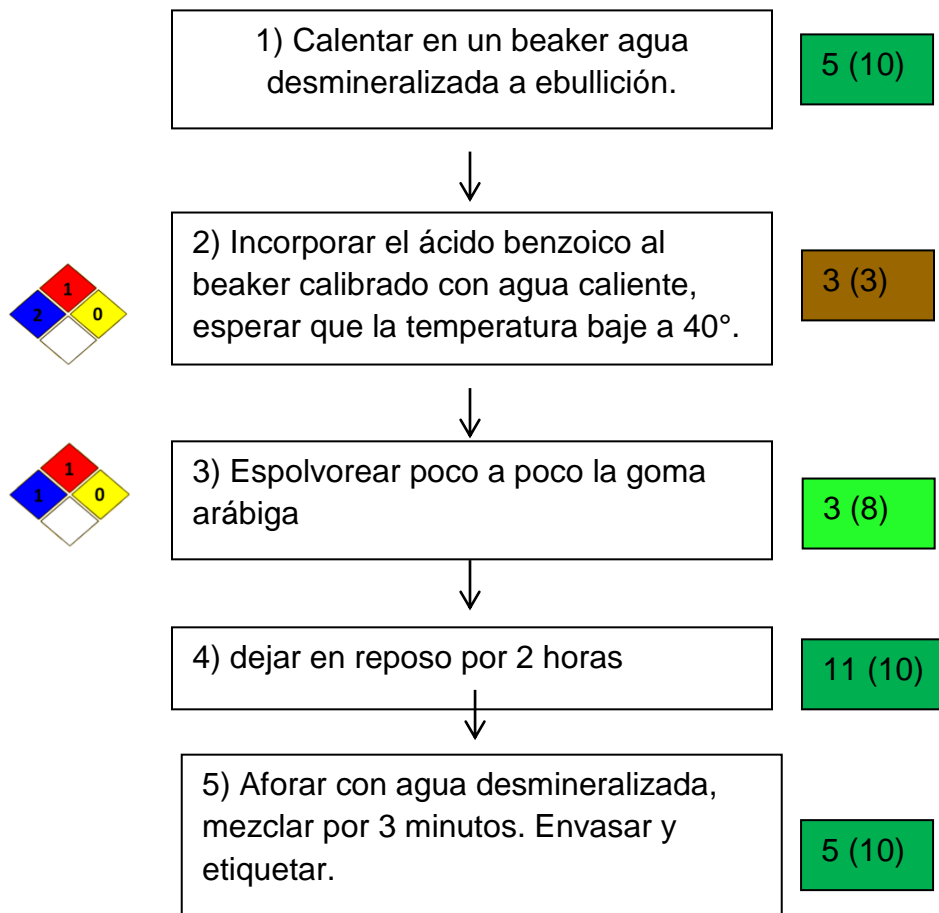
- como gran acercamiento verde (9).
- 3 El propilenglicol no presenta ningún peligro para la salud, por eso es conveniente calificar el principio 3 como totalmente verde (10).
  - 4 Es este paso se lleva el tiempo de mezclado, así que se califica como totalmente verde (10) el principio 11.
  - 5 El cloruro de amonio presenta cierto grado de peligrosidad, entonces es adecuado evaluar el principio 3 como muy buen acercamiento verde (8).
  - 6 Considerando que el color verde es inocuo se califica el principio 3 como totalmente verde (10).
  - 7 La esencia de menta por ser un producto natural, se puede decir que no genera ningún tipo de residuo, por lo que es conveniente calificar el principio 1 como totalmente verde (10).

### Diagrama ecológico de la Elaboración de Calamina Mentolada





**Figura N° 27 Diagrama ecológico de la Elaboración de Calamina Mentolada**



**Figura N° 28 Diagrama ecológico de la Elaboración de Mucílago de Goma Arábica**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{77}{10} = 7.70$$



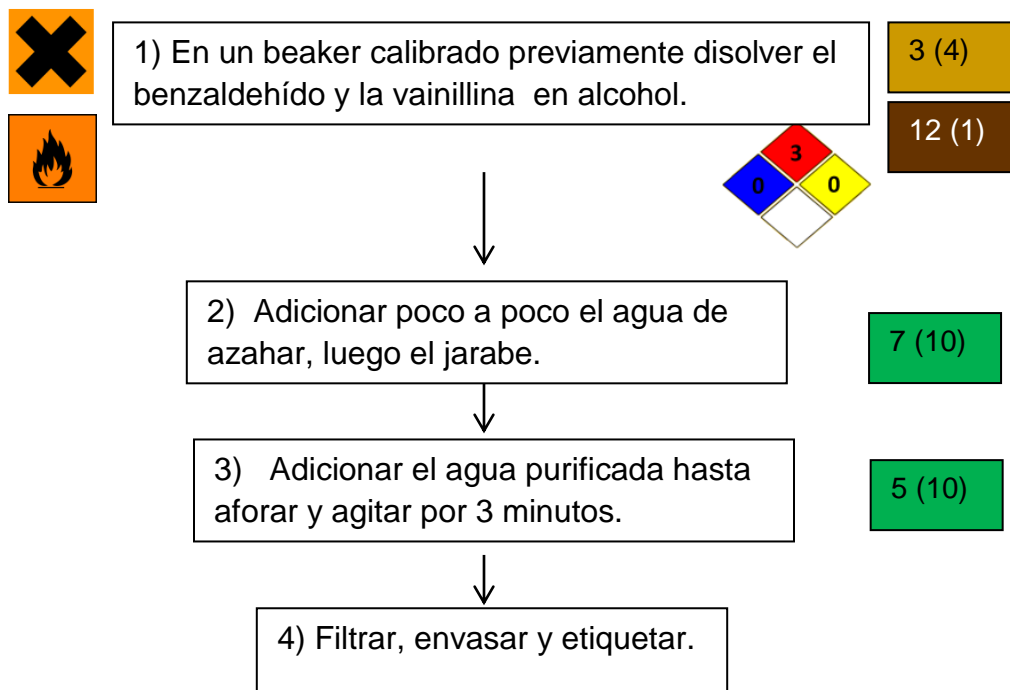
**Muy buen acercamiento verde.**

### **Evaluación de la Elaboración de Loción de Calamina Mentolada**

- 1 El magma de bentonita no es una sustancia peligrosa, se califica el principio 3 como totalmente verde (10). Sin embargo el agua de cal por ser irritante, puede producir lesiones oculares graves, por eso se califica como ligero acercamiento verde (6) el principio 12.
- 2 El mentol también puede ser irritante, por eso es adecuado calificar el principio 12 como ligero acercamiento verde (6). Y la glicerina por presentar el nivel de peligrosidad 1 respecto a salud se califica como gran acercamiento verde (9) en relación al principio 3.
- 3 La calamina y el óxido de zinc son sustancias que presentan peligrosidad para la salud, por lo cual es conveniente calificar el principio 3 como transición café a verde (5).

### **Evaluación de la Elaboración de Mucílago de Goma Arábica**

- 1 Por utilizar agua en este paso se califica como totalmente verde (10) el principio 5.
- 2 El ácido benzoico es una sustancia peligrosa para la salud, entonces es conveniente calificar el principio 3 como medianamente café (3).
- 3 La goma arábica es poco peligrosa para la salud, por eso es adecuado calificar el principio 3 como muy buen hacer amiento verde (8).
- 4 Se controla el tiempo real durante el cual se realiza la práctica de laboratorio, por eso se califica el principio 11 como totalmente verde (10).
- 5 Nuevamente se utiliza agua, por eso se requiere calificar el principio 5 como totalmente verde (10).



**Figura N° 29 Diagrama ecológico de la Elaboración de Elixir de Benzaldehído Compuesto N.F.**

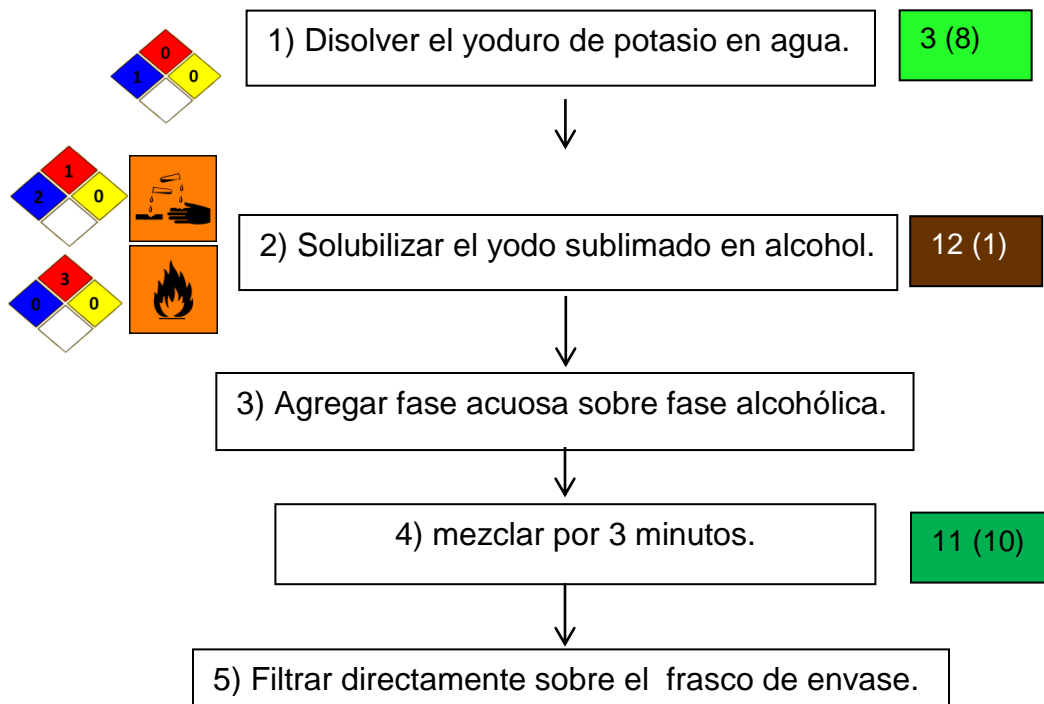


Figura N° 30 Diagrama ecológico de la Elaboración de Tintura de Yodo

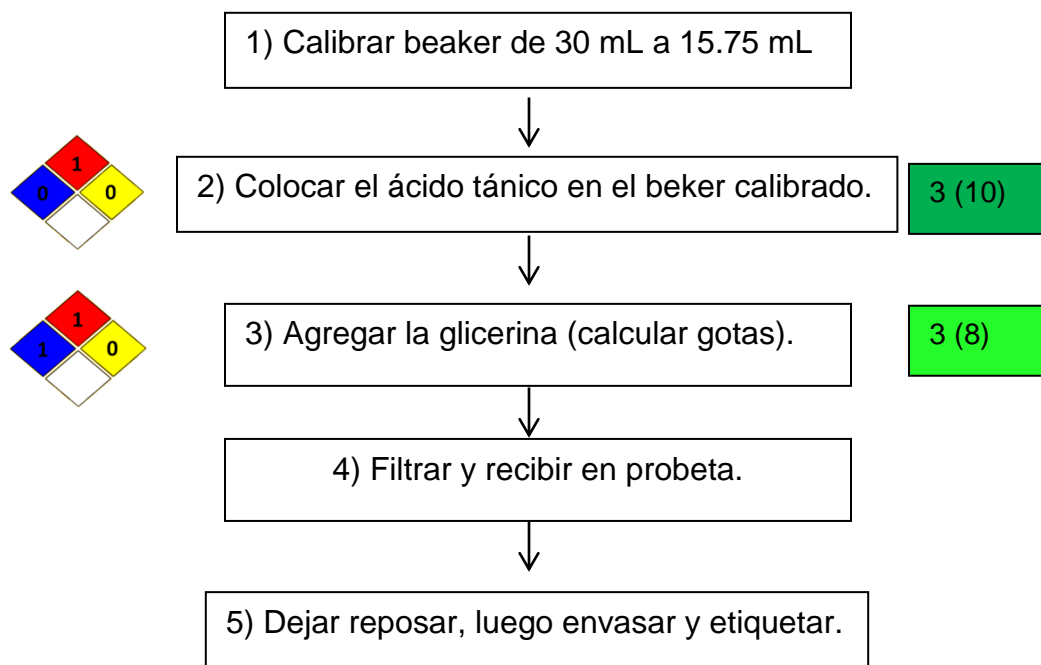


Figura N° 31 Diagrama ecológico de la elaboración de Colutorio de Ácido Tánico

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{62}{9} = 6.88$$



**Buen acercamiento verde.**

### Evaluación de la Elaboración de Elixir de Benzaldehído Compuesto N.F.

- 1 Por ser una sustancia nociva el benzaldehído, se califica el principio 3 como ligeramente café (4). El alcohol por ser inflamable es adecuado calificar el principio 12 como totalmente café (1).
- 2 El agua de azahar es una sustancia natural de la flores de *citrus aurantium* por eso se califica el principio 7 como totalmente verde (10) porque se considera que es renovable.
- 3 Al utilizar agua en este paso, es adecuado calificar el principio 5 como totalmente verde (10).

### Evaluación de la Elaboración de Tintura de Yodo.

- 1 El yoduro de potasio es una sustancia poco peligrosa para la salud, es por eso que es adecuado calificar el principio 3 como muy buen acercamiento verde (8).
- 2 El yodo sublimado es corrosivo y peligroso para la salud, se califica como ligeramente café (4) el principio 3. Y el etanol por ser muy inflamable se califica como totalmente café (1) el principio 12.

- 4 En este paso se controla el tiempo real de la práctica de laboratorio, es conveniente calificar el principio 11 como totalmente verde (10).

### Evaluación de la Elaboración de Colutorio de Ácido Tánico.

- 2 El ácido tánico no es una sustancia peligrosa respecto a la salud, se considera al principio 3 como totalmente verde (10).
- 3 La glicerina por estar en el nivel 1 de peligrosidad a la salud, es conveniente calificar el principio 3 como muy buen acercamiento verde (8).

