



---

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS  
ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES DE XALOSTOC**

**ELABORACIÓN DE TINTA COLOR VERDE PARA MARCADOR DE  
PIZARRÓN, EMPLEANDO EXTRACTOS DE ESPINACA.**

**T E S I S**

**Que Presenta:**

**ESMERALDA BAUTISTA ORTIZ**

**Para obtener el título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Directora: Dra. María del Carmen Fuentes Albarrán.  
Codirector: Dr. Fidel Benjamín Alarcón Hernández.**



Asunto: Voto Aprobatorio

DRA. JOSEFINA VERGARA SÁNCHEZ  
DIRECTORA DE LA EESX  
P R E S E N T E

Por medio del presente, los revisores de la Tesis que lleva por Título: “*Elaboración de tinta color verde para marcador de pizarrón, empleando extractos de espinaca*” que ha realizado el pasante **Esmeralda Bautista Ortiz** de la Licenciatura en Ingeniería Industrial, otorgamos el **voto aprobatorio** para la impresión de la Tesis, por haberse realizado las correcciones consideradas pertinentes de nuestra parte:

Nombre	Puesto	Firma
Dra. María del Carmen Fuentes Albarrán	Directora	_____
Dr. Fidel Benjamín Alarcón Hernández	Co director	_____
Dr. José Luis Gadea Pacheco	Revisor	_____
Dr. Esteban Montiel Palacios	Revisor	_____
M.C. Eréndira Salgado Baza	Revisor	_____

Atentamente  
**Por una humanidad culta**  
*Una universidad de excelencia*

C.c.e. Esmeralda Bautista Ortiz. Para su conocimiento.

Archivo.

Av. Nicolás Bravo S/N, Interior Parque Industrial Cuautla, Ayala, Morelos. C.P. 62715 Tel: (777) 329 7981 Ext. 6500 y 6501 Email: eesxalostoc@uaem.mx



Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 2 de abril del 2020

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No.

### Sello

**MARIA DEL CARMEN FUENTES ALBARRAN | Fecha:2021-03-22 14:12:26 | Firmante**

WJkYa4m2D0VA/i+oxfU8Htn1XLTE4KKwEYy+EhSUX1MAA7b5oO+FcpI2j/y+hhZzJdd9acu19I2vplneY4gadBQpgNh+BdEy0gtwHJBnWf/c1orDI4xQT5t9BqM1D3GdNkZCbrkK4FNqbsCu1Er1/wym8yqWwMb5yhaFAduVUEUdOoCt7xkflJVxyqp+lkgpIh4/77gsk2i6Cpoddjkyg4mGr/GZnVadshQMghyKrcjLuekWwjma+2S1/qbL2x1ivdt9U+3qxsobIKm6b6KOjeO6mUbyjVH73H9WznSneuQu+yj6J5oYwVvChPkrGhpR4R3ceFhR59LhtJhyKg==

**FIDEL BENJAMIN ALARCON HERNANDEZ | Fecha:2021-03-22 20:35:51 | Firmante**

utF9oZlrX34U3WPfaccBqqMxswsJO6bkCWEOyjrIrnAJeo9xJB4rXEWXirxZ4W7BI5tF0vOwRrp7I02NRZPR0pLYc+IVkUdHxI2Td+63bZIZAaaNkpJvPEeEeOVdZeS8xWOMUpNGWr7FOn0lrnxiWGPliZ+8FUBHIKlqBj5kV9AsU7+JCK+JMbdAmDMjptjrmq81RhljFZP7svbDjLzxf6U7jjaWzaDZTgzdGP1d7MTvg7VtUhtXvzITZvssmR7uGMhy/Yb7+ePaLUAXMg1OhLqi/8uExNpVes7YcWVxPWftVYg+BuBzgbWB5qyKMsjEG+mU0+xeK1u8BiDFJdQ==

**ESTEBAN MONTIEL PALACIOS | Fecha:2021-03-23 08:38:59 | Firmante**

NOFp5spQ8e6oWxw55+/3aPgccMplE8RzI2xgW/yBoQmOwYrMP5GrMULJMt9AFJv2MOiRM1nbiSV7mgOITVKAMDm2AII/XjMIDVenKI2gvNDnXOnGwDmoryXWbM9me1aD5pnu0XQomwRhqDKJKm9sNMBSNot6PFer446ovwb2EpYpQUb9c9uLTsPhwFJKH2xUV1n4wsLtaXmMHq6qhEUW6K6qm/eq9OIThr8RrxkCDJUCOjtwNqvPf5Y5tY1wdaduNPinpGH+r90QF9SHWxg5800eZ6lnKV1gey+asyvNvLLmpPjuwY9VwG+HGGAYxwc/Qhu8Xpmeo1Nen7hA==

**JOSE LUIS GADEA PACHECO | Fecha:2021-03-25 18:01:40 | Firmante**

bcvTftoKAV7eaW3ip5SGbdddubStUC3RMB8R4awQVfnm2W/yOrlpvUKnq3T7k+6jhoVjTCqB8ZMjOTRz3OP7J4yp1+PRbZGu2ibow8PYffEilCMixjIFtSwK4VqtpOJqUojJD5BcrpbwA5MIU3hsDYW2Z5ybCvWtPMxN1afGLEdyn4xEBqT7WZ0G50392aP8n1NcgHVd3YUqv3a5Grjzu8/rPzEanNGy8crsvLKMt2fCa0NIK/ncQmAr7zBGo/QtXdCsnL1m5HTjtXh/Yk0XlfJdUO7drFh5793h1fk1qxLF6IMMA5JEUW9+Jmfzv6DRch8PLMqgcUEP/9IW/Q==

**ERENDIRA SALGADO BAZA | Fecha:2021-05-03 11:24:22 | Firmante**

js4bYDTEsOntwb9kY9u1+5DialhMI9M2z7gM73L7W0WzTDac2b0jdoCfvn0GUHiXnsMkgpcByZ4IYD6cRUW2pzLjuZsbXuJfV9XC Lam220vfVnVkl/FXfespeFFYJhaPynu5EoE4+LBG9JLH9pVnsjcy8PjhDJH0yl5at6LxxbMR+8cJPlkw/cLYEwZYEP2PFH4yU6+0AvCx8pE+CyGwg38jZ1N83sBpAkcEt+2iSMChmC1E4nQLrXJw5fp3p3RfVbJsP1WsgjYfwDFrIGxjOPdYfUjwbpLSlDnKXl3qloCOSS3RhxTy+GQ+seTLRjvcS0RMTQ0f5KsCkcE8g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

HZFInf



<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/dFehRuxh1lgo5ni82m9clnd7fwvtvBNGp>

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco principalmente a Dios por darme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida, por concederme tener a mi madre que en las buenas y en las malas nunca se rindió y me dio todo su apoyo para que yo pudiera estudiar y lograr obtener una carrera, por todo su esfuerzo, sus consejos, su grande amor y su confianza en decirme que no importaban los obstáculos que se presentaran en el camino, siempre me alentaba y decía que yo podía.

A mi hermana quien me ha brindado todo su apoyo e inspirarme a seguir adelante y nunca rendirme por lo que quiero.

Agradezco también a mi directora de tesis la Doctora María del Carmen, quien nunca desistió en enseñarme, en brindarme su tiempo para corregirme, apoyarme y motivarme para que esto fuera posible. A mi Codirector el Doctor Fidel Benjamín quien también fue un gran apoyo para mí, por darme su tiempo para asesorarme.

A mis sinodales quienes estudiaron mi tesis y la aprobaron.

A todos los que me apoyaron para escribir y concluir esta tesis de todo corazón les doy mis más sinceras gracias por haber creído en mí.

**¡Muchas Gracias!**

## DEDICATORIA

Todo este esfuerzo está dedicado principalmente a mi madre la cual amo con toda mi alma y es a quien no solo dedico mi tesis, si no también mi vida, mi educación, por ser lo que soy hasta ahora, dedico cada esfuerzo, apoyo y consejos que me ha dado en cada paso de mi vida, por la oportunidad y confianza de creer en mí y darme una carrera universitaria, valoro el esfuerzo que hizo para que yo pudiera seguir estudiando hasta hacerla sentir orgullosa de mí.

También me incluyo en esta dedicatoria porque, aunque sé que esto solo es el comienzo de algo bueno para mí, me siento orgullosa de mi misma por este logro, por cumplir una meta más en mi vida, por la dedicación, la paciencia y todo el esfuerzo y tiempo dedicado, por confiar en mí y no defraudarme, si no impulsarme a seguir más adelante y saber que con la ayuda de Dios todo lo que me proponga sé que lo voy a lograr.

A mi hermana que la quiero mucho porque de alguna u otra manera siempre me ha apoyado para que yo lograra una mis metas y sé que estará para mí en todo momento, así como yo para ella.

A la universidad por abirme sus puertas, a los docentes quienes con cada una de sus asignaturas me llenaron de mucho aprendizaje, a mi directora de tesis y todos los que apoyaron y se involucraron en este trabajo.

Y a todas las personas que forman parte de mi vida y son tan importantes para mí y que de alguna manera recibí su apoyo y confianza pues es a ellos a quienes les dedico esta tesis.

## Lista de Figuras

<b>Figura 2.1</b>	Resina	.....17
<b>Figura 2.2</b>	Colorantes Ácidos	.....22
<b>Figura 2.3</b>	Pigmentos naturales	.....23
<b>Figura 2.4</b>	Cochinilla Fina	.....23
<b>Figura 2.5</b>	Cañadilla o caracol de mar	.....24
<b>Figura 2.6</b>	Sepia	.....24
<b>Figura 2.7</b>	Fruto con betalaína	.....25
<b>Figura 2.8</b>	Frutos con betaciantina	.....26
<b>Figura 2.9</b>	Carotenoides	.....27
<b>Figura 2.10</b>	Flavonoides	.....28
<b>Figura 2.11</b>	Taninos	.....28
<b>Figura 2.12</b>	Función de la clorofila	.....29
<b>Figura 2.13</b>	Estructura de los tipos de clorofila	.....30
<b>Figura 2.14</b>	Vista microscópica de los cloroplastos.	.....30
<b>Figura 2.15</b>	Absorción en el espectro visible	.....31
<b>Figura 2.16</b>	Estructura molecular de la clorofila C y D	.....32
<b>Figura 2.17</b>	Hoja de Espinaca	.....33
<b>Figura 2.18</b>	Contaminación odorífera en partes por billón.	.....36
<b>Figura 3.1</b>	Extracción del pigmento verde.	.....38
<b>Figura. 3.2</b>	Muestras de tinta.	.....40

<b>Figura 3.3</b>	Preparación de la tinta	.....40
<b>Figura 3.4</b>	Muestra de la tinta en el pizarrón	.....41
<b>Figura 3.5</b>	pH de la muestra	.....42
<b>Figura 3.6</b>	Comparación de absorbancia de la tinta convencional y experimental	.....43
<b>Figura 3.7</b>	Bioensayo de toxicidad	.....44
<b>Figura 3.8</b>	Prueba de agitación	.....45
<b>Figura 3.9</b>	Prueba de agitación a baño María	.....46
<b>Figura 3.10</b>	Marcadores con la tinta ecológica	.....46
<b>Figura 3.11</b>	Prueba de adherencia	.....47
<b>Figura 4.1</b>	Comportamiento del pH en la tinta experimental.	.....51
<b>Figura 4.2</b>	Espectro de absorbancia de la tinta convencional.	.....52
<b>Figura 4.3</b>	Espectro de absorbancia de la tinta experimental.	.....53
<b>Figura 4.4</b>	Absorbancia promedio medida durante 6 semanas.	.....54
<b>Figura 4.5</b>	Resultado del Bioensayo Testigo	.....55

<b>Figura 4.6</b>	Resultado de la tinta convencional	.....55
<b>Figura 4.7</b>	Resultado de la tinta experimental	.....56
<b>Figura 4.8</b>	Resultados promedio de la prueba de adherencia.	.....57
<b>Figura 4.9</b>	Resultados promedio de la prueba del olor.	.....58
<b>Figura 4.10</b>	Resultados promedio de la prueba de nitidez.	.....59
<b>Figura 4.11</b>	Resultados promedio de la prueba de borrado	.....60

### **Lista de Tablas**

<b>Tabla 3.1</b>	Cantidades de aditivos.	.....38
<b>Tabla 3.2</b>	Escala para evaluar la adherencia.	.....48
<b>Tabla 3.3</b>	Escala para evaluar el olor de la tinta.	.....48
<b>Tabla 3.4</b>	Escala para evaluar la nitidez.	.....49
<b>Tabla 3.5</b>	Escala para evaluar el borrado.	.....49

# ÍNDICE

Capítulo 1.....	12
INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Hipótesis.....	16
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo general.....	16
1.2.2. Objetivos Particulares.....	16
Capítulo 2.....	17
MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Resinas.....	17
2.2 Solventes.....	17
2.2.1 Tipos de solventes.....	18
2.3. Pigmentos.....	20
2.3.1 Colorantes Sintéticos.....	21
2.3.2 Colorantes inorgánicos.....	21
2.3.3 Colorantes orgánicos.....	21
2.3.4 Colorantes ácidos.....	21
2.4 Pigmentos naturales.....	22
2.4.1 Pigmentos de origen animal.....	23
2.5 Clasificación de los pigmentos naturales.....	25
2.5.2 Antocianinas.....	26
2.5.3 Los carotenoides.....	27
2.5.4 Flavonoides no antocianínicos.....	27
2.5.5 Tanínicos.....	28
2.5.6 Clorofílicos.....	29
2.5.7 Clorofila C y D.....	31
2.6 Espinaca ( <i>Spinacia oleracea</i> ).....	32
2.7 Métodos de prueba para la tinta.....	33
2.7.1 pH.....	34
2.7.2. Absorbancia.....	34
2.7.3. Toxicidad.....	34

2.7.4 Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga ( <i>Lactuca sativa L.</i> ).....	35
2.8 Pruebas de escritura .....	35
2.8.1 Adherencia .....	36
2.8.2 Olor .....	36
Capítulo 3 .....	37
DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	37
3.1 Aspectos Generales.....	37
3.2. Extracción de pigmento de la hoja de espinaca.....	37
3.3 Preparación de la tinta.....	38
3.4 Muestreo.....	41
3.4.1 Determinación del potencial de hidrógeno (pH) .....	41
3.4.2 Absorbancia .....	42
3.4.3 Toxicidad .....	43
3.4.4 Agitación Magnética .....	45
3.4.5 Baño de ultrasonido.....	45
3.5 Vaciado de la tinta en el envase de marcador .....	46
3.6 Pruebas de escritura .....	46
3.7 Adherencia .....	47
3.8 Olor .....	48
3.9 Nitidez .....	48
3.10 Borrado .....	49
Capítulo 4 .....	50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	50
4.1. Potencial de hidrógeno (pH) .....	50
4.2. Absorbancia .....	51
4.3 Toxicidad .....	54
4.4 Prueba de escritura.....	56
4.4.1 Adherencia.....	56
4.4.2 Olor .....	57
4.4.3 Nitidez .....	58
4.4.4 Borrado .....	59

Capítulo 5 .....	62
CONCLUSIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

El papel y lápiz no eran muy comunes en los años 1800 y anteriores, por lo que los estudiantes utilizaban pizarras individuales de porcelana o de madera pintadas de negro para escribir sus tareas. Como los maestros no tenían forma de transmitir información a una clase entera excepto verbalmente, a menudo tenían que escribir en la pizarra las tareas de cada estudiante. La primera pizarra se hizo de color negro, y su creación se le atribuye a la vieja escuela Superior de Edimburgo, en donde el director James Pillan la usó para enseñar geografía. El primer uso documentado de un pizarrón en los Estados Unidos fue en 1801, cuando George Barón, un instructor en la academia militar, utilizó uno para enseñar matemáticas. Con el pasar del tiempo, las pizarras llegaron a las oficinas y centros de investigación, especialmente en matemáticas y ciencias, porque eran muy útiles en entornos de grupo para la presentación de la información, para tomar notas y preservar las ideas nacidas durante las sesiones de lluvia de ideas. (Mendoza, 2000)