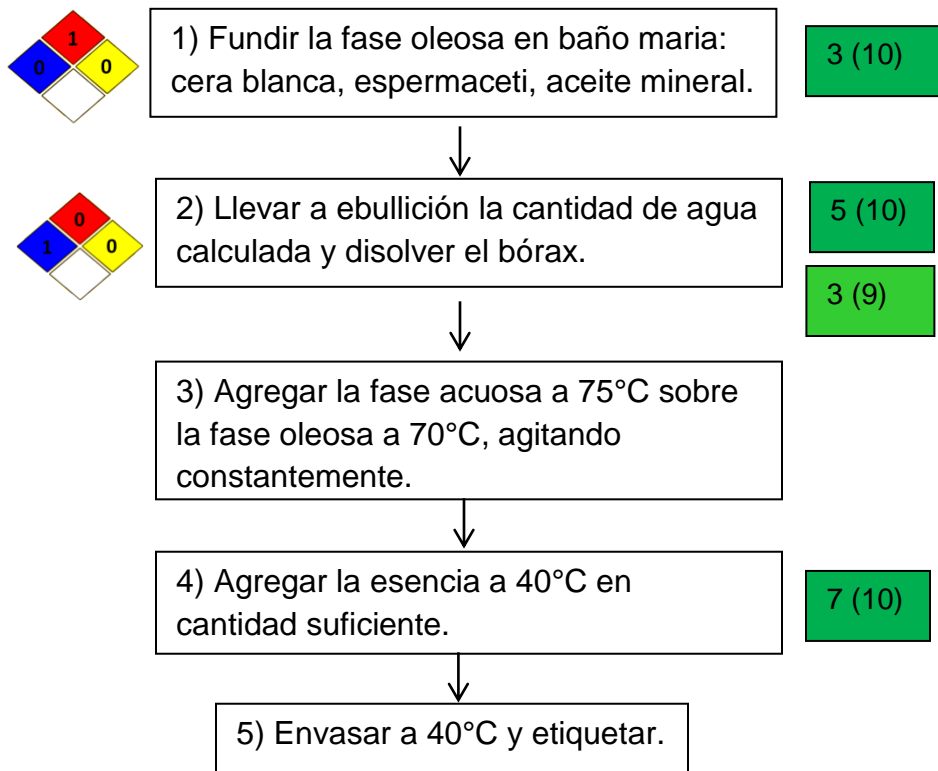


Figura N° 32 Diagrama ecológico de la Elaboración de Cerato de Galeno U.S.P



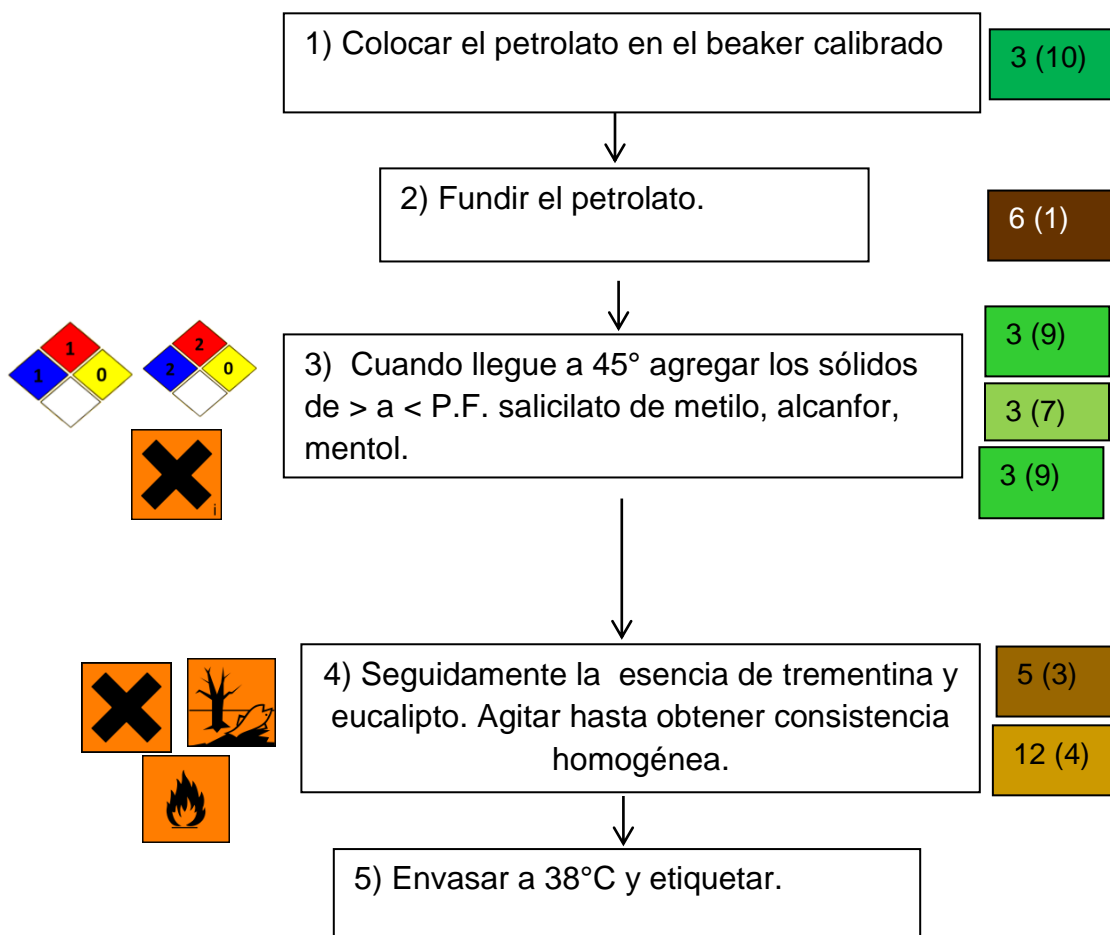


Figura N° 33 Diagrama ecológico de la Elaboración de Mentol Rub

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{82}{11} = 7.45$$



Buen acercamiento verde.

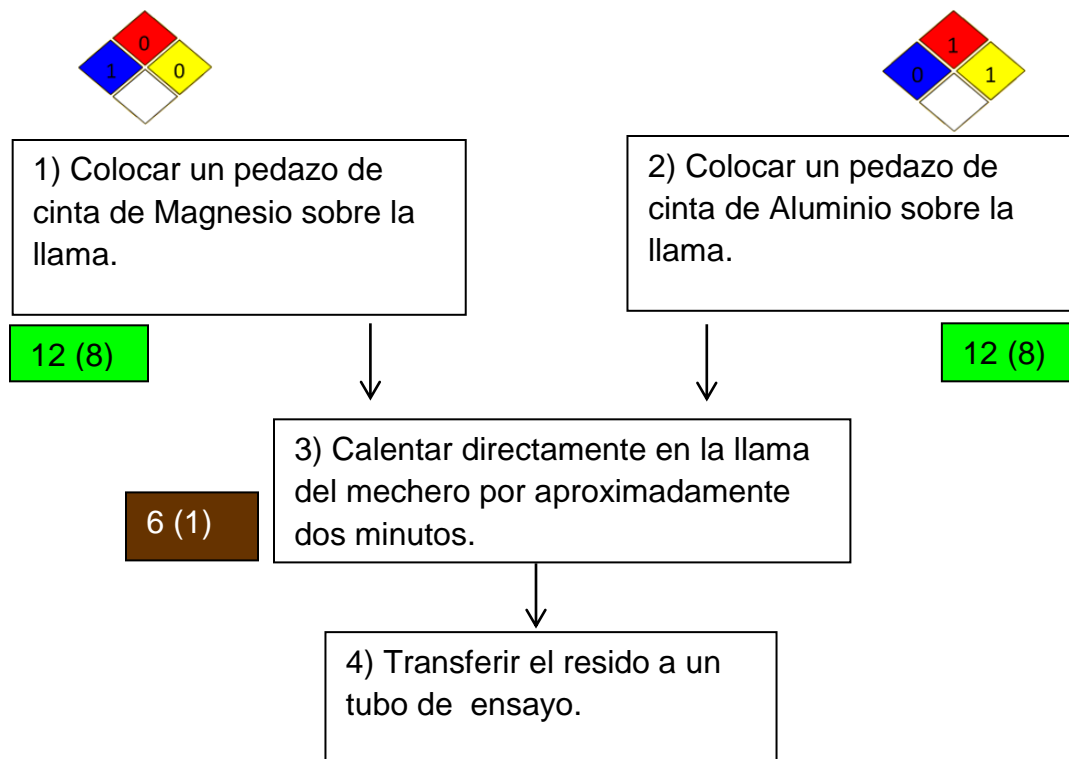
### **Evaluación de la Elaboración de Cerato de Galeno U.S.P.**

- 1 La cera blanca, espermaceti y aceite mineral no son sustancias peligrosas, se considera que este paso es totalmente verde (10) respecto al principio 3.
- 2 Se utiliza agua en este paso, por lo que es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10). Pero el bórax es una sustancia poco peligrosa para la salud se considera al principio 3 como gran acercamiento verde (9).
- 4 Se considera que la esencia es de origen natural, por lo que se califica el principio 7 como totalmente verde (10).

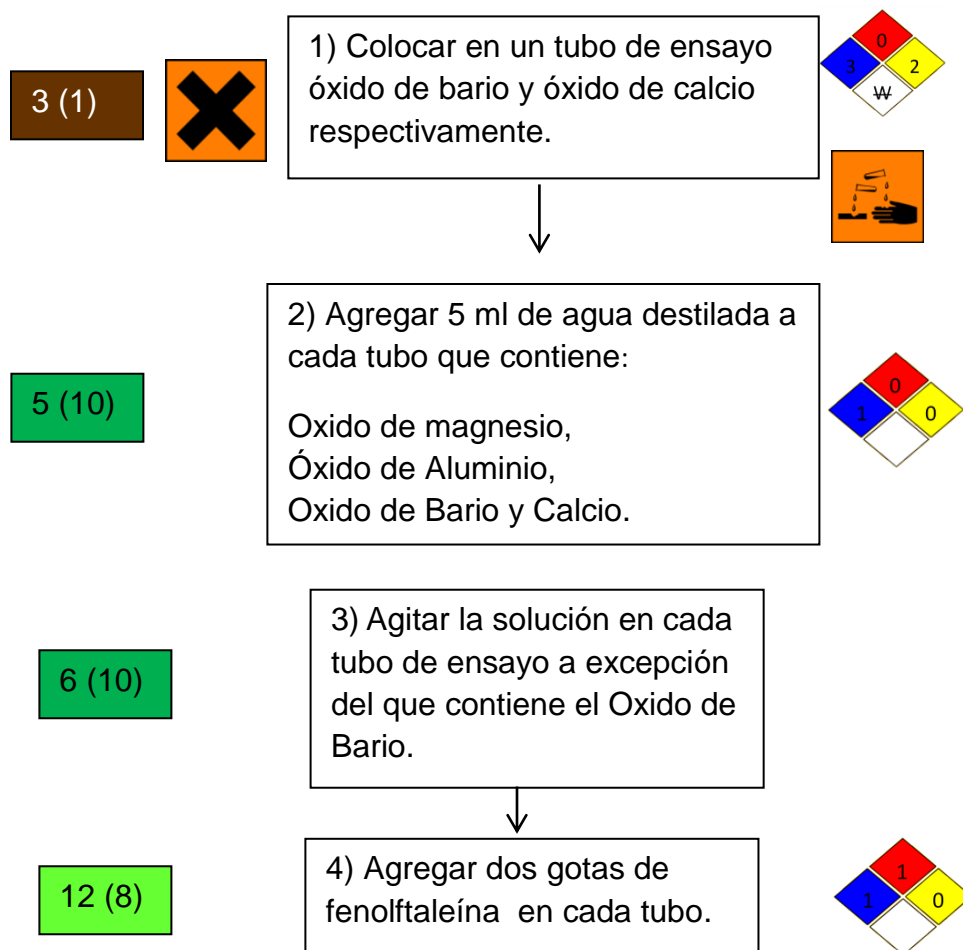
### **Evaluación de la Elaboración de Mentol Rub**

- 1 El petrolato no es una sustancia peligrosa, por eso es conveniente calificar el principio 3 como totalmente verde (10).
- 2 Para fundir el petrolato se utiliza gas propano comercial, por lo cual se califica como totalmente café (1) el principio 6.
- 3 El salicilato de metilo es una sustancia poco peligrosa para la salud es adecuado calificar el principio 3 como gran acercamiento verde (9). En cuanto al alcanfor, se califica como buen acercamiento verde (7). Y el mentol solo es irritante cuando es inhalado en exceso, por eso se le califica como gran acercamiento verde (9).
- 4 La esencia de trementina se califica como medianamente café (3) en relación al principio 5 ya que es nocivo y peligroso para el ser humano y la naturaleza. La esencia de eucalipto es inflamable, es por esto que se considera el principio 12 como ligeramente café (4).

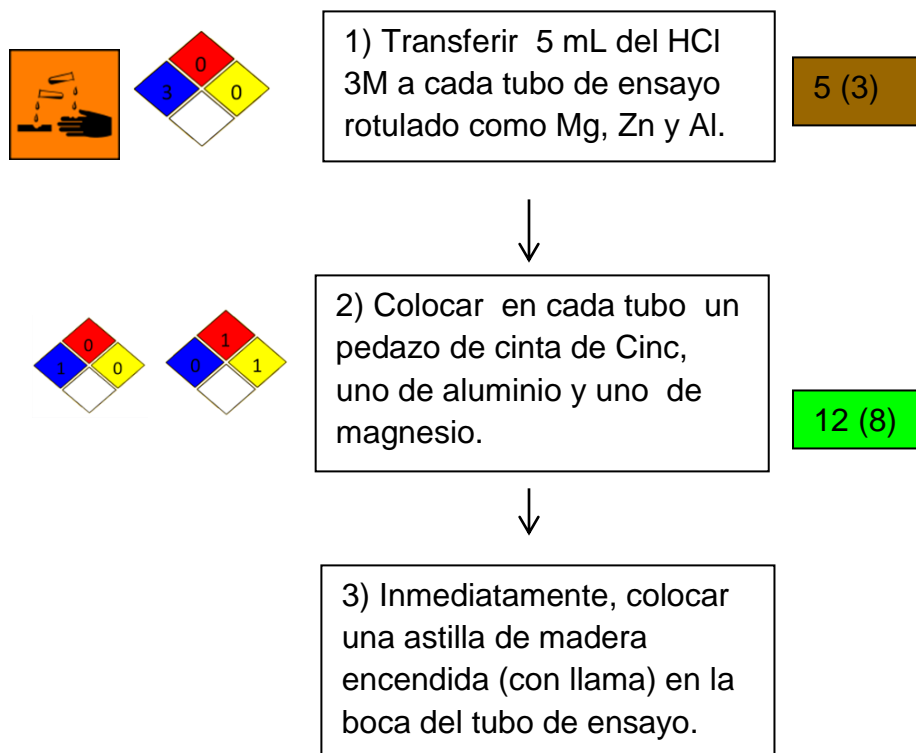
### 5.0.4.3 DIAGRAMAS ECOLÓGICOS DE QUIMICA GENERAL I



**Figura N° 34 Diagrama ecológico de la práctica Formación de Óxidos Básicos.**



**Figura N° 35 Diagrama ecológico de la práctica Formación de Hidróxidos.**



**Figura N° 36 Diagrama ecológico de la práctica Comprobación del Carácter Metálico.**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{57}{9} = 6.33$$