En la década de 1960, comenzaron a ser producidas las pizarras de color verde porque se creía un color más amigable que el negro, y además las tachaduras no eran tan perceptibles. En la década de 1980, las pizarras o tableros de borrado en seco, comenzaron a aparecer en las salas de conferencias corporativas. En el 2000, en casi una cuarta parte de todas las aulas con pizarras convencionales de los Estados Unidos, éstas fueron reemplazadas por pizarras acrílicas o computadoras, para proteger a los niños alérgicos al polvo de tiza. (Lambers. 1999)

Existe un antecedente del plumón en unos marcadores que se inventaron en los años cuarenta. Sldney Rosenthal inventó y comercializó unos productos de botella de vidrio con punta parecida a la piel. Fueron muy populares en E.U.A. Sin embargo, el plumón moderno fue inventado por Yuko Horie en 1962, lo diseñó para hacer

mejores trazos para la escritura japonesa. Se empezó a comercializar en 1963 por Pentel (una sociedad japonesa). Esa misma empresa desarrolló un plumón con punta de bola en 1973 y otro con punta cerámica en 1981. En los años setenta se inventaron los plumones de punta fina y los marcadores (para resaltar textos). En los ochenta se inventó el rotulador de seguridad con tinta invisible fluorescente que sirve para marcar objetos, documentos o cheques. Dicho rotulador fue comercializado por la compañía francesa Reynolds en 1985. (Bianchi, et al., 2011)

Caber mencionar que el plumón o marcador para pizarrón ha desbancado en su uso al gis. Tiene funciones muy específicas. Este artículo, hace trazos tanto en papel como en otras superficies. Hay de tinta permanente (hecha para durar) y de no permanente (que se puede borrar fácilmente con un paño). El primero regularmente se usa en cualquier superficie, incluyendo metal y rocas. El segundo en pizarrones o superficies porosas o vegetales. El plumón posee varios tintes, eso le permite una gran gama de colores, mayor a la del bolígrafo.

Con el paso del tiempo y la evolución de los pizarrones los objetos con que se escribía en ellos fueron cambiando. A principios de los noventa, cientos de colegios comenzaron a cambiar a los nuevos pizarrones blancos adquiriendo la ventaja de eliminar alergias en los usuarios, la durabilidad en el gasto de consumo, pues los gises daban un bajo rendimiento a diferencia de los marcadores. Los marcadores de pizarrón, también llamados de tiza líquida, borrado en seco, en la actualidad tienen una demanda creciente, desde que los pizarrones de madera para tiza fueron reemplazados por las pizarras blancas, porque brindan beneficios haciendo éstas mucho más limpias, saludables y fáciles de borrar.

El uso de las pizarras modernas ya no se limita a los establecimientos educativos, extendiéndose su uso a las oficinas y multiplicando el consumo de marcadores. Los marcadores para pizarra se diferencian de los demás debido a una formulación de tinta de secado rápido, con resinas cuyas propiedades exclusivas le permiten anclar sus partículas sobre superficies no porosas, y removerlas fácilmente utilizando un

pañó o borrador de fieltro. Estos marcadores son elaborados con tintas a base de pigmentos, ya que si se utiliza otro componente ocasionara que la tinta penetre en las superficies siendo muy difíciles de borrar. (Ruíz et al., 2010)

La calidad de un marcador puede determinarse por las cualidades de sus partes: una buena punta no se deforma y dibuja una línea uniforme, sin doble trazo; la tinta, siendo de tonalidad intensa y densa cobertura, al borrarse no debe dejar fantasmas (sombras) sobre el tablero y a la vez debe ser de secado rápido; la tapa tendrá un cierre hermético, ya que cuando quedan mal tapados esta clase de marcadores se seca mucho más rápido que los demás por eso se recomienda almacenarlos en posición horizontal para evitar que la punta se seque y de esta manera prolongar su duración.

En la actualidad, el uso excesivo de estos marcadores se ha convertido en una problemática para el ser humano, ya que la mayoría de los ingredientes son sustancias derivadas del petróleo y son consideradas con un grado mayor de toxicidad, también pueden afectar levemente al sistema nervioso central si se mantiene en contacto prolongado con las mismas, debido al gran contenido de alcohol y a los olores que se perciben inmediatamente al destapar un marcador. Además, ambientalmente también constituyen un problema, ya que una vez que se termina la tinta, los envases son desechados afectando al suelo, ríos y mares.

Los marcadores para pizarrón están basados en solventes a base de alcohol, o de solventes sin alcohol como el metaxileno y el tolueno. Ambos con el benceno como base para formarlos. El benceno es una sustancia que forma parte del petróleo y es clasificado como cancerígeno por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. El tolueno aspirado por el ser humano forma diferentes reacciones químicas en el cuerpo. (Castello, 2006)

En diferentes investigaciones se ha estudiado el uso de colorantes naturales en sustitución de los sintéticos siendo efectivos y de bajo costo. En particular, la extracción de pigmentos naturales de las frutas o verduras trae consigo diversas ventajas las cuales hacen que la tinta sea amigable con el ambiente ya que también

permite volver a rellenar los marcadores al término de la tinta, reduciendo así un gran número de envases contaminantes.

Los pigmentos naturales se encuentran principalmente en las frutas, en la tierra y vegetales, se utilizan no solo para darle color natural a los alimentos, sino también para teñir telas, plásticos, textiles, cosméticos y en este caso elaborar tintas para marcador. Existen diferentes tipos de pigmentos como son: clorofilas, carotenoides y antocianinas, los cuales son responsables de obtener principalmente los colores verde, rojo, amarillo, azul y violeta.

La clorofila también denominada como la sangre de las plantas, es el pigmento más conocido por su capacidad de absorber luz y se encuentra en orgánulos específicos. Se conoce el pigmento verde de las plantas, como la sustancia responsable de la absorción lumínica en la fotosíntesis y capaz de absorber la luz roja y azul, mas no la verde. Puede formarse en las raíces, tallos, hojas y frutos a condición de que estos órganos estén situados por encima del suelo y queden expuestos a la luz. También, aunque aparentemente falten en algunas hojas de color rojo o amarillo, cuando se extraen las otras sustancias colorantes de éstas, puede comprobarse incluso allí la presencia de las clorofilas, que estaban enmascaradas por los demás pigmentos. (Goldberg, 2010)

La principal función de la clorofila es la absorción de fotones de luz provocando la excitación de un electrón, ese electrón excitado cede su energía, volviendo al estado normal, a algún pigmento auxiliar (a veces otras clorofilas), donde se repite el fenómeno; al final el electrón excitado facilita la reducción de una molécula, quedando así completada la conversión de una pequeña cantidad de energía luminosa en energía química, ésta una de las funciones esenciales de la fotosíntesis.( Frank,1992)

## **1.1. Hipótesis**

Es factible elaborar tinta para marcador de pizarrón blanco, empleando extractos de espinaca (*Spinacia oleracea*).

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Elaborar tinta de color verde para marcador empleando extractos de espinaca (*Spinacia oleracea*), evaluando su desempeño y funcionalidad con respecto a la tinta convencional.

### **1.2.2. Objetivos Particulares**

- Elaborar tinta color verde para marcador empleando extractos de espinaca.
- Comparar la calidad de la tinta elaborada con la tinta convencional, mediante pH, toxicidad y absorbancia.
- Examinar la funcionalidad de la tinta mediante pruebas de adherencia, nitidez, aroma y borrado en un pizarrón blanco, considerando como referencia la norma NMX N-102-SCFI-2009 Artículos para escritura-Plumones y Marcadores, así como las pruebas realizadas por PROFECO (Procuraduría Federal del Consumidor) para artículos escolares.