**Ligero acercamiento verde.**

### **Evaluación de la formación de óxidos básicos**

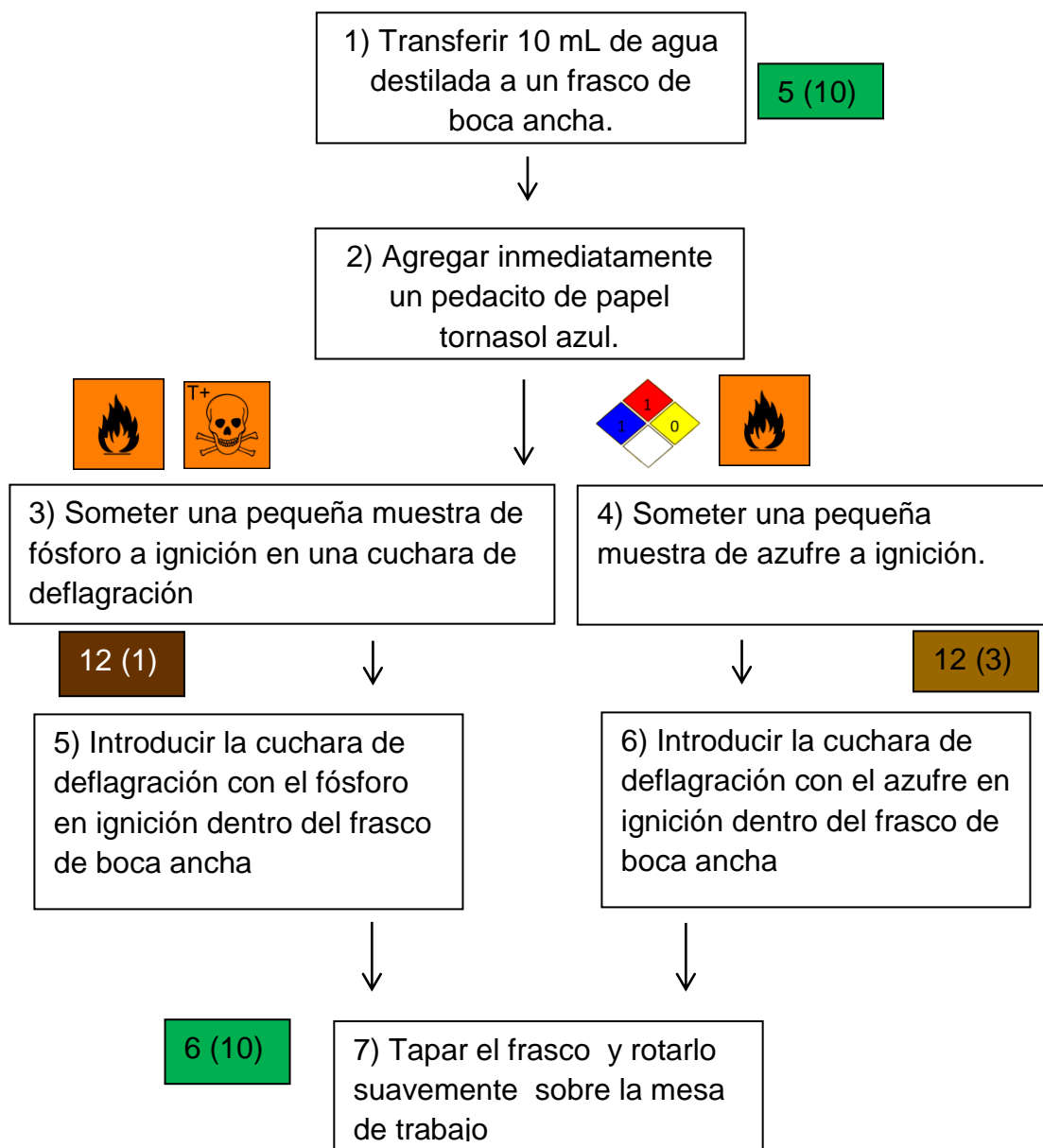
- 1 El magnesio es un elemento estable, poco peligroso para la salud y q no se inflama, por eso es conveniente calificar al principio 12 como muy buen acercamiento verde (8).
- 2 El aluminio es un metal que no presenta riesgo a la salud, pero es inestable en caso de calentamiento, se califica al principio 12 como buen acercamiento verde (7).
- 3 En el calentamiento se utiliza gas licuado comercial, por eso es conveniente calificar al principio 6 como totalmente café (1).

### **Evaluación de la formación de hidróxidos**

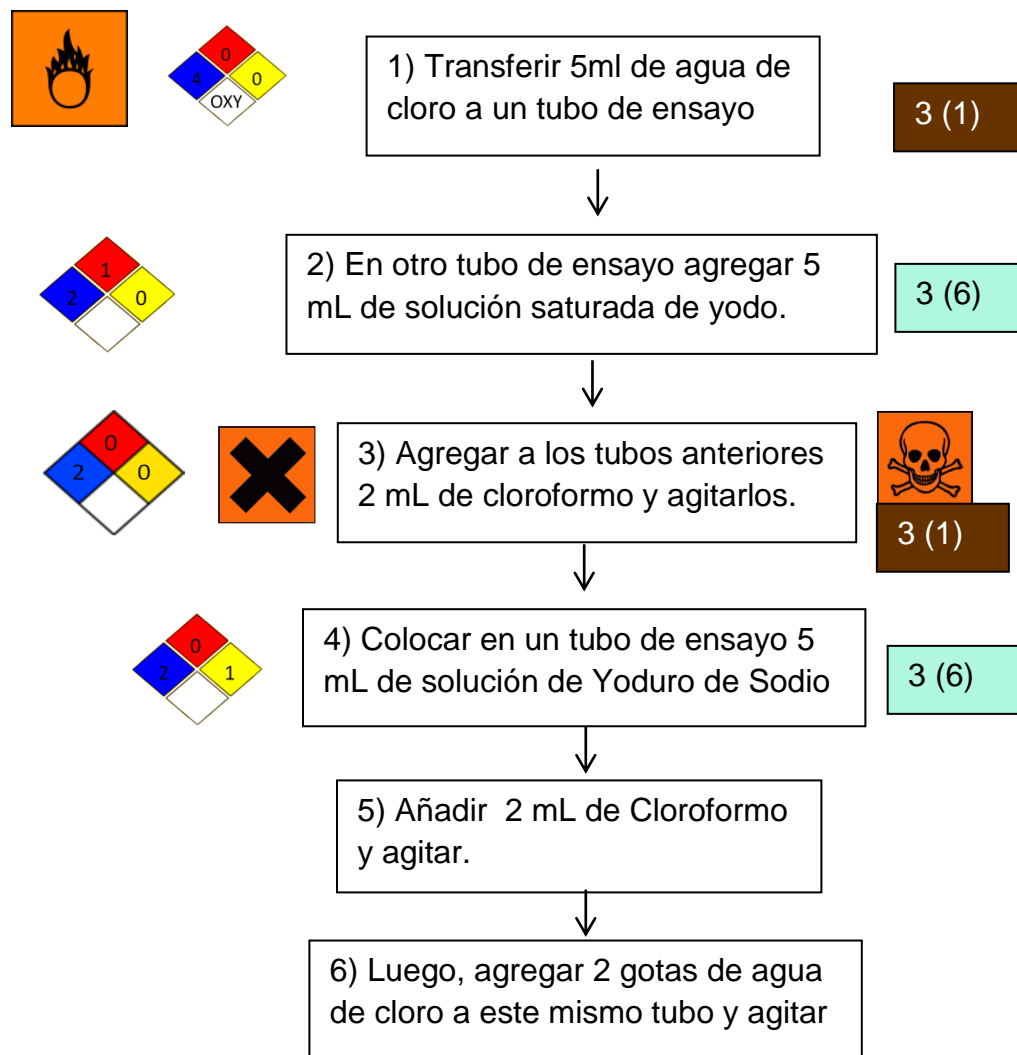
- 1 Al ser el óxido de bario una sustancia nociva y el óxido de calcio muy peligroso para la salud se califica al principio 3 como totalmente café (1)
- 2 Como el agua es el disolvente verde por excelencia, se califica al principio 5 como totalmente verde (10).
- 3 Debido a que es una agitación mecánica se califica al principio 6 como totalmente verde (10).
- 4 La fenoltaleína es una sustancia poco peligrosa y se inflama arriba de 93°C por eso se califica como muy buen acercamiento verde (8) al principio 12.

### **Evaluación de la comprobación del carácter metálico**

- 1 Debido a que el ácido clorhídrico es una sustancia corrosiva, a la vez se considera un ácido muy peligroso, se califica como medianamente café (3) al principio 5.
- 2 El cinc, aluminio y magnesio no son metales peligrosos, es conveniente calificar al principio 12 como muy buen acercamiento verde (8).

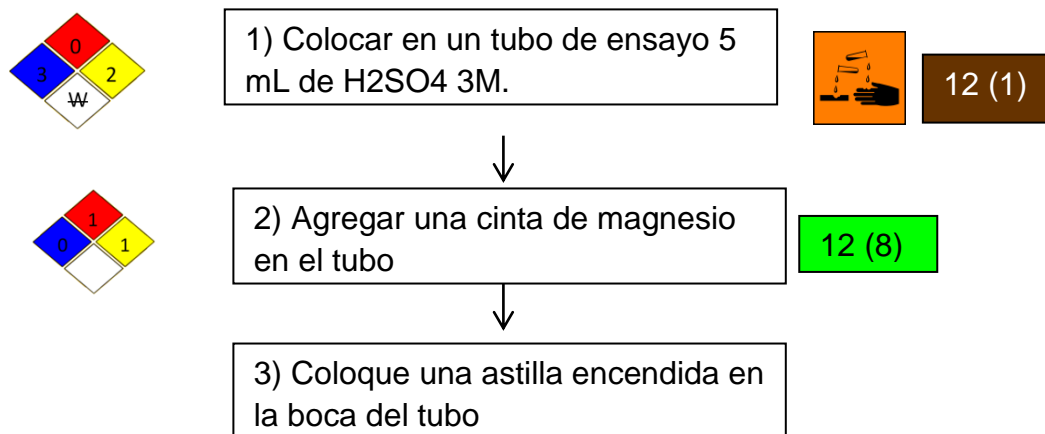


**Figura N° 37 Diagrama ecológico de la Formación de Óxidos Ácidos (o anhídridos) y sus Respective Oxácidos.**



**Figura N° 38 Diagrama ecológico del Efecto del Carácter No Metálico en los Halógenos.**



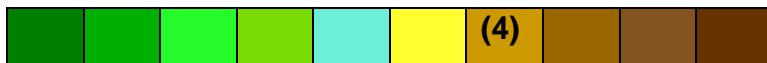


**Figura N° 39 Diagrama ecológico de la Formación de Oxisales.**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{47}{10} = 4.7$$



**Ligeramente café.**

### Evaluación de la formación de óxidos ácidos (o anhídridos) y sus respectivos oxácidos.

- 1 Se está utilizando agua es este paso, por eso es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 3 Debido a que el fósforo es una sustancia inflamable y muy tóxica es conveniente calificar al principio 12 como totalmente café (1).

- 4 El azufre es inflamable, pero sobre los 93° y se considera poco peligroso para la salud, por eso es conveniente calificar al principio 12 como medianamente café (3).
- 7 El método de agitación es mecánico, entonces es conveniente calificar al principio 6 como totalmente verde (10).

#### **Evaluación de efecto del carácter no metálico en los halógenos**

- 1 El cloro es un gas comburente y mortal respecto a la salud de las personas, se califica al principio 3 como totalmente café (1).
- 2 Debido a que el yodo es una sustancia que presenta peligro para la salud, es conveniente calificar al principio 3 como ligero acercamiento verde (6).
- 3 El cloroformo es una sustancia tóxica y nociva, se evalúa el principio 3 como totalmente café (1).
- 4 El yoduro de sodio es una sustancia que presenta peligro para la salud, por eso es conveniente calificar al principio 3 como ligero acercamiento verde (6).

#### **Evaluación de la formación de oxisales**

- 1 El ácido sulfúrico es una sustancia dañina, entonces es necesario calificar al principio 12 como totalmente café (1).
- 2 El magnesio es un elemento estable, poco peligroso para la salud y que no se inflama, por eso es conveniente calificar al principio 12 como muy buen acercamiento verde (8).

## Solubilidad

Utilizando un disolvente polar

Utilizando un disolvente no polar

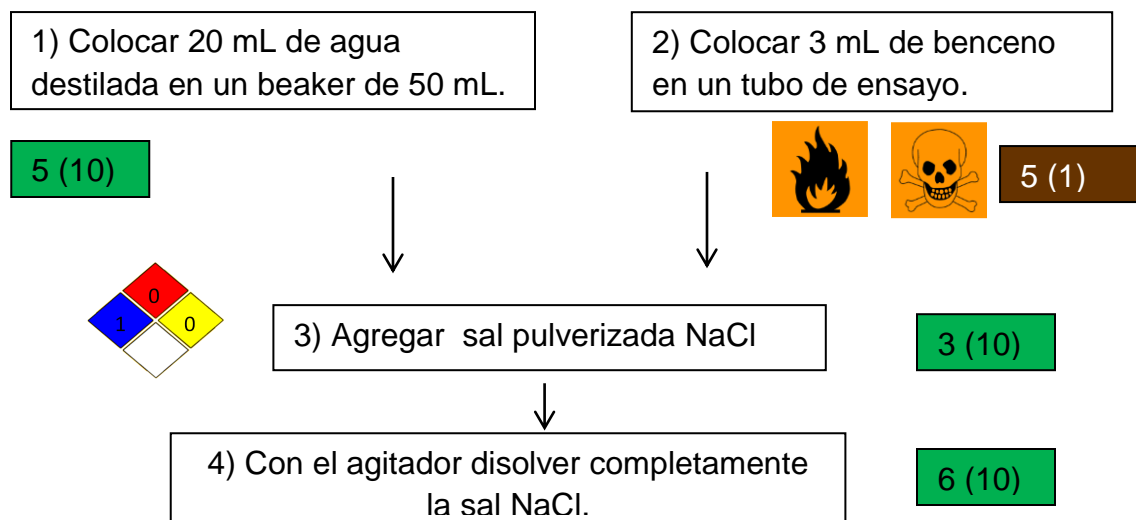


Figura N° 40 Diagrama ecológico de las Propiedades Físicas de Compuestos Iónicos.

## Solubilidad

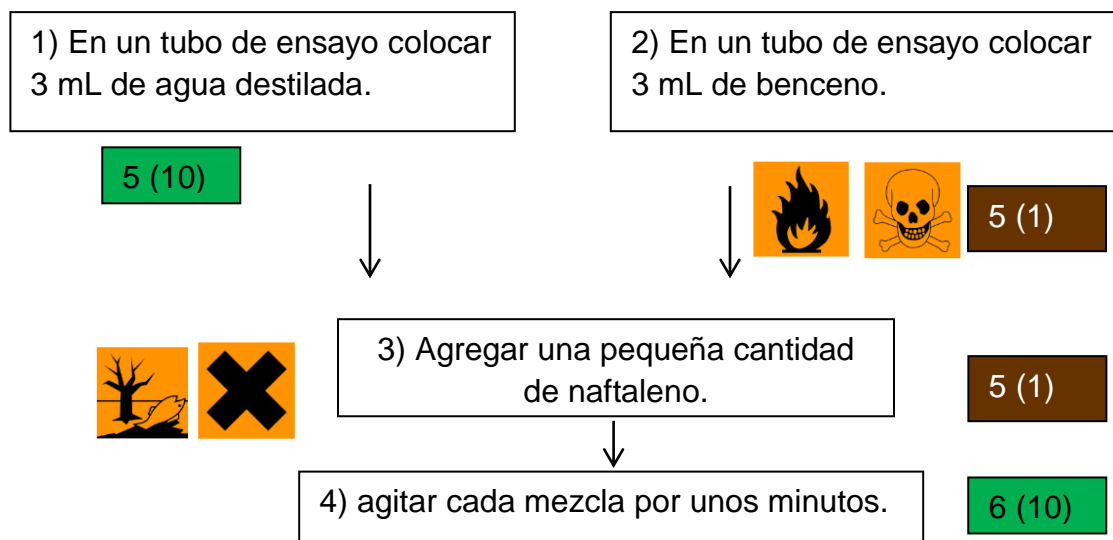
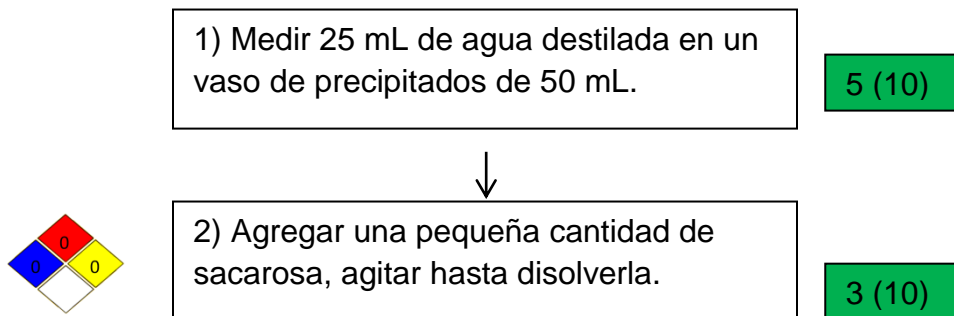
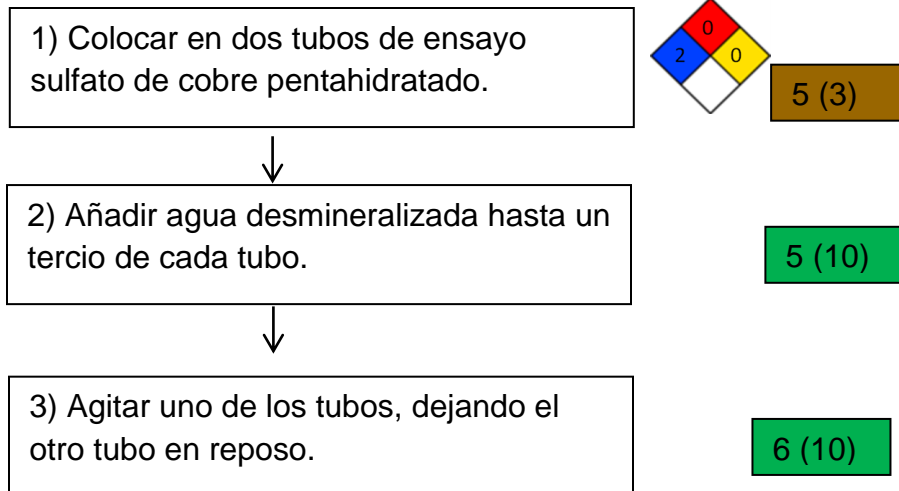


Figura N° 41 Diagrama ecológico de las Propiedades de Compuestos Moleculares.



**Figura N° 42 Diagrama ecológico de la Solubilidad de un Compuesto Molecular en un Disolvente Polar.**

### Agitación



**Figura N° 43 Diagrama ecológico de los Factores que Afectan la Velocidad de Disolución.**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{96}{13} = 7.38$$



**Buen acercamiento verde.**

### **Evaluación de las Propiedades Físicas de Compuestos Iónicos.**

- 1 Debido a que se está utilizando agua, este paso es conveniente calificarlo como totalmente verde (10) respecto al principio 5.
- 2 El benceno es un compuesto inflamable y muy tóxico, entonces se evalúa como totalmente café (1), en relación al principio 5.
- 3 El cloruro de sodio no presenta ningún peligro de toxicidad para las personas, por eso se califica como totalmente verde (10) respecto al principio 3.
- 4 La agitación es mecánica, por eso es conveniente calificar el principio 6 como totalmente verde (10).

### **Evaluación de las Propiedades de Compuestos Moleculares (solubilidad).**

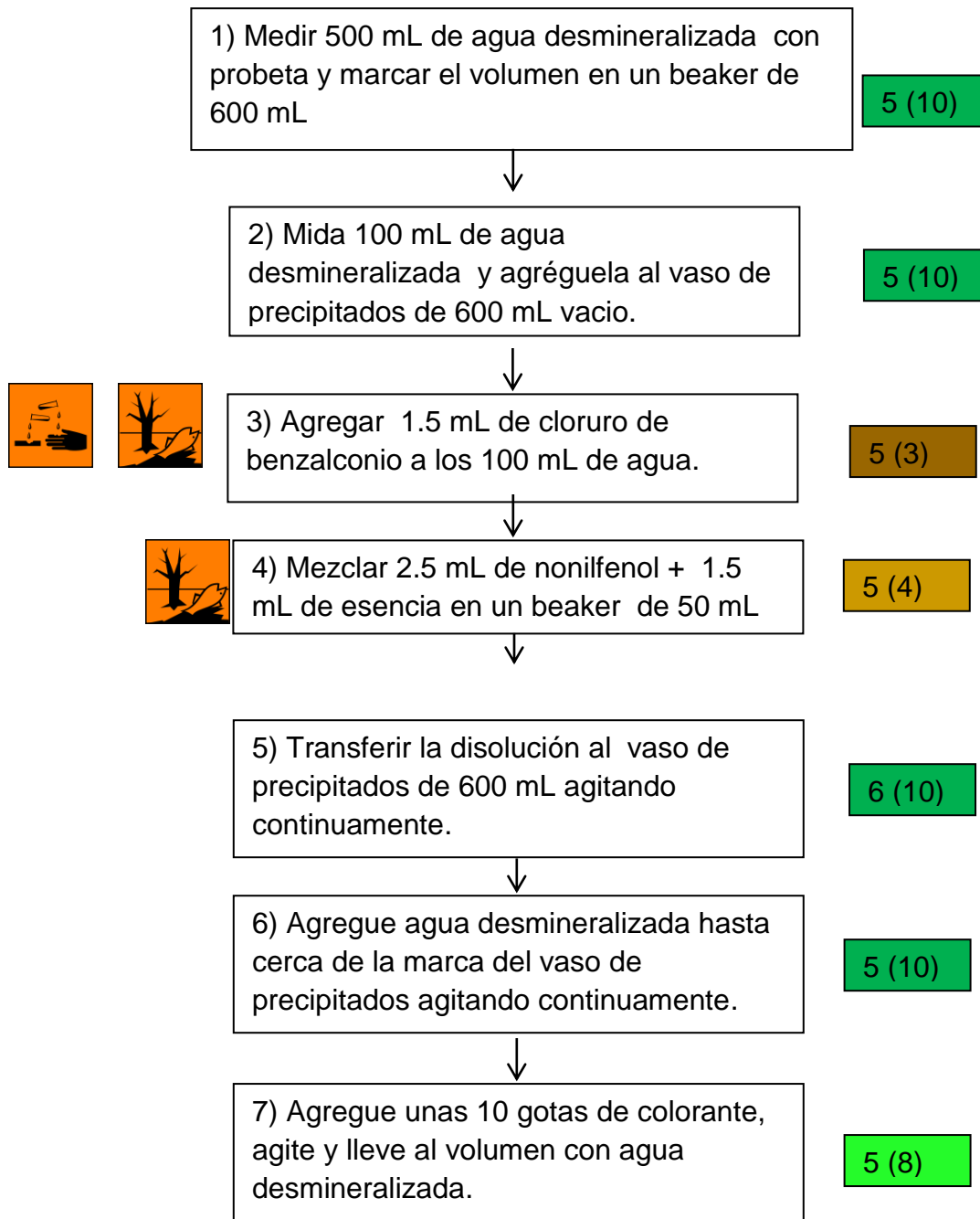
- 1 Debido a que se está utilizando agua, este paso es conveniente calificarlo como totalmente verde (10) respecto al principio 5.
- 2 El benceno es un compuesto inflamable y muy tóxico, entonces se evalúa como totalmente café (1), en relación al principio 5.
- 3 El naftaleno es un compuesto tóxico y peligroso para el medio ambiente, entonces se evalúa como totalmente café (1), en relación al principio 5.
- 4 La agitación es mecánica, es conveniente calificar el principio 6 como totalmente verde (10).

**Evaluación de la Solubilidad de un Compuesto Molecular en un Disolvente Polar.**

- 1 El agua se considera solvente verde por excelencia, entonces se califica como totalmente verde (10) al principio 5.
- 2 La sacarosa no presenta ningún tipo de toxicidad, por eso es conveniente calificar el principio 3 como totalmente verde (10).

**Evaluación de factores que afectan la velocidad de disolución (agitación).**

- 1 El sulfato de cobre pentahidratado es una sustancia peligrosa para el ambiente y además nocivo, se sugiere una evaluación del principio 5 como medianamente café (3).
- 2 El agua se considera solvente verde por excelencia, entonces se califica como totalmente verde (10) al principio 5.
- 3 La agitación por ser mecánica, es conveniente calificar el principio 6 como totalmente verde (10).



**Figura N° 44 Diagrama ecológico de la Preparación de Solución Desinfectante para Pisos 0.15 % v/v.**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{55}{7} = 7.85$$



**Muy buen acercamiento verde.**

### Evaluación de la preparación de solución desinfectante para pisos 0.15 % v/v

- 1 El agua se considera solvente verde por excelencia, por eso se califica como totalmente verde (10) al principio 5.
- 2 De igual forma el agua se considera solvente verde por excelencia y se califica como totalmente verde (10) al principio 5.
- 3 El cloruro de benzalconio es una sustancia corrosiva y peligrosa para el ambiente, es adecuado calificar al principio 5 como medianamente café (3)
- 4 El nonilfenol es una sustancia dañina para el ambiente, entonces se califica como ligeramente café (4) al principio 5
- 5 Se agita mecánicamente, por esto es conveniente calificar el principio 6 como totalmente verde (10).
- 6 Se utiliza agua, entonces es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 7 Asumiendo q el colorante no es dañino para las personas, se califica como muy buen acercamiento verde (8), respecto al principio 5



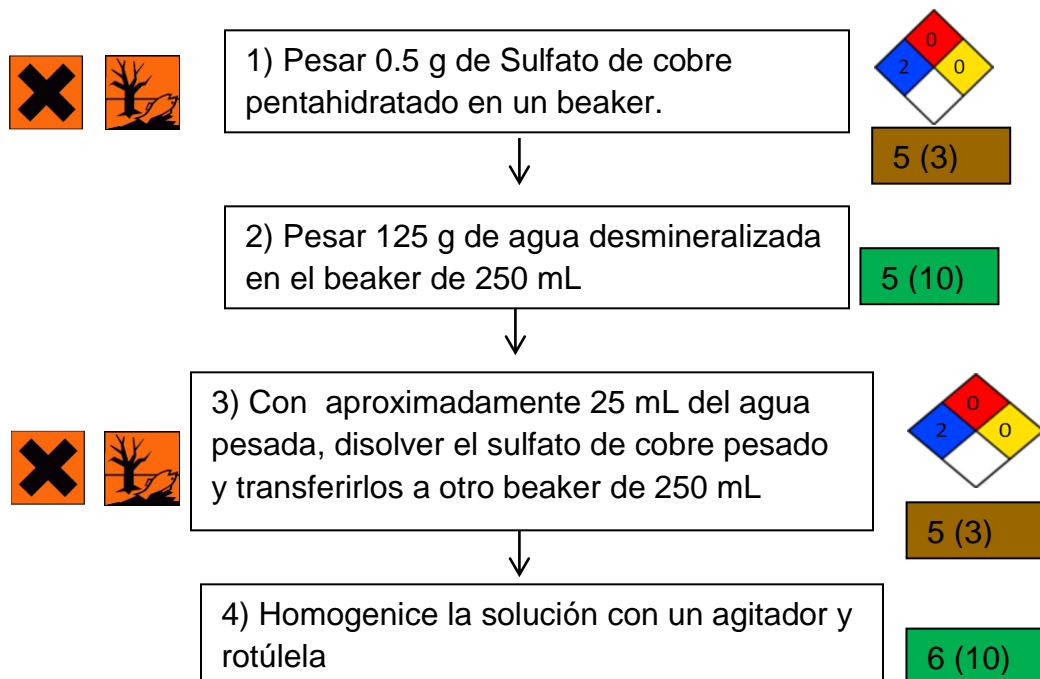


Figura N° 45 Diagrama ecológico de la Preparación de una Solución Molal.

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{26}{4} = 8.07$$



Ligero acercamiento verde.

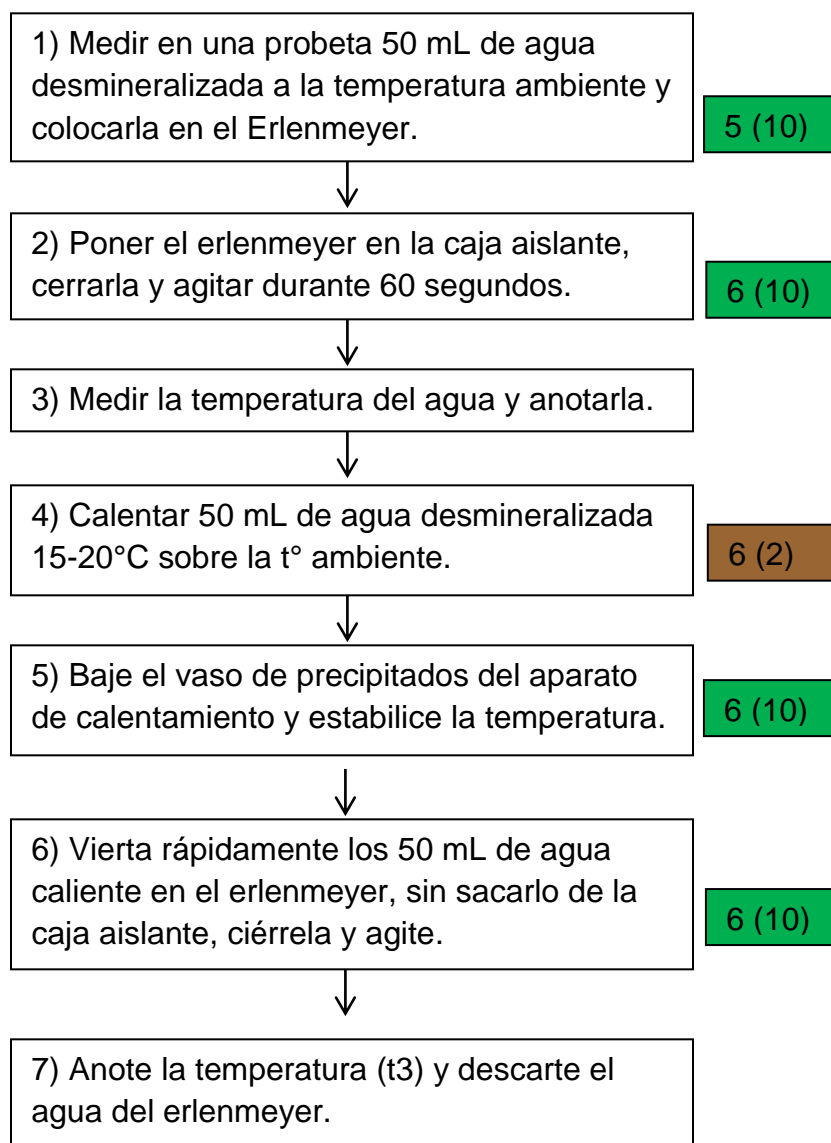
### Evaluación de la Preparación de una Solución Molal

- 1 El sulfato de cobre pentahidratado es una sustancia peligrosa para el ambiente y además nocivo, se sugiere una evaluación del principio 5

como medianamente café (3).