## Capítulo 2

### MARCO TEÓRICO

El uso de las tintas de marcador representa una problemática desde el punto de vista ambiental, debido a los ingredientes con los que están elaborados, ya que éstos resultan ser tóxicos. Normalmente una tinta de marcador semipermanente está elaborada de pigmentos, resinas, y solventes. (Rivero,2013)

#### 2.1 Resinas

Son aquellas sustancias orgánicas segregadas por muchas plantas, en especial por árboles tipo conífera, que sufren un proceso de polimerización o secado dando lugar a productos sólidos siendo en primer lugar líquidas. Así, también se consideran resinas algunas sustancias sintéticas con propiedades semejantes a las resinas naturales. (Evert et al., 2013)

En la figura 2.1 se muestra una imagen de la resina.



Figura 2.1. Resina (Hernández, 2009).

#### 2.2 Solventes

Los solventes son compuestos orgánicos basados en el elemento químico carbono. Producen efectos similares a los del alcohol o los anestésicos. Los solventes

industriales de mayor uso son los cementos (tricloroetileno, tetracloroetileno), los pegamentos (tolueno, acetato de etilo y varias acetonas), el tñner (destilados de petr3leo, benceno, acetona, tricloroetileno, tetracloroetileno) y los removedores de barniz o pintura (acetona, tolueno, benceno, cloruro de metileno).

### 2.2.1 Tipos de solventes

#### ➤ Aromáticos

Son compuestos qu3micos de distinto origen y naturaleza, son utilizados por su excelente poder disolvente y su buena compatibilidad con los pol3meros. Estos compuestos se obtienen mediante la destilaci3n fraccionada del petr3leo. Son productos l3quidos, volátiles, y con olor característico. Son solubles en disolventes orgánicos, pero no con agua pues es muy poco hidrosoluble. Son productos inflamables por lo que se debe tener extremo cuidado en la manipulaci3n y almacenamiento.

- ✓ **Tolueno:** Llamado tambi3n metilbenceno, l3quido de olor parecido al del benceno, incoloro e inflamable; es un componente importante en el alquitrán de hulla, se obtiene de la destilaci3n fraccionada del petr3leo.
- ✓ **Xileno:** Tiene tres is3meros (orto, meta y para); l3quido inflamable, de olor semejante al del benceno, incoloro; se encuentra en el alquitrán de hulla. Se utiliza como disolvente o como diluyente. Sus usos principales son: solventes para resinas, lacas, esmaltes, caucho, tintas.
- ✓ **Ciclohexano:** Se utiliza como materia prima para la producci3n de caprolactama y en la elaboraci3n del ácido adípico, que a su vez son materias primas para su fabricaci3n de nylon. (Masschelein, 2004)

### ➤ **Acetatos**

Un acetato es una sal formada por la combinación de ácido acético con una base alcalina, terrosa, metálica o no metálica y de otra base. El acetato también describe la base conjugada (específicamente, el ion cargado negativamente llamado anión) que se encuentra típicamente en una solución acuosa y que se escribe con la fórmula química  $C_2H_3O_2$ .

- ✓ **Acetato de Etilo:** Líquido incoloro, fácilmente inflamable, hierve a 74 - 77°C, se obtiene por destilación del alcohol con ácido acético. Se ocupa para la extracción líquida de antibióticos, en la industria de pinturas se ocupa como solvente activo para disolver las resinas sintéticas ocupadas en la formulación de éstas. Otros usos son en la industria de fragancias, tintas, saborizantes, etc.
- ✓ **Acetato de Butilo:** Líquido incoloro, fácilmente inflamable, hierve a 126.5 °C. Se recomienda como disolvente y para aumentar el número de octanos. (Mendoza,2017)

### ➤ **Cetonas**

Son compuestos orgánicos que poseen un grupo carbonilo ( $>CO$ ). Son compuestos simples en los que el carbono del grupo carbonilo está unido a dos átomos de carbono (y a sus cadenas sustituyentes). Las cetonas son «simples» porque no poseen grupos reactivos como el  $-OH$  o  $-Cl$  unidos al carbono.

- ✓ **Acetona:** Líquido aromático, incoloro, inflamable, es la cetona más sencilla, importante como disolvente y medio de extracción. Se emplea principalmente como disolvente en la fabricación de acetato de celulosa, pinturas, lacas y adhesivos, colorantes de la serie de la difenilamina, isopreno, piel artificial, mezclas adhesivas de nitrocelulosa, lubricantes, perfumes, productos farmacéuticos, plásticos, cementos ahulados, extracción de grasas y aceites, tónicos, purificación de parafina, etc.

- ✓ **Metil Isobutil Cetona:** Líquido incoloro, inflamable y tóxico de olor parecido al de la acetona y el alcanfor. Es parcialmente soluble al agua, miscible en alcohol. Se emplea en síntesis orgánicas, solventes de gomas, resinas, lacas de nitrocelulosa, producción de recubrimientos y adhesivos.
- ✓ **Metil Etil Cetona:** Olor parecido a la menta (fragante y moderadamente penetrante), líquido incoloro, brillante, muy volátil y altamente inflamable, insoluble en agua. Es utilizado en la producción de disolvente para revestimiento, adhesivo, cintas magnéticas, separación de la cera de los aceites lubricantes, tintas de imprenta, cuero sintético. (J Rivas, et al,2013)

### 2.3. Pigmentos

Es un material que cambia el color de la luz que refleja o transmite como resultado de la absorción selectiva de la luz según su longitud de onda (que es el parámetro determinante del color). Este proceso físico es diferente a la fluorescencia, la fosforescencia y otras formas de luminiscencia, en las cuales el propio material emite luz. Ciertos materiales absorben selectivamente ciertas ondas de luz, dependiendo de su longitud de onda. Los materiales que los seres humanos han elegido y producido para ser utilizados como pigmentos por lo general tienen propiedades especiales que los vuelven ideales para colorear otros materiales; esos pigmentos deben tener una alta fuerza teñidora relativa a los materiales que colorean; además deben ser estables en forma sólida a temperatura ambiente.

Los pigmentos son utilizados para teñir pintura, tinta, plástico, textiles, cosméticos, alimentos y otros productos. La mayoría de los pigmentos utilizados en la manufactura y en las artes visuales son colorantes secos, usualmente en forma de polvo fino. Existen diferentes tipos de pigmentos, en los siguientes apartados se hace una descripción de algunos de ellos.

### **2.3.1 Colorantes Sintéticos**

Los colorantes sintéticos pueden dividirse de acuerdo con su composición química en dos grupos principales: productos inorgánicos y productos orgánicos, y éstos a su vez se dividen en colorantes solubles y pigmentos insolubles.

### **2.3.2 Colorantes inorgánicos**

También se denominan colorantes térreos o minerales y se obtienen por vía natural (minas) o artificial (síntesis química). Se trata de compuestos metálicos de diferente color (rojo de óxido de hierro, amarillo de cromo, azul de ultramar, azul cobalto). Tienen la característica de ser insolubles en agua, y reciben la denominación de pigmentos. Para la tintura de textiles, los pigmentos se utilizan de forma muy limitada debido a su insolubilidad en agua.

### **2.3.3 Colorantes orgánicos**

Se presentan en forma de pigmentos o de colorantes. Su obtención natural ha sido casi completamente desplazada por la fabricación por síntesis química. Los colorantes y pigmentos sintéticos, como productos de reacción del enorme sector de la química orgánica, constituyen el grupo de los productos coloreados más utilizados en la industria textil. En la química de los colorantes se suele establecer una división de los colorantes y pigmentos de acuerdo con su constitución, es decir, según el grupo funcional al que pertenezcan (por ejemplo; azoicos, de trifenilmetano, de antraquinona, de oxazina).

### **2.3.4 Colorantes ácidos**

Estos colorantes sintéticos se utilizan principalmente para la tintura de lana, seda y poliamida. Se aplica típicamente en un baño que puede variar desde fuertemente ácido a neutro, y por lo general a temperaturas cercanas al punto de ebullición. La unión entre el colorante y la fibra puede ser compleja. Hay un gran número de colorantes ácidos, con una amplia variedad de propiedades. En la figura 2.2 se puede observar una imagen de los colorantes ácidos.