- 2 Se utiliza agua en este paso, entonces es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 3 Al igual que en el paso a), se está manipulando sulfato de cobre, por eso se califica al principio 5 como medianamente café (3).
- 4 La agitación es mecánica, por eso es conveniente calificar el principio 6 como totalmente verde (10).

#### 5.0.4.4 DIAGRAMAS ECOLÓGICOS DE QUIMICA GENERAL II



**Figura N° 46 Diagrama ecológico de Determinación de la Capacidad Calorífica del Calorímetro.**

#### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

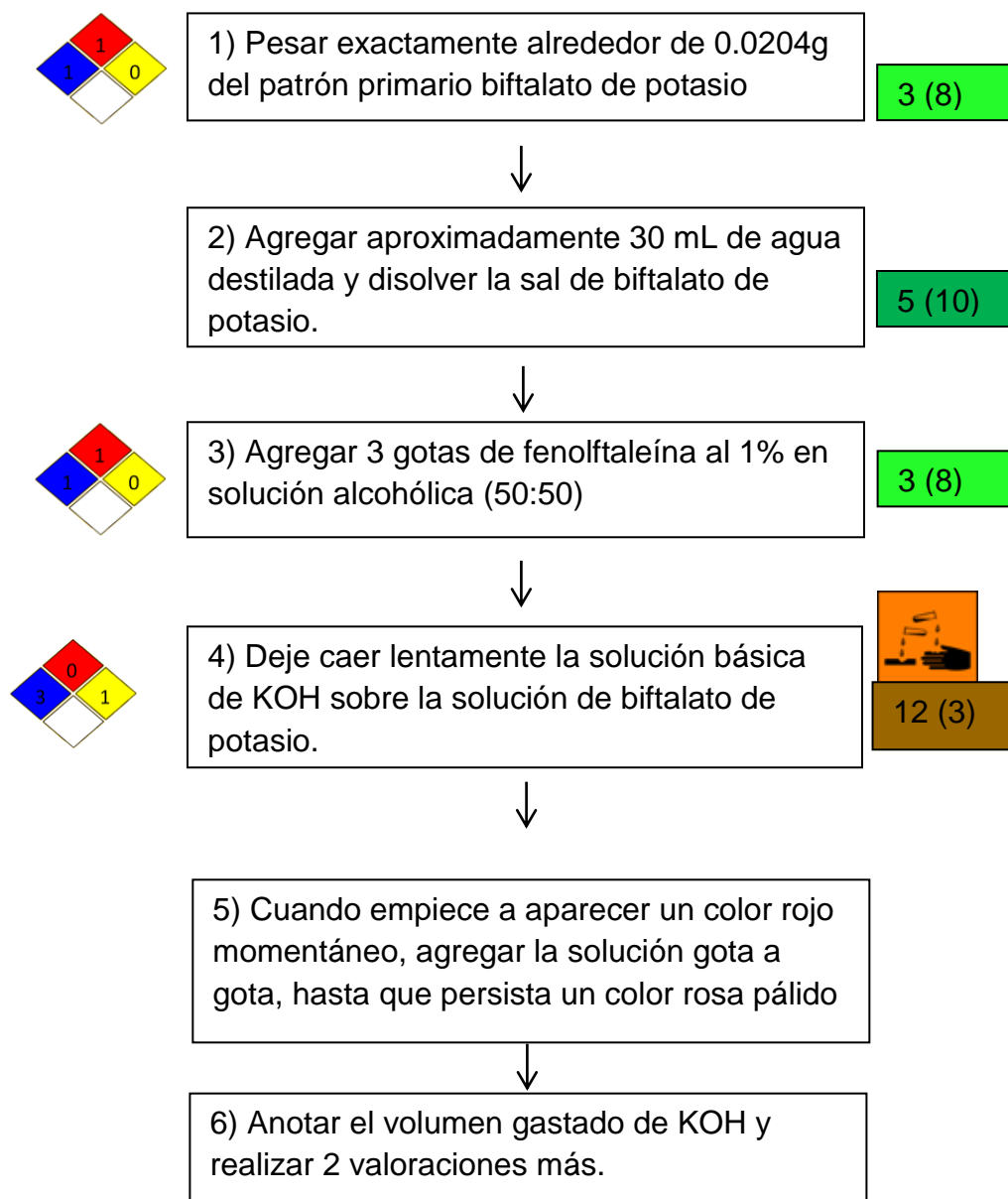
$$\text{Acercamiento verde} = \frac{42}{5} = 8.4$$



**Muy buen acercamiento verde.**

### **Evaluación de Determinación de la Capacidad Calorífica del Calorímetro.**

- 1 Se utiliza agua, por eso es conveniente calificar el principio 5 como totalmente verde (10).
- 2 Se agita mecánicamente, entonces se califica el principio 6 como totalmente verde (10).
- 4 Para calentar se utiliza gas licuado comercial, por lo cual se evalúa el principio 6 como muy café (2).
- 5 El enfriamiento se lleva a temperatura ambiente, por eso se califica como totalmente verde (10) al principio 6.
- 6 La agitación es de forma mecánica, nuevamente se califica el principio 6 como totalmente verde (10).



**Figura N° 47 Diagrama ecológico de Estandarización de una Solución de Hidróxido de Potasio (KOH).**

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{29}{4} = 7.25$$



**Buen acercamiento verde.**

### **Evaluación de la estandarización de una solución de hidróxido de potasio (KOH).**

- 1 El biftalato de potasio se considera poco peligroso para la salud, por eso es conveniente calificar al principio 3 con muy buen acercamiento verde (8)
- 2 Se utiliza agua, este paso es conveniente calificarlo como totalmente verde (10) en relación al principio 5.
- 3 La fenolftaleína es una sustancia poco peligrosa y se inflama arriba de 93°C por eso se califica con muy buen acercamiento verde (8) el principio 3.
- 4 El hidróxido de potasio es muy peligroso para la salud, además es corrosivo, se evalúa el principio 12 como medianamente café (3).

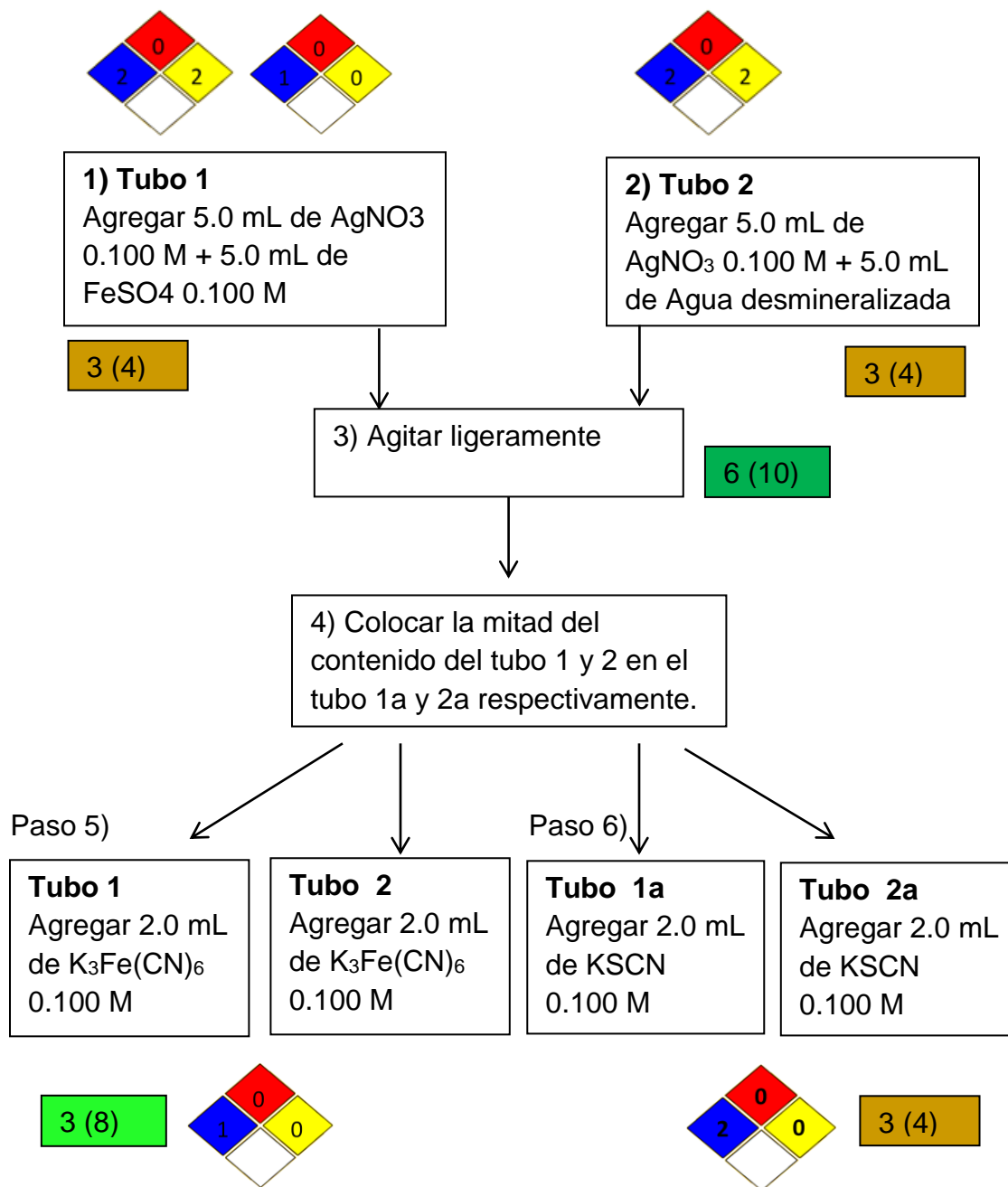


Figura N° 48 Diagrama ecológico de Reacciones Redox

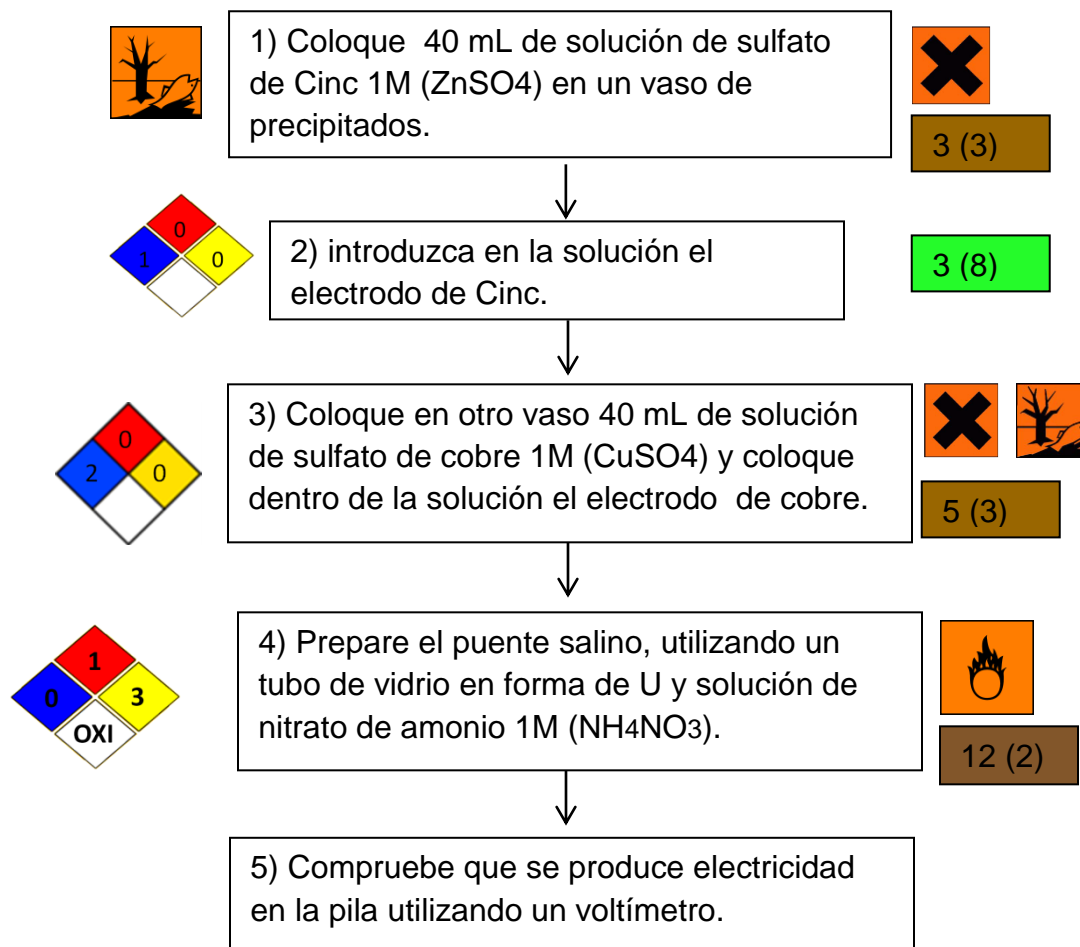


Figura N° 49 Diagrama ecológico de la Construcción de la Pila Galvánica.



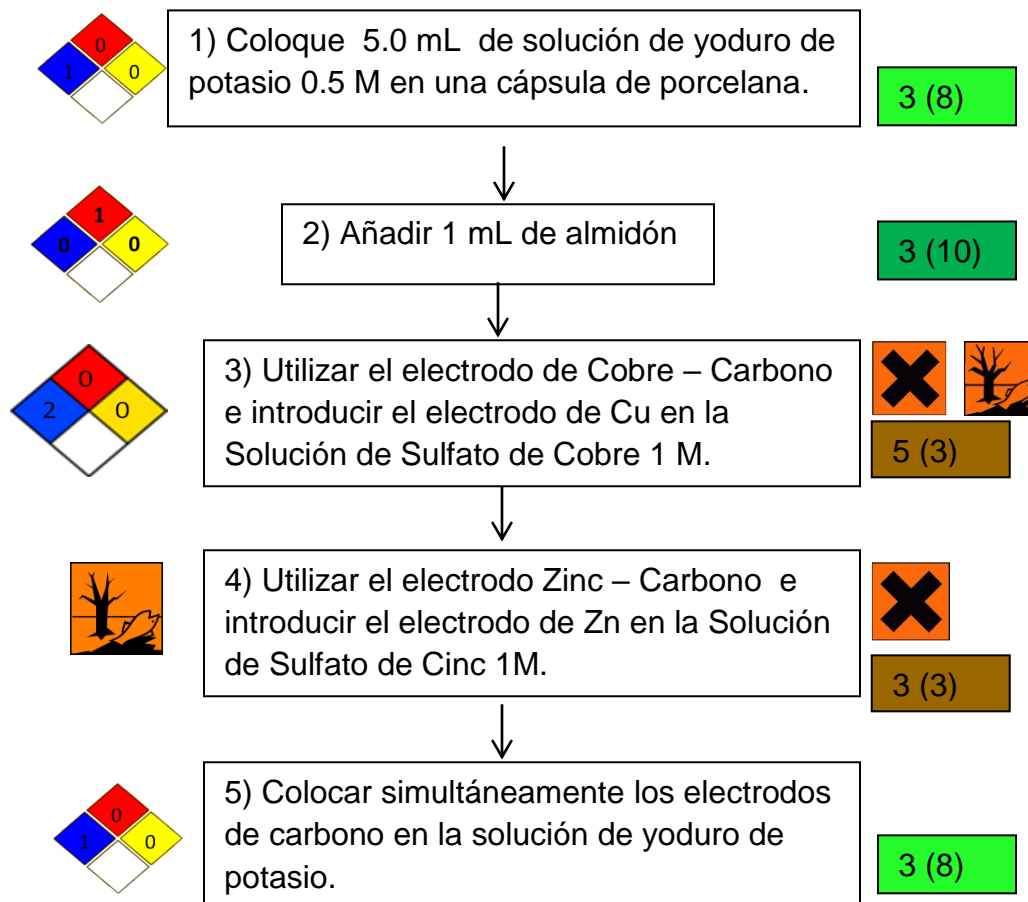


Figura N° 50 Diagrama ecológico de Construcción de la Pila Electrolítica.

### Evaluación global de la práctica de laboratorio

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{\text{suma categoría numérica}}{\text{número de principios}}$$

$$\text{Acercamiento verde} = \frac{78}{14} = 5.57$$



Ligero acercamiento verde

### **Evaluación de Reacciones Redox**

- 1 El nitrato de plata es una sustancia peligrosa para la salud, entonces es conveniente calificar el principio 3 como ligeramente café (4).
- 2 Al igual que en el paso a), se califica como ligeramente café (4) el principio 3.
- 3 Se agita mecánicamente, por eso es conveniente calificar el principio 6 como totalmente verde (10).
- 5 El ferrocianuro de potasio es una sustancia poco peligrosa para la salud, por lo que es adecuado calificar el principio 3 con muy buen acercamiento verde (8).
- 6 El tiocianato de potasio es una sustancia peligrosa para la salud, es conveniente calificar el principio 3 como ligeramente café (4).

### **Evaluación de la Construcción de la Pila Galvánica.**

- 1 El sulfato de zinc es una sustancia nociva y peligrosa para el ambiente, es por esto que se califica como medianamente café respecto al principio 3.
- 2 El zinc es poco peligroso para la salud, por lo que se califica el principio 3 con muy buen acercamiento verde (8).
- 3 El sulfato de cobre es una sustancia peligrosa para el ambiente y además nocivo, se sugiere una evaluación del principio 5 como medianamente café (3).
- 4 Debido a la reactividad que presenta el nitrato de amonio (puede explotar en caso de choque o calentamiento), también por ser comburente se califica el principio 12 como muy café (2)

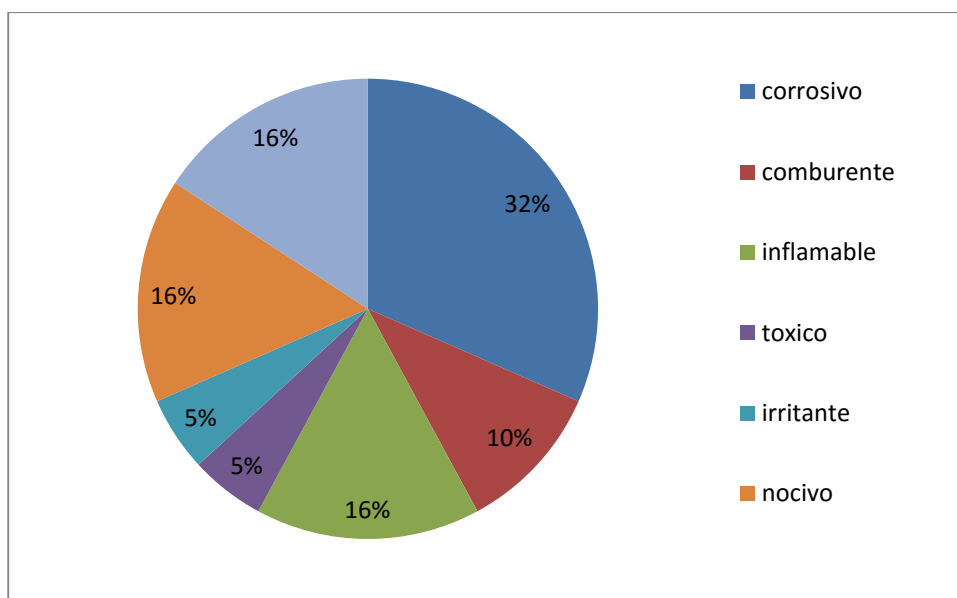
**Evaluación de la construcción de la pila electrolítica.**

- 1 El yoduro de potasio es una sustancia poco peligrosa para la salud, entonces es conveniente calificar el principio 3 como muy buen acercamiento verde (8).
- 2 El almidón no es una sustancia peligrosa, es adecuado calificar el principio 3 como totalmente verde (10).
- 3 El sulfato de cobre es una sustancia peligrosa para el ambiente y además nocivo, se sugiere una evaluación del principio 5 como medianamente café (3).
- 4 El sulfato de zinc es una sustancia nociva y peligrosa para el ambiente, es por esto que se califica como medianamente café respecto al principio 3.
- 5 El yoduro de potasio es una sustancia poco peligrosa para la salud, es conveniente calificar el principio 3 como muy buen acercamiento verde (8).

## 5.1 DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1.1 Discusión de los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica.

Gráfico de los porcentajes de reactivos de Farmacoquímica por pictograma de seguridad.

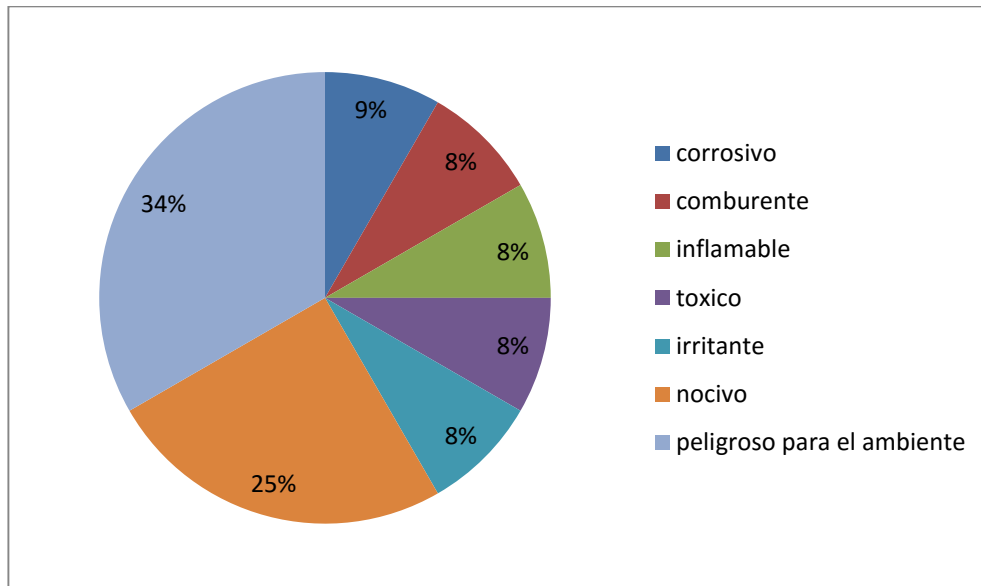


**Fig. N° 51 Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Farmacoquímica según los pictogramas de seguridad.**

El mayor porcentaje de reactivos de Farmacoquímica son corrosivos, porque representan el 32% del total de los reactivos, es decir, el porcentaje más alto.

### 5.1.2 Discusión de los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.

Gráfico de los porcentajes de reactivos de Farmacotecnia por pictograma de seguridad.



**Fig. N° 52 Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Farmacotecnia según los pictogramas de seguridad.**

En Farmacotecnia los reactivos que más se utilizan son peligrosos para el medio ambiente, como se puede observar en el gráfico que representan el 34%.

### 5.1.3 Discusión de los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Química General I.

Gráfico de los porcentajes de reactivos de Química General I por pictograma de seguridad.

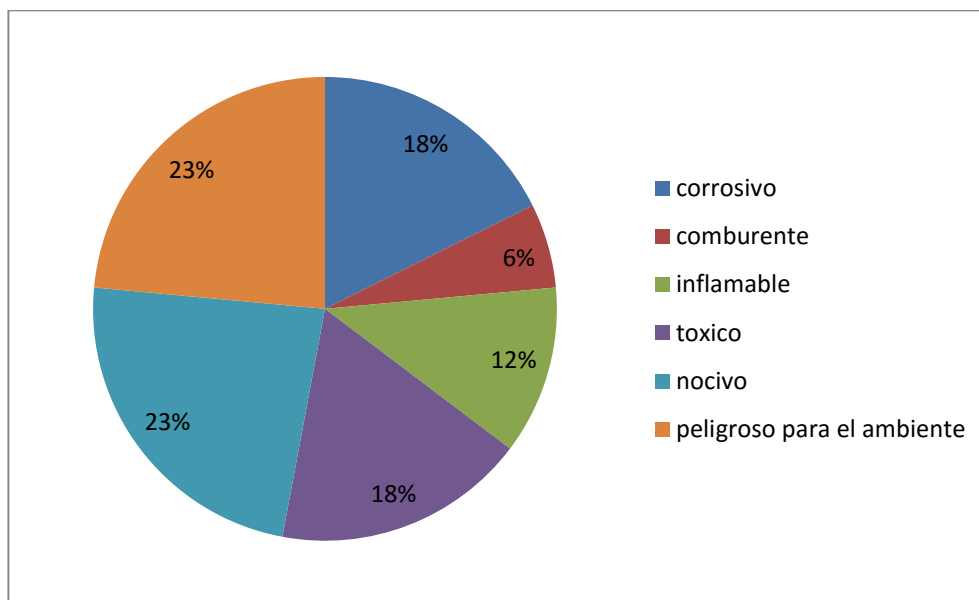
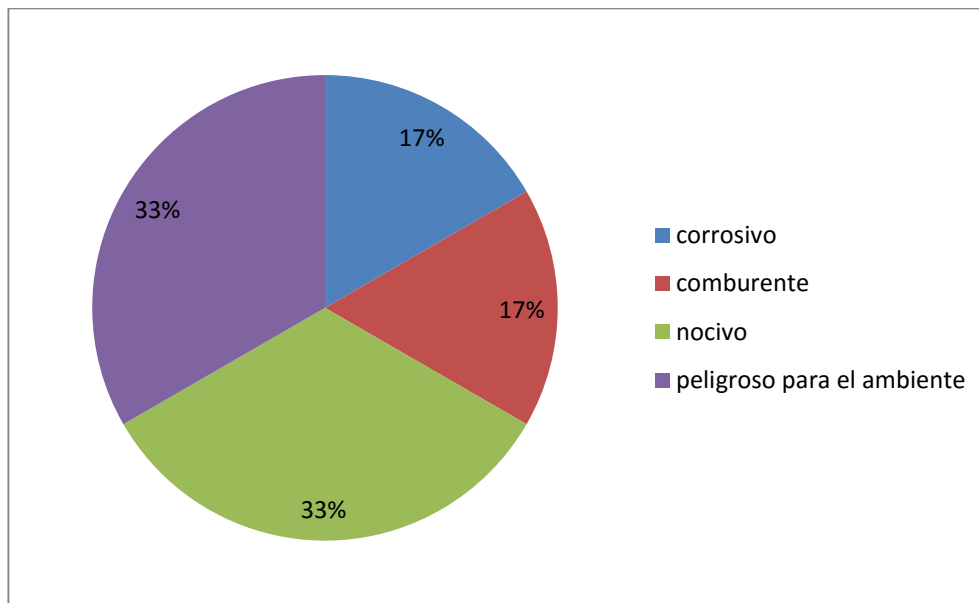


Fig. N° 53 Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Química General I según los pictogramas de seguridad.

En Química General I los reactivos que prevalecen son de tipo nocivo (23%) y peligrosos para el medio ambiente (23%), como se indica en el gráfico anterior.

#### 5.1.4 Discusión de los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de Química General II.

Gráfico de los porcentajes de reactivos de Química General II por pictograma de seguridad.



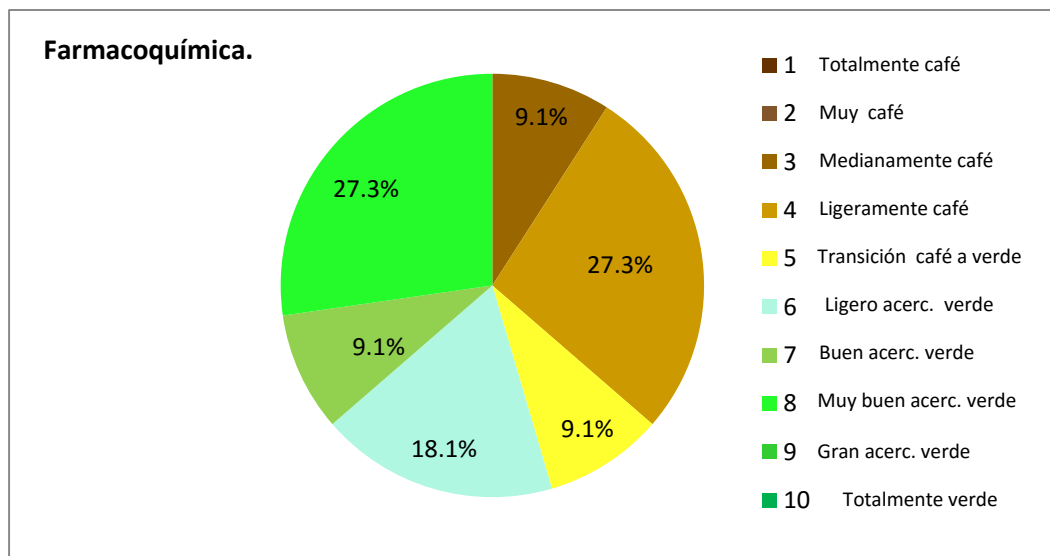
**Fig. N° 54 Gráfico del grado de peligrosidad de los reactivos utilizados en Química General II según los pictogramas de seguridad.**

En Química General II los reactivos que más se utilizan son nocivos y peligrosos para el medio ambiente con un 33% respectivamente, como se puede observar en el gráfico.