**Figura 2.2** Colorantes Ácidos (Gibaja,1998).

## 2.4 Pigmentos naturales

Hacen referencia a los tintes o colorantes derivados de las plantas, invertebrados o minerales. Los pigmentos naturales son una opción ecológica para evitar utilizar pigmentos sintéticos que a menudo resultan tóxicos al sistema respiratorio y piel. La naturaleza ofrece alternativas para extraer colores de forma natural, tanto de origen biológico como vegetales, frutas, flores o especias o de origen mineral.

La naturaleza proporciona los medios para obtener diferentes colores, algunas opciones son:

**Rosa:** Piel y huesos de aguacate, madera de palo de Brasil, remolacha.

**Rojo:** Frambuesas, pimienta roja, grana cochinilla.

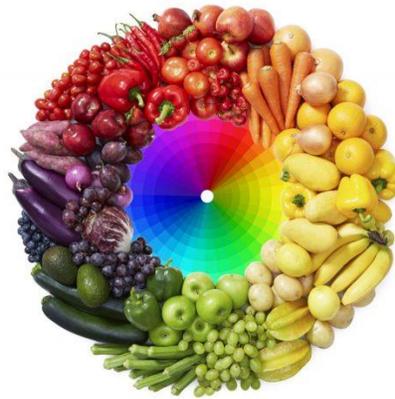
**Amarillo y naranja:** Piel de cebolla, cúrcuma.

**Tonos oscuros y marrones:** té negro, café.

**Verde:** Hierbas, hojas de menta, espinaca, romero.

**Azul, Violeta y lilas:** arándanos, moras negras, col lombarda, índigo, frijoles negros. (S Gibaja,1998)

En la figura 2.3 se observa una imagen de las frutas y vegetales donde se encuentran los pigmentos naturales.



**Figura 2.3** Pigmentos naturales (Flavorix, 2012).

### 2.4.1 Pigmentos de origen animal

- **Insectos terrestres:** El más apreciado es la grana cochinilla. La cochinilla fina pertenece a la especie *Dactylopius coccus* Costa, que se cultiva desde tiempos prehispánicos para la producción de la “grana”, colorante rojo (debido a la presencia del ácido carmínico), muy cotizado por sus múltiples usos en la tinción de fibras textiles, la industria de los alimentos cárnicos y lácteos, en productos farmacéuticos, cosméticos y para la elaboración de tinciones histológicas y bacteriológicas. En la figura 2.4 se observa la imagen de la cochinilla Fina.



**Figura 2.4** Cochinilla Fina (Olea, et al., 2016).

- **Animales marinos:** La cañadilla o caracol de mar es una especie del género *Murex* de la familia Muricidae, del cual se extrae el color cuyo tono

puede variar entre un rojo purpúreo y el morado, el color se encuentra en la glándula hipobranquial del caracol de mar. En la figura 2.5 se observa que el color morado se obtiene de la cañadilla de mar.



**Figura 2.5** Cañadilla o caracol de mar (Zittel, 1895).

Los sepíidos (Sepiida) son moluscos cefalópodos conocidos con el nombre de sepia, jibia, choco o cachón. La sepia ha provisto a las personas de un colorante marrón, el cual se obtiene de la tinta de este molusco marrón. (Maldonado,2016).

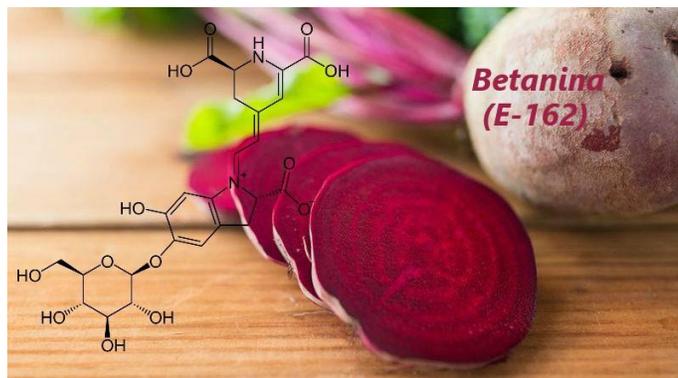
En la figura 2.6 se muestra la imagen de la sepia.



**Figura 2.6** Sepia (Maldonado,2016).

## 2.5 Clasificación de los pigmentos naturales

- **Betalaínas:** Son un grupo de compuestos presentes en un número limitado de plantas del orden Caryophyllales y algunas del género Basidiomycetes. Aunque es el betabel o remolacha roja la fuente de betalaínas más estudiada y utilizada hoy en día, también están presentes en numerosas flores, frutas y verduras como clavel y amaranto, higos chumbos y frutas tropicales, acelgas y champiñones, entre otras. Son responsables de un gran abanico de coloraciones que abarcan desde los amarillos hasta los rojos intensos, lo que les proporciona un amplísimo potencial para ser utilizadas como colorantes naturales y desbancar así al uso de colorantes sintéticos. En la figura 2.7 se observa que el betabel contiene betalaína.



**Figura 2.7** Fruto con betalaína (Azeredo, 2009).

Dentro de las betalaínas se encuentran 2 clasificaciones de pigmentos como son: las betaciantinas y las betaxantinas.

- **Betaciantinas:** se identifican por el color rojo o violeta y se encuentran en frutos como la cereza, betabel, arándano, etc. En la figura 2.8 se observan los frutos que contienen betaciantina.



**Figura 2.8** Frutos con betaciantina (Garzón,2008).

- **Betaxantinas:** se encuentran en hongos venenosos y se identifican con el color amarillo.

### **2.5.2 Antocianinas**

Son pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células vegetales y que otorgan el color rojo, púrpura o azul a las hojas, flores y frutos. Desde el punto de vista químico, las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides y son glucósidos de las antocianinas, es decir, están constituidas por una molécula de antocianina, que es la aglicona, a la que se le une un azúcar por medio de un enlace glucosídico. Sus funciones en las plantas son múltiples, desde la de protección de la radiación ultravioleta hasta la de atracción de insectos polinizadores. La estabilidad de las antocianinas está determinada por el grado de oxidación, la temperatura, la fuerza iónica, la acidez y la interacción con otros radicales y moléculas complejas. En las antocianinas se produce el efecto batocrómico, que consiste cuando cambia la acidez, es decir el pH, se pasa del rojo a naranjado en condiciones ácidas, como el de la pelargonidina, al rojo intenso-violeta de la cianidina en condiciones neutras, y al rojo púrpura-azul de la delfinidina, en condiciones alcalinas. (Garzón,2008)

### 2.5.3 Los carotenoides

Son pigmentos liposolubles (sustancias que se pueden disolver en grasas y aceites) naturales que son sintetizados por las plantas, algas y bacterias fotosintéticas. Los carotenoides son las fuentes de los colores amarillo, naranja y rojo de muchas plantas, el color rojo y anaranjado de las naranjas, los tomates y las zanahorias y el amarillo de muchas flores. Algunos de los carotenoides, como el beta-caroteno, se pueden convertir en vitamina A y son denominados carotenoides provitamina. (Mosquera y Gálvez,2005)

La figura 2.9 muestra las verduras y frutas donde se encuentran los carotenoides.



**Figura 2.9** Carotenoides (Aguilar, et al.,2017).

### 2.5.4 Flavonoides no antocianínicos

Se presentan por su característica principal el cual es dar el color amarillo. Se encuentran, por lo general, frutas como naranja y la mandarina, verduras, semillas y flores, así como en cerveza, vino, té verde, té negro y soja. Los flavonoides se encuentran también en extractos de plantas como arándano, ginkgo biloba, cardo, mariano. Desempeñan un papel importante en la biología vegetal; así, responden a la luz y controlan los niveles de las auxinas reguladoras del crecimiento y diferenciación de las plantas. (Asuero,2002)

La figura 2.10 muestra donde se encuentran los flavonoides.