### 5.1.5 Discusión de la evaluación del acercamiento verde de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.

Se evaluó qué tan verdes son las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica, Farmacotecnia y Química General I y II.

#### Porcentajes del acercamiento verde de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica.



**Fig. N° 55 Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.**

**Cuadro N° 22 Calificación de las prácticas de laboratorio de Farmacoquímica.**

Nombre de la práctica	Calificación
Síntesis de nitrato básico de bismuto	8
Síntesis de ácido bórico	6
Identificación de nitrato básico de bismuto	4
Valoración de nitrato básico de bismuto.	6



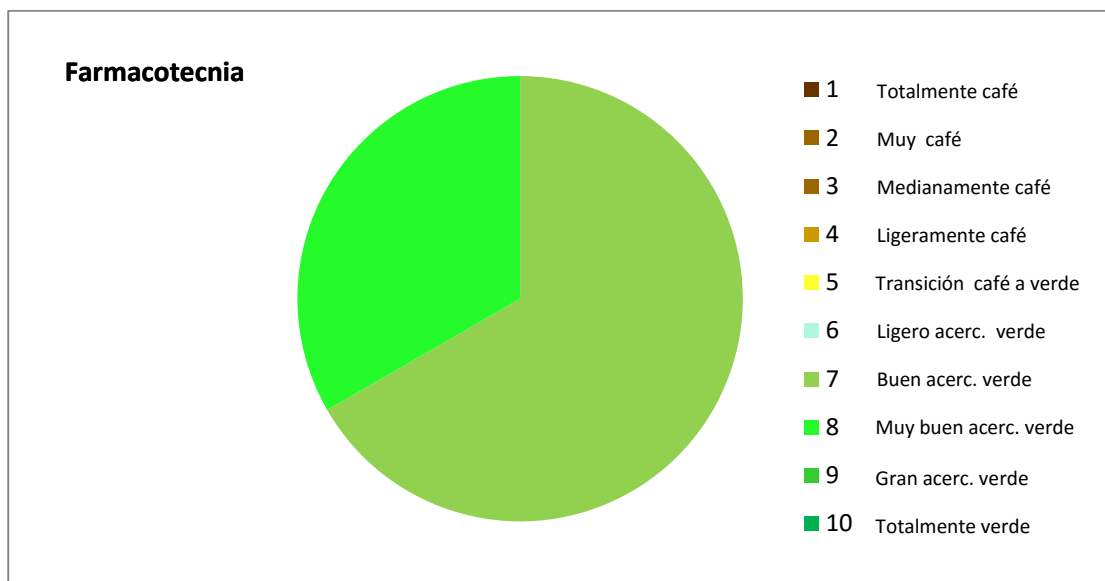
## Continuación cuadro N° 22

Identificación de ácido bórico	3
Identificación de impurezas de ácido bórico	4
Valoración de ácido bórico.	7
Extracción de manitol	8
Obtención de ácido benzoico.	8
Análisis farmacéutico de manitol	5
Análisis farmacéutico de ácido benzoico	4

En el acercamiento verde global por practica de laboratorio, se observó que en Farmacoquímica solo una práctica de laboratorio obtuvo calificación 3 (medianamente café); tres prácticas calificación 4 (ligeramente café); una práctica calificación 5 (transición café a verde); dos prácticas calificación 6 (ligero acercamiento verde); una práctica 7 (buen acercamiento verde) y tres prácticas calificación 8 (muy buen acercamiento verde).

La práctica de laboratorio más contaminada es la de Identificación de Ácido Bórico.

### Porcentajes del acercamiento verde de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.



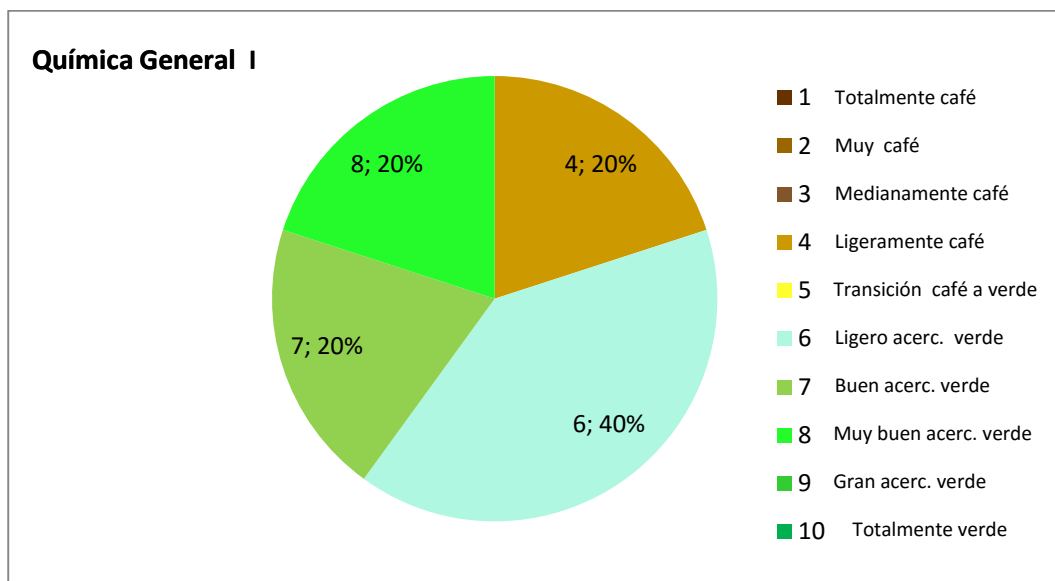
**Fig. N° 56 Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.**

**Cuadro N° 23 Calificación de las prácticas de laboratorio de Farmacotecnia.**

Nombre de la práctica	Calificación
Operaciones técnicas	7
Soluciones acuosas	8
Jarabes	7
suspensiones	8
Elixires, espíritus y tinturas	7
Bases para pomadas	7

En cuanto a Farmacotecnia resultó que cuatro prácticas obtuvieron como calificación global 7 (buen acercamiento verde) y dos prácticas obtuvieron 8 (muy buen acercamiento verde).

### Porcentajes del acercamiento verde de las prácticas de laboratorio de Química General I.



**Fig. N° 57 Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Química General I evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.**

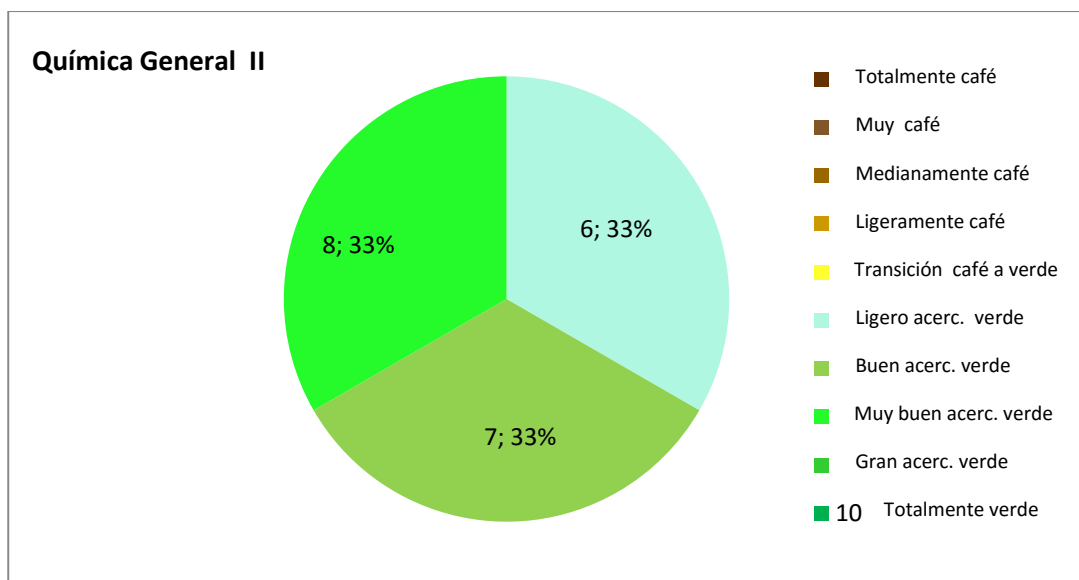
**Cuadro N° 24 Calificación de las prácticas de laboratorio de química General I**

Nombre de la práctica	Calificación
Tabla periódica I	6
Tabla periódica II	4
Enlace químico	7
Soluciones I	8
Soluciones II	6

Respecto a Química General I, una práctica obtuvo la calificación de 4 (ligeramente café); dos prácticas con calificación de 6 (ligero acercamiento verde); una práctica con calificación de 7 (buen acercamiento verde) y una práctica con calificación de 8 (muy buen acercamiento verde).

La práctica que resultó más contaminada es la de Tabla Periódica II.

### Porcentajes del acercamiento verde de las prácticas de laboratorio de Química General II.



**Fig. N° 58 Gráfico del puntaje obtenido por las prácticas de laboratorio de Química General II evaluadas bajo la escala de acercamiento verde.**

**Cuadro N° 25 Calificación de las prácticas de laboratorio de química General II**

Nombre de la práctica	Calificación
La ley de Hess	8
Valoración ácido- base	7
Reacciones óxido - reducción y electroquímica	6

En Química General II, una práctica obtuvo la calificación de 6 (ligero acercamiento verde); una práctica con calificación de 7 (buen acercamiento verde) y una práctica con calificación de 8 (muy buen acercamiento verde).

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. La mayor parte de sustancias de las prácticas de Farmacoquímica, Farmacotecnia, y Química General I y II presentan el nivel 1 (poco peligroso) y 2 (peligroso) de riesgo a la salud. En la clasificación de reactividad la mayoría de sustancias de las 4 cátedras presentaron 0, es decir, estable.
2. En base a los resultados obtenidos según la lista de chequeo que se llevó a cabo de las prácticas de Farmacoquímica, Farmacotecnia, Química General I y Química General II, se concluye que los reactivos que más se utilizan son de tipo corrosivo, nocivo y peligroso para el ambiente.
3. Del 100% de los reactivos totales de las prácticas de laboratorios, resultó que el 27% de ellos son peligrosos para la salud según el rombo de seguridad.
4. La elaboración de diagramas ecológicos permite verificar que tanto es el acercamiento verde de las prácticas de laboratorio, así como también facilitar la identificación de los reactivos más nocivos y peligrosos, según la naturaleza de los mismos.
5. En la cátedra de Farmacoquímica la práctica de laboratorio que más genera contaminación es la Identificación de Ácido Bórico, con calificación 3 (medianamente café).
6. La práctica de laboratorio que más contamina es la de Tabla Periódica II, que pertenece a Química General I, con una calificación de 4 (ligeramente café).
7. Entre las prácticas de laboratorio que se evaluaron, las de Farmacotecnia tienen mayor acercamiento verde, porque obtuvieron las calificaciones de 7 y 8.
8. El promedio de calificación global de las prácticas de laboratorio es 6, es decir, ligero acercamiento verde.

9. Solamente se determinó la economía atómica de dos prácticas de laboratorio, las cuales incluían la síntesis de productos, puesto que para calcular la economía atómica se requiere que se lleve a cabo una reacción química.
10. Los porcentajes de la economía atómica fueron altos en la unidad de aprendizaje de Farmacoquímica, por lo tanto la mayor cantidad de reactivos se transforman en el producto final, obteniéndose pocos residuos.

**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**



## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Se debe disminuir la contaminación y riesgo a la salud de los estudiantes y docentes, aplicando los principios de la química verde en todas las prácticas de laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia.
2. Elaborar los diagramas ecológicos a otras prácticas de laboratorio que utilizan reactivos para la toma de conciencia en la aplicación de los principios de la química verde.
3. A los estudiantes que realizan las prácticas de laboratorio, implementar los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos, para tener las debidas precauciones al momento de utilizarlos.
4. Que los frascos de los reactivos que se utilizan en cada práctica estén debidamente identificados con su respectivo pictograma y rombo de seguridad.
5. Hacer uso de procedimientos eficientes, en donde se optimicen los reactivos, y de esta manera disminuir la formación de productos de desecho.
6. Se debe utilizar el producto obtenido de una práctica de laboratorio como materia prima para otra práctica, y así fomentar la reutilización de los residuos como materia prima.
7. Hacer uso de diagramas ecológicos basados en los principios de la química verde en todas las prácticas de laboratorio para conocer si las prácticas son verdes.

## BIBLIOGRAFIA

1. Amaya, J.C.; Rodríguez, A. (2008). *Propuesta de un manual para el manejo integral de los desechos químicos generados en los laboratorios de la Universidad de El Salvador*. Universidad de El Salvador. San Salvador: El Salvador.
2. Anastas P.T., y otros. (2008). *Green Chemistry Theory and practice*. Oxford: University Press.
3. Arroyo, G.; Hernández, O.; Martínez, J.; Miranda, R.; Morales, M.; Obaya, A. y Reyes, L. (2011). *¿Qué tan verde es un experimento?*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
4. Cabildo, P.; Cornago, P.; Escolástico, C.; Esteban, S.; Farrán, M.; Pérez, M. y Sanz, D. (2006). *Procesos orgánicos de bajo impacto ambiental, Química verde*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid.
5. Dunn, P.; Wells, A. y Williams, M. (2010). *Green Chemistry in the Pharmaceutical Industry*. Weinheim, Alemania: WILEY-VCH.
6. Fernández Sánchez, L.; Hernández Martínez, L. y Soto Téllez, M. (2013). *Uso de indicadores verdes para evaluar cuán limpio es un proceso en su síntesis tradicional vs la síntesis triboquímica y en microescala*. *Revista Avances en Ciencias e Ingeniería*. Vol. 4. [On line]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323627690010.pdf> . Fecha de Consulta: 30 de Mayo de 2014.
7. Galicia, Y.; Miranda, D. (2008). *Propuesta de una guía para el tratamiento de desechos químicos generados en el laboratorio de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador*. Universidad de El Salvador. San Salvador: El Salvador.
8. Gavilán, A.; Martínez, M. y Yarto, M. *La química verde en México*. Instituto Nacional De Ecología. [On line] Disponible en:

<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/438/cap3.html#top>. Fecha de Consulta: 25 de abril de 2014.