**Figura 2.10** Flavonoides (Brunel,2015).

### 2.5.5 Tanínicos

Los taninos se encuentran en gran cantidad de árboles, siendo las agallas de roble y la corteza de zumaque las mejores materias para su obtención. También se utilizan las hojas del aliso, nogal, frambueso, fresal y zarza; frutos y hojas del arándano; sumidades de agrimonia; raíz de tormentila, bistorta y pimpinela, entre otros.

Para la extracción de los taninos se utiliza una mezcla de agua y alcohol, o simplemente agua. Posee una gama de colores que oscila del amarillo al castaño oscuro, y se encuentra en la madera, tallos, hojas, raíces y frutos de los robles, los castaños y las verdolagas como se muestra en la figura 2.11. (Isaza,2007)



**Figura 2.11** Taninos (Carbadillo,1999).

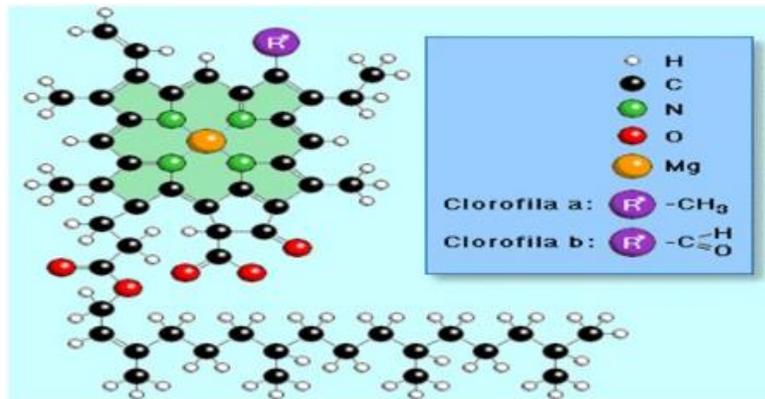
## 2.5.6 Clorofílicos

En las plantas superiores, la fotosíntesis es posible debido a la presencia en el cloroplasto, concretamente en las membranas tilacoidales, de una serie de pigmentos que tienen capacidad para captar la luz. Las clorofilas están compuestas por una porfirina que lleva incorporado un átomo de magnesio en el centro del núcleo tetrapirrólico. El ion  $Mg^{2+}$  está coordinado con los cuatro átomos de nitrógeno centrales, lo que hace de la clorofila un complejo extraordinariamente estable. Las clorofilas son una familia de pigmentos de color verde que se encuentran en las cianobacterias y en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos en sus células (plantas y protistas), es crítica en la fotosíntesis, proceso que permite a los organismos absorber energía a partir de la luz solar y transformarla en compuestos orgánicos y oxígeno. La figura 2.12 muestra la función de la clorofila.



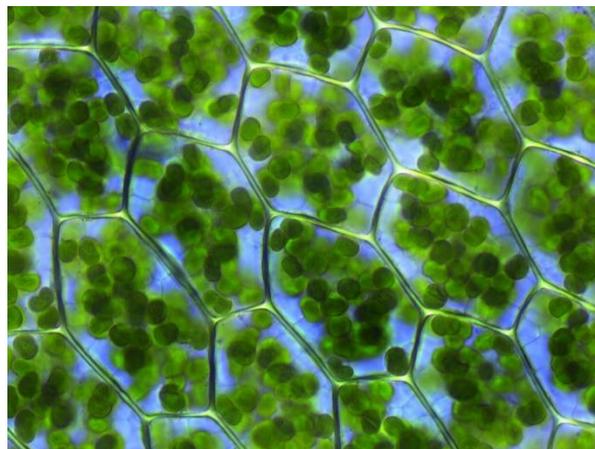
Figura 2.12 Función de la clorofila (Joskat,2001).

Existen varios tipos de clorofilas, las más importantes de las cuales son la "a" (verde azulado), y la "b" (verde amarillento). La clorofila "a" tiene un grupo  $-CH_3$  en la posición 3 del grupo tetrapirrólico, mientras que la clorofila b tiene un grupo  $-CHO$  en esa misma posición como se muestra en la figura 2.13.



**Figura 2.13** Estructura de los tipos de clorofila (Sabater, 2005).

También, aunque aparentemente falten en algunas hojas de color rojo o amarillo, cuando se extraen las otras sustancias colorantes de éstas, puede comprobarse incluso allí la presencia de las clorofilas, que estaban enmascaradas por los demás pigmentos. Los pigmentos clorofílicos no son hidrosolubles, y se hallan en prácticamente todas las plantas verdes del planeta. Existen también en los cloroplastos dos clases de pigmentos amarillos y amarillo-anaranjados que son las xantofilas y carotenos. La figura 2.14 se observa la vista microscópica.

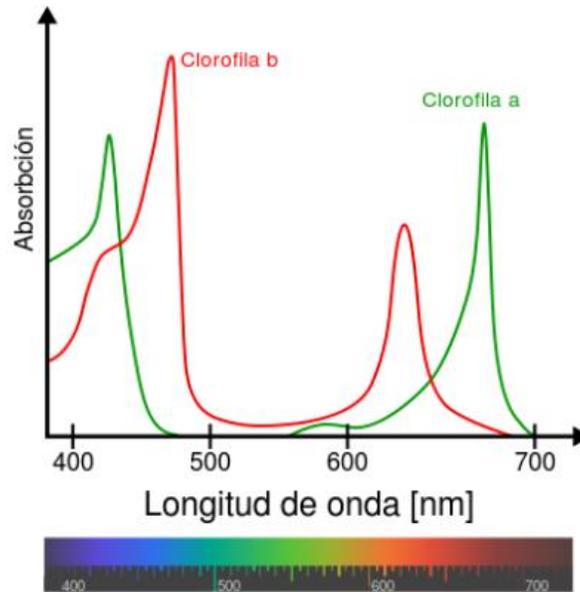


**Figura 2.14** Vista microscópica de los cloroplastos (Raynier, 2011).

En la figura 2.15 se observa que las clorofilas tienen típicamente dos rangos de absorción en el espectro visible:

- a. En la zona de la luz azul (400-500 nm).
- b. En la zona roja del espectro (600-700 nm).
- c. Las clorofilas reflejan la parte media de color verde (500-600 nm).

(Jorge, 2000)



**Figura 2.15** Absorción en el espectro visible (Jorge, 2000).

### 2.5.7 Clorofila C y D

También existe una clorofila C, la cual se puede hallar en algas pardas, pero es una clorofilita la cual le falta la cola de fitol y los átomos de hidrógeno en las posiciones 7 y 8 en el anillo IV. La clorofila D ha sido encontrada en las algas rojas mientras que la bacterioclorofila es el pigmento típico de los bacterios fototrópicos. (Frank B, 1994)

En la figura 2.16 se observa la estructura molecular de la clorofila C y D.

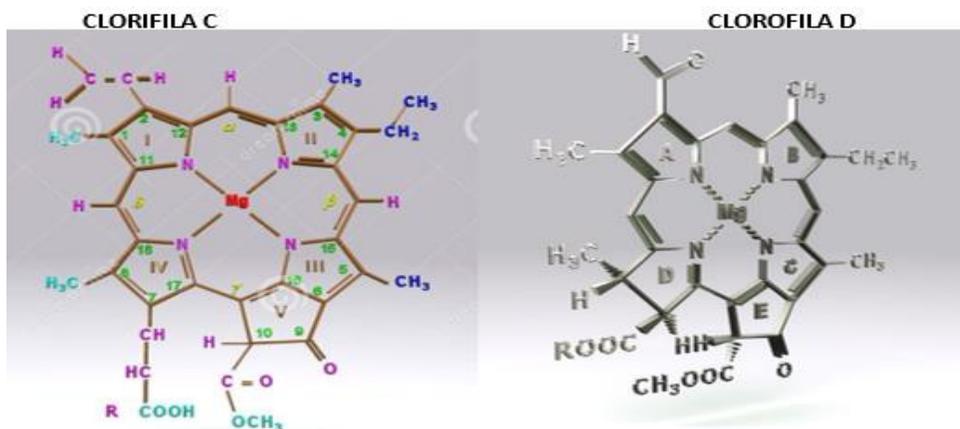


Figura 2.16 Estructura molecular de la clorofila C y D (Joseph, 2012).

## 2.6 Espinaca (*Spinacia oleracea*)

La espinaca pertenece a la familia de las Amaranthaceae es una planta anual, cuyo aprovechamiento tiene lugar cuando es joven pues después emite un tallo floral y pierde totalmente su valor comercial como planta comestible. En una primera fase la planta forma una roseta de hojas. Esta etapa es de duración variable según condiciones climáticas; posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que se desarrollarán las flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas. Entre ellas se diferencian fácilmente ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales y tardan más en desarrollar la semilla. Por ello son más productivas.

Las hojas son carnosas y con forma de flecha en los tipos originales. Igualmente las hay rizadas, lisas y abullonadas. El sistema radicular es superficial, la raíz es larga y gruesa, de color rojizo y de sabor un poco dulce. El tallo es largo y carnoso; erecto y mide de 30 cm a 1 m de longitud.

Las hojas son caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia variables en función de la variedad. El color es verde oscuro.

El peciolo es cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo conforme soporta las hojas de reciente formación y desaparece en las que se sitúan en la parte más alta del tallo. Las flores masculinas se agrupan de 6-12 en las espigas terminales o axilares.

Presentan un color verde y consisten en un periantio formado por 4 a 5 pétalos y 4 estambres.

La facultad germinativa tiene una duración de 4 años. Esta planta prefiere el frío, que resiste muy bien. Crece fácilmente en terrenos arenosos o arcillosos.

Las espinacas presentan una gran cantidad de agua y muy bajo contenido de proteínas, hidratos de carbono y lípidos. Poseen un alto valor nutricional, siendo una de las verduras más ricas en calcio, magnesio, hierro y potasio, así como en vitaminas A, C y ácido fólico.

Es altamente perecedera y no mantiene su calidad por más de dos semanas. Las condiciones óptimas para su conservación es una temperatura de 0 ° C y unos porcentajes de 95 – 98 % en cuanto a la humedad relativa. (Gutierrez,2015). La figura 2.17 ilustra la hoja de espinaca.



**Figura 2.17** Hoja de espinaca (Gutierrez,2015).

## **2.7 Métodos de prueba para la tinta**

Para las pruebas realizadas en este estudio, se consideró como referencia la norma mexicana **NMX-N-102-SCFI-2009 Artículos para escritura Plumones y Marcadores**, así como los estudios que realiza PROFECO referente a bolígrafos,

para definir las pruebas a realizar en la tinta experimental y convencional. Las pruebas realizadas se describen en los siguientes apartados.

### **2.7.1 pH**

El pH es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una sustancia. Se expresa como el logaritmo negativo de base de 10 en la actividad de iones de hidrógeno. El método conveniente para medir la acidez de la tinta es utilizando un potenciómetro o medidor de pH el cual es un instrumento científico que mide la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas, indicando su grado de acidez o alcalinidad. El valor de pH es un parámetro que permite clasificar las sustancias, según su valor, en neutras (pH = 7), ácidas (pH menor que 7) y básicas (pH mayor que 7) (Rollie, et al, 2010).

### **2.7.2. Absorbancia**

Es un método científico utilizado para medir cuanta luz absorbe una sustancia química, midiendo la intensidad de la luz cuando un haz luminoso pasa a través de la solución muestra, basándose en la Ley de Beer-Lambert. Para medir la absorbancia de la tinta se utiliza un espectrofotómetro el cual es un aparato que sirve para medir la luz absorbida por una sustancia con respecto a una longitud (o intervalo) de onda determinada. (Díaz, et al, 2002)

### **2.7.3. Toxicidad**

Se utiliza para medir la capacidad de una sustancia química para producir daño a los seres vivos. Estos ensayos, básicamente, consisten en la exposición de grupos de organismos, a determinadas concentraciones de la sustancia tóxica por un tiempo determinado. Los organismos deben estar en buenas condiciones de salud, previamente aclimatados a las condiciones del ensayo, y se mantienen en condiciones ambientales constantes. Los efectos tóxicos a evaluar pueden ser:

mortalidad, inmovilidad, inhibición del crecimiento de la población, alteración del comportamiento, entre otros.

#### **2.7.4 Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.)**

La evaluación de toxicidad de la tinta se realizará mediante un bioensayo con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Ésta es una prueba estática de toxicidad (120 h de exposición) en la que se pueden evaluar los efectos fitotóxicos de compuestos puros o de mezclas complejas en el proceso de germinación de las semillas y en el desarrollo de las plántulas durante los primeros días de crecimiento. Como puntos finales para la evaluación de los efectos fitotóxicos, se determina la inhibición en la germinación, elongación de la radícula y del hipocótilo. Es importante destacar que durante el periodo de germinación y los primeros días de desarrollo de la plántula ocurren numerosos procesos fisiológicos en los que la presencia de una sustancia tóxica puede interferir alterando la supervivencia y el desarrollo normal de la planta, siendo por lo tanto una etapa de gran sensibilidad frente a factores externos adversos. (Mendoza, 2000)

### **2.8 Pruebas de escritura**

De acuerdo a la Norma Mexicana **NMX-N-102-SCFI-2009** es importante realizar pruebas de escritura para determinar si la tinta cumple con las características necesarias para poder ser utilizada y comercializada. Dentro de las especificaciones que esta norma requiere es que la tinta no debe escurrir sobre la superficie que se está utilizando al momento de escribir.

El color debe ser intenso el cual pueda ser visible a una cierta distancia, al momento de borrar la tinta no debe dejar ningún tipo de residuos sobre el área, ni sombras, ni manchas y debe ser fácil de quitar, no tiene que generar alguna discontinuidad en los trazos al momento de escribir.

Se debe de realizar la prueba de secado en el pizarrón para verificar si al pasar el tiempo la tinta se puede borrar fácilmente, también se debe comprobar que el plumón no se seque rápidamente al momento de dejarlo destapado.

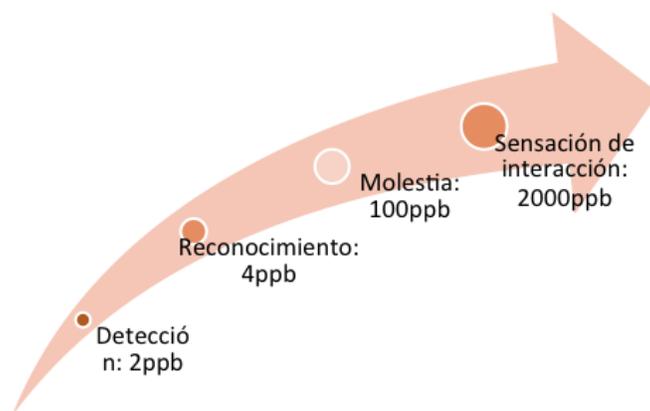
## 2.8.1 Adherencia

La prueba de adherencia en los diferentes tipos de marcadores o plumones es necesario que se realice para asegurar que la tinta se una adecuadamente a las superficies donde se aplique.

## 2.8.2 Olor

Los malos olores son un problema ambiental que son provocados por diversas actividades, son un tipo de contaminación ambiental, aunque no llegue a ser tóxico, un mal olor es un agente contaminante, que provoca malestar, molestias respiratorias, alteraciones psicológicas, etc. Y a este respecto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) es muy clara: si hay malestar, hay un problema de salud.

Podría haber sustancias, gases o vapores, que sean tóxicos o que representaran algún problema de riesgo, sólo por el hecho de ser molestos a la nariz de una persona, deberían ser propósito de regulación como otros contaminantes. Los olores se caracterizan como agradables, neutros o desagradables. En este caso más específicamente se podría afirmar que incluso si son inocuos a la salud son contaminantes en tanto pueden perturbar o molestar a las personas. La figura 2.18 representa la contaminación odorífera en partes por billón.