9. Gómez, J. *Química verde, EMC=COSMOS*. [On line] Disponible en: [http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/QUIMICA\\_VERDE.html](http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/QUIMICA_VERDE.html). Fecha de Consulta: 15 de mayo de 2014.
10. Loayza, J. *Gestión y manejo de residuos de laboratorios químicos*. (2005). Boletín Informativo sobre productos y residuos químicos. Año 1. N° 2.
11. Manahan S.E. *Introducción a la Química ambiental*. [On line] .Disponible en:  
<http://books.google.com.sv/books?id=5NR8DIk1n68C&pg=PA9&dq=quimica+verde&hl=es&sa=X&ei=1DwrU-PHJYTJkAezgIH4DQ&ved=0CDAQ6AEwAQ#v=onepage&q=quimica%2Overde&f=false>. Fecha de Consulta: 20 de Marzo de 2014.
12. Martínez, J.; Martínez, C. y Treviño, A. (2008). *El cuidado de nuestro planeta: disminuyendo la generación de residuos peligrosos*. Revista MIXCOAC. Vol. 1.
13. Mondeja, D.; Parra, I. y Zumalacárregui de C., B. (2003). Problema medioambiental en laboratorios químicos. *Revista Pedagogía Universitaria*, 58-62.
14. Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000. (2000). *Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo*. [On line]. Disponible en: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-018.pdf>. Fecha de Consulta: 12 de Febrero de 2015.
15. Obaya, A. y Vargas, Y. (2011). *La Enseñanza Experimental de la Química desde una Perspectiva Interdisciplinaria y Ecológica*. UNAM: México.

16. Obaya, A. (2011). *Cinética química y catálisis verde*. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
17. Salvatella L. *Química verde fundamentos y aplicaciones*. [On line] . Disponible en: <http://www.istas.ccoo.es/descargas/viforo/Salvatella.pdf>. Fecha de Consulta: 13 de agosto de 2014.
18. Universidad Nacional de Salta. (2009). *Manual de Seguridad Laboratorio de Fundamentos de Química*. [On line]. Disponible en: <http://ediblio.unsa.edu.ar/>. Fecha de Consulta: 03 de marzo de 2015.
19. <http://www.monografias.com/trabajos81/practica-1-laboratorio-quimica/practica-1-laboratorio-quimica3.shtml> [artículo de Internet]. [Acceso 02 de junio de 2014].
20. [http://www.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid\\_amb/manual.htm](http://www.usal.es/~retribucionesysalud/ssalud/calid_amb/manual.htm). *Manual de Gestión de residuos Peligrosos. Universidad de Salamanca*. [On line]. Fecha de Consulta: 02 de Febrero de 2015.
21. <http://transparencia.edomex.gob.mx/utvt/informacion/marco%20juridico/leyes%20y%20reglamentos/procedimientos/EnsenanzaAprendizaje/TIPO%20QUIMICO.pdf>. *Manual de Seguridad en un Laboratorio Tipo Químico. Universidad Tecnológica del Valle de Toluca. Documento No. IN-VT-SGC-EA-15*. [On line]. Fecha de Consulta: 12 de febrero de 2015.
22. [http://ciencias.unizar.es/obras/files/SEGURIDAD\\_Y\\_SALUD/MANUAL%20DE%20SUPERVIVENCIA%20EN%20EL%20LABORATORIO%20por%20la%20UNIVERSIDAD%20de%20Alicante.pdf](http://ciencias.unizar.es/obras/files/SEGURIDAD_Y_SALUD/MANUAL%20DE%20SUPERVIVENCIA%20EN%20EL%20LABORATORIO%20por%20la%20UNIVERSIDAD%20de%20Alicante.pdf). *Manual de Supervivencia en el Laboratorio. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante*. [On line]. Fecha de Consulta: 23 de enero de 2015.

## **ANEXOS**

## **ANEXO N° 1**

**Lista de los reactivos utilizados en las prácticas de laboratorio de  
Farmacoquímica, Farmacotecnia, Química General I y II.**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

Tabla N° 6 Lista de Chequeo de Reactivos utilizados en Química General I y II

N°	Reactivos utilizados	Sí	No
1.	Acetato de sodio		
2.	Acetona		
3.	Ácido acético glacial		
4.	Ácido benzoico		
5.	Ácido clorhídrico		
6.	Ácido esteárico		
7.	Ácido nítrico		
8.	Ácido oxálico		
9.	Ácido sulfúrico concentrado		
10.	Ácido sulfúrico diluido		
11.	Alcohol etílico		
12.	Anaranjado de metilo		
13.	Azufre		
14.	Benceno		
15.	Benzoato de sodio		
16.	Biftalato de potasio		
17.	Carbonato de calcio		
18.	Carbonato de sodio		
19.	Clorato de potasio		
20.	Cloruro de cobre		

Tabla 6 (Continuación)

21.	Cloruro de metilo		
22.	Cloruro de potasio		
23.	Cloruro de sodio		
24.	Éter de petróleo		
25.	Glicerina		
26.	Metanol		
27.	Naftaleno		
28.	Nitrato de amonio		
29.	Óxido de bario		
30.	Parafina		
31.	Sulfato de cobre		
32.	Sulfato de zinc		
33.	Sulfato férrico amónico		
34.	Tetracloruro de carbono		
35.	Tiocianato de amonio		
36.	Tiocianato de potasio		
37.	Yoduro de sodio		
38.	Clorato de potasio		

**Observaciones** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_





**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

Tabla N° 7 Lista de Chequeo de Reactivos utilizados en Farmacoquímica.

N°	Reactivos utilizados	Sí	No
1.	Ácido clorhídrico		
2.	Ácido nítrico		
3.	Ácido sulfúrico		
4.	Ácido sulfúrico concentrado		
5.	Alcohol etílico		
6.	Alcohol metílico		
7.	Almidón T.S.		
8.	Amoníaco.		
9.	Anaranjado de Xilenol SR		
10.	Bórax		
11.	Cloruro de benzalconio		
12.	Cloruro férrico S.R.		
13.	Edetato disódico 0.05 M		
14.	Etanol		
15.	fenolftaleína T.S.		
16.	Ferrocianuro de Potasio S.R		
17.	Hidróxido de calcio		
18.	Maná		
19.	NaOH 1 N		

Tabla 7 (Continuación)

20.	Nitrato de Bismuto neutro		
21.	Nitrato de plata S.R		
22.	Permanganato de potasio S.R.		
23.	Peryodato de potasio.		
24.	Solución reactivo de Hidróxido de Sodio		
25.	Sulfato ferroso		
26.	Tartrato cúprico potásico		
27.	Texapón		
28.	Tioacetamida		
29.	Tiosulfato de sodio 0.02N		
30.	Yoduro de potasio.		

**Observaciones** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

Tabla N° 8 Lista de Chequeo de Reactivos utilizados en Farmacotecnia.

N°	Reactivos utilizados	Sí	No
1.	Aceite esencial de azahar		
2.	Aceite esencial de Bergamota		
3.	Aceite esencial de colonia		
4.	Aceite esencial de florida		
5.	Aceite esencial de limón		
6.	Aceite esencial de menta		
7.	Aceite mineral		
8.	Aceite volátil de menta piperita		
9.	Acetona		
10.	Ácido salicílico		
11.	Ácido benzoico		
12.	Ácido benzoico		
13.	Ácido bórico		
14.	Acido tánico		
15.	Agua alcanforada		
16.	Agua de azahar		
17.	Agua de cal		
18.	Agua de menta		
19.	Agua destilada		
20.	Alcanfor		
21.	Alcohol		
22.	Alcohol 70°		

Tabla N° 8 (Continuació)

23.	Alcohol 90		
24.	Alcohol 93°		
25.	Almidon		
26.	Azufre precipitado		
27.	Benzaldehído		
28.	Bicarbonato de sodio		
29.	Bórax		
30.	Bromuro potasico		
31.	Calamina		
32.	Cera blanca		
33.	Cloruro de amonio		
34.	Cloruro de benzalconio 2%		
35.	Esencia de menta		
36.	Eter puro		
37.	Glicerina		
38.	Goma arábica		
39.	Iodo sublimado		
40.	Ioduro de potasio		
41.	Magma de bentonita		
42.	Mentol		
43.	Merbromin		
44.	Metilparaben		
45.	Óxido de cinc		
46.	Petrolato		
47.	Propilparaben		
48.	Resorcina		
49.	Sacarosa		
50.	Salicilato de metilo		

Tabla N° 8 (Continuación)

51.	Salicilato de sodio		
52.	Sosa		
53.	Sulfato de cinc		
54.	Sulfuro de potasio		
55.	Talco		
56.	Texapón n-70 al 0.5%		
57.	Vainillina		
58.	Vaselina blanca		

**Observaciones** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## **ANEXO N° 2**

### **Resumen de los símbolos de riesgo químico <sup>(7)</sup>**





Símbolo	Clasificación y Precaución)
 <p data-bbox="329 604 475 636"><b>C</b> Corrosivo</p>	<p data-bbox="518 411 1433 474"><b>Clasificación:</b> Estos productos químicos causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes.</p> <p data-bbox="518 506 1320 537"><b>Precaución:</b> No inhalar y evitar el contacto con la piel, ojos y ropas.</p>
 <p data-bbox="329 919 475 951"><b>E</b> Explosivo</p>	<p data-bbox="518 726 1414 814"><b>Clasificación:</b> Sustancias y preparaciones que pueden explotar bajo efecto de una llama o que son más sensibles a los choques o fricciones que el dinitrobenceno.</p> <p data-bbox="518 852 1382 884"><b>Precaución:</b> evitar golpes, sacudidas, fricción, flamas o fuentes de calor.</p>
 <p data-bbox="313 1234 492 1266"><b>O</b> Comburente</p>	<p data-bbox="518 1056 1369 1119"><b>Clasificación:</b> Sustancias que tienen la capacidad de incendiar otras sustancias, facilitando la combustión e impidiendo el combate del fuego.</p> <p data-bbox="518 1157 1235 1188"><b>Precaución:</b> evitar su contacto con materiales combustibles.</p>
 <p data-bbox="329 1591 475 1623"><b>F</b> Inflamable</p>	<p data-bbox="518 1287 1032 1318"><b>Clasificación:</b> Sustancias y preparaciones:</p> <ul data-bbox="566 1356 1414 1602" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="566 1356 1414 1419">• Líquidos con un punto de inflamación inferior a 21°C, pero que NO son altamente inflamables.</li> <li data-bbox="566 1419 1414 1602">• Sustancias sólidas y preparaciones que por acción breve de una fuente de inflamación pueden inflamarse fácilmente y luego pueden continuar quemándose ó permanecer incandescentes, o gaseosas, inflamables en contacto con el aire a presión normal, o que, en contacto con el agua o el aire húmedo, desenvuelven gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas;</li> </ul> <p data-bbox="518 1640 1284 1671"><b>Precaución:</b> evitar contacto con materiales ignitivos (aire, agua).</p>

Figura N° 59 Descripción de los pictogramas de seguridad

 <p><b>F+</b> Extremadamente inflamable</p>	<p><b>Clasificación:</b> Líquidos con un punto de inflamación inferior a 0°C y un punto de ebullición de máximo de 35°C. Gases y mezclas de gases, que a presión normal y a temperatura usual son inflamables en el aire.</p> <p><b>Precaución:</b> evitar contacto con materiales ignitivos (aire, agua).</p>
 <p><b>T</b> Tóxico</p>	<p><b>Clasificación:</b> Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos graves, agudos o crónicos a la salud.</p> <p><b>Precaución:</b> todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.</p>
 <p><b>T+</b> Muy tóxico</p>	<p><b>Clasificación:</b> Por inhalación, ingesta o absorción a través de la piel, provoca graves problemas de salud e incluso la muerte.</p> <p><b>Precaución:</b> todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.</p>
 <p><b>Xi</b> Irritante</p>	<p><b>Clasificación:</b> Sustancias y preparaciones no corrosivas que, por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas, pueden provocar una reacción inflamatoria.</p> <p><b>Precaución:</b> Debe ser evitado el contacto directo con el cuerpo</p>
 <p><b>Xn</b> Nocivo</p>	<p><b>Clasificación:</b> Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos a la salud de forma temporal o alérgica;</p> <p><b>Precaución:</b> debe ser evitado el contacto con el cuerpo humano, así como la inhalación de los vapores.</p>

Figura N° 59 (Continuación)





**N** Peligroso para el medio ambiente

**Definición:** El contacto de esa sustancia con el medio ambiente puede provocar daños al ecosistema a corto o largo plazo.

**Manipulación:** debido a su riesgo potencial, no debe ser liberado en las cañerías, en el suelo o el medio ambiente.

Figura N° 59 (Continuación)

### Anexo N° 3

#### Rombo de seguridad (17)



Figura N° 60 Descripción del rombo de seguridad.

**ANEXO N° 4**  
**Cuadro de cotejo** <sup>(3)</sup>

Cuadro N° 26 Evaluación de Principios de la Química Verde.

<b>Principio</b>	<b>Evaluación</b>
1. Prevenir y/o minimizar residuos	
2. Economía atómica	
3. Utilizar y generar sustancias con el mínimo de toxicidad	
4. Experimentos eficaces pero no tóxicos	
5. Reducir el uso de sustancias auxiliares	
6. Disminuir el consumo energético	
7. Utilizar materias primas renovables	
8. Evitar derivados innecesarios	
9. Preferir la catálisis	
10. Generar productos biodegradables	
11. Analizar los procesos en tiempo real	
12. Minimizar el riesgo de accidentes químicos	

## ANEXO N° 5

### Escala de análisis y evaluación. (3)

Cuadro N° 27 Escala de análisis y evaluación del acercamiento verde.

10	Totalmente verde
9	Gran acercamiento verde
8	Muy buen acercamiento verde
7	Buen acercamiento verde
6	Ligero acercamiento verde
5	Transición café a verde
4	Ligeramente café
3	Medianamente café
2	Muy café
1	Totalmente café



Figura N° 61 Escala de colores del acercamiento verde (3).

**ANEXO N° 6**

**Solicitud de los manuales de las prácticas de laboratorio**



FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



A QUIEN INTERESE

Por este medio hago constar que la bachiller Liliana Beatriz Juárez Comejo, alumna egresada de la carrera Licenciatura en Química y Farmacia se encuentra realizando el trabajo de graduación titulado: " PROPUESTA DE DIAGRAMAS ECOLÓGICOS BASADOS EN LOS PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE" bajo mi asesoría, por lo que solicito de la manera más cordial, se le proporcionen los Manuales de Prácticas de Laboratorio de las cátedras que imparten en el departamento.

Dicho material servirá de apoyo bibliográfico al trabajo de graduación.

Y para que los usos que la interesada estime convenientes, se extiende la presente a los diecinueve días del mes de mayo de dos mil quince.

" HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA "



  
Lic. Javier Antonio Guzmán Alfaro  
Docente Asesor