**Figura 2.18** Contaminación odorífera en partes por billón (Hernandez,2017).

## Capítulo 3

### DESARROLLO EXPERIMENTAL

El proceso para obtener la tinta color verde se desarrolló en dos etapas; la primera es la obtención de la tinta a partir del pigmento vegetal, la segunda en la inyección de la tinta en un marcador y realización de las pruebas de pH, toxicidad y absorbancia.

#### 3.1 Aspectos Generales

Para desarrollar la tinta color verde se utilizó un mortero con pistilo mediano, una balanza analítica de la marca *Velab, modelo VE-204*, pipetas volumétricas de 20 ml, tubos de ensaye, hojas de espinaca, como solvente se utilizó alcohol etílico y como aditivos se utilizó jabón neutro, aceite de almendras, azúcar glass y glicerina. Para probar la funcionalidad de la tinta experimental en el pizarrón, se utilizaron marcadores reciclados de la marca refillable que fueron lavados para verter la tinta.

#### 3.2. Extracción de pigmento de la hoja de espinaca

Para la extracción del pigmento verde se utilizaron 20 g de hojas de espinaca las cuales se pesaron en una balanza analítica. Se seleccionaron estos vegetales debido a sus propiedades las cuales las diferencian de las demás plantas porque contienen una mayor cantidad de clorofila. Se lavaron y se cortaron en pequeños trozos los cuales se depositaron un el mortero y con la ayuda de la pipeta volumétrica se midieron 15 ml de alcohol etílico que fue utilizado como solvente. Se trituroó hasta que se mezcló el alcohol y las hojas, y así obtener un color verde como lo muestra la figura 3.1



**Figura. 3.1** Extracción del pigmento verde.

### 3.3 Preparación de la tinta

Después de extraer el pigmento verde, se agregaron a la mezcla diferentes aditivos. Variando la cantidad de cada uno, se examinaron 18 muestras hasta poder obtener que la tinta tuviera una consistencia adecuada y se borrara fácilmente del pizarrón. Los aditivos y las cantidades correspondientes se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla. 3.1** Cantidades de aditivos.

No. de muestra con el pigmento extraído	Aditivos y cantidades					
	Sal (g)	Azúcar (g)	Jabón neutro (ml)	Aceite de resino (ml)	Glicerina (ml)	Aceite de almendras (ml)
1	2	3	-	-	-	-
2	2	5	-	-	-	-

<b>3</b>	3	4	-	-	-	-
<b>4</b>	2	2	5	-	-	-
<b>5</b>	1	2	10	-	-	-
<b>6</b>	-	1	5	-	-	-
<b>7</b>	-	-	1	1	-	-
<b>8</b>	-	-	2	1	-	-
<b>9</b>	2	3	5	1	-	-
<b>10</b>	3	5	-	3	-	-
<b>11</b>	3	3	3	3	-	-
<b>12</b>	1	1	2	1	-	-
<b>13</b>	-	1	4	-	1	
<b>14</b>	1	1	5	2	2	1
<b>15</b>	-	-	5	-	-	2
<b>16</b>	-	0.5	6	-	3	1
<b>17</b>	-	2	4	-	5	-
<b>18</b>	-	2	6	-	6	2

Fuente: Elaboración propia

Cada tinta obtenida se colocó en diferentes tubos de ensaye colocando la fecha y la cantidad de cada aditivo y se almacenaron a temperatura ambiente como se observa en la figura 3.2.

Posteriormente se realizaron pruebas de escritura de cada una de las tintas para observar si el color, la textura, el olor, la resistencia y la consistencia eran los adecuados, esto se realizó para seleccionar que cantidad de aditivos se tenían que utilizar para elaborar una tinta con las características similares a la tinta convencional.



**Figura. 3.2** Muestras de tinta.

Después de realizar las pruebas de escritura con las diferentes tintas obtenidas, se seleccionó la tinta con características similares a la tinta convencional (fácil de borrar, sin residuos, sin dejar mancha, etc.). Las cantidades que se utilizaron fueron, 6 ml de jabón neutro, 2 g de azúcar glas, 6 ml de glicerina pura y 2 gotas de aceite de almendras, se realizaron dos tipos de agitación constante utilizando una parrilla magnética y empleando un baño ultrasónico para obtener una mezcla homogénea como se muestra en la figura 3.3



**Figura 3.3** Preparación de la tinta.

### **3.4 Muestreo.**

Después de obtener la tinta se almacenó a temperatura ambiente y antes de verterla al marcador, se realizaron más pruebas en el pizarrón con ayuda de un pincel para verificar que la consistencia, el color y textura fuera la misma, como se muestra en la figura 3.4



**Figura 3.4** Muestra de la tinta en el pizarrón.

#### **3.4.1 Determinación del potencial de hidrógeno (pH)**

Para realizar esta prueba se utilizó un potenciómetro de la marca OEM. Antes de realizar la primera lectura, el equipo fue encendido y calibrado con un búffer de pH con valor de 7.0 para ello se vertió en un vaso de precipitado 20 ml de agua destilada introduciendo el potenciómetro y se dio un tiempo aproximado de 1 minuto para calibrarlo.

Posteriormente se tomaron 20 ml de la tinta experimental y se vertió en un vaso de precipitado en donde se introdujo el potenciómetro. Se dio un tiempo aproximado de 1 minuto para estabilizar la lectura y así obtener el resultado. Como se muestra en la figura 3.5



**Figura 3.5** pH de la muestra.

Una vez terminada la lectura, se enjuagó el electrodo con agua destilada para no contaminar las siguientes muestras.

### **3.4.2 Absorbancia**

La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis más usados, y se basa en la relación que existe entre la absorción de luz por parte de un compuesto y su concentración. Para realizar la prueba de absorbancia se utilizó un espectrofotómetro de la marca HACH modelo DR3900, agua destilada, cubetas de la misma marca, agua destilada, la tinta experimental y convencional.

Con la muestra extraída y la tinta convencional se realizó una comparación para medir la absorbancia de cada una.

La absorbancia se midió como se describe a continuación:

1. Se vertieron en la cubeta 10 ml de agua destilada, se colocó en el espectrofotómetro y se seleccionó el programa respectivo, esto para fijar el marco de referencia (el cero) en el espectrofotómetro.

2. Por medio de la pipeta se extrajeron 0.5 ml de la tinta color verde experimental, aforándose a 10 ml de agua destilada para enseguida colocarla en la cubeta para espectrofotómetro.
3. Se limpió perfectamente las paredes de la cubeta para evitar suciedad y que esto afecte la lectura.
4. La cubeta se colocó en el equipo para realizar la medición.
5. Por último, la muestra se vacía en tubos de ensaye para su posterior desecho y la cubeta se lava con agua destilada para evitar la contaminación de las muestras siguientes.
6. Posteriormente se tomaron 0.5 ml de la tinta color verde convencional y se diluyó en 10 ml de agua destilada los cuales fueron colocados en la cubeta para espectrofotómetro, como se muestra en la figura 3.6.



**Figura 3.6** Comparación de absorbancia de la tinta convencional y experimental.

### 3.4.3 Toxicidad

Para realizar esta prueba se utilizaron semillas de lechuga de la especie *Lactuca sativa L.*, procurando que fueran semillas sin curar (sin fungicidas o plaguicidas) y con un porcentaje > 90% de germinación.

La metodología para llevar a cabo la prueba fue la siguiente:

1. Se utilizaron 7 cajas Petri las cuales fueron lavadas perfectamente con agua destilada y después con alcohol hasta dejar secar.
2. Se recortó papel filtro del tamaño de la caja Petri para evitar burbujas de aire.
3. Se colocó en cada caja Petri papel filtro.
4. Se utilizó una caja Petri como testigo donde se impregnó el papel filtro con 3ml de agua destilada.
5. En las siguientes 3 cajas Petri se impregnó el papel filtro con 3 ml de la tinta verde de la marca refillable.
6. En las cajas Petri sobrantes se impregnó el papel filtro con 3 ml de la tinta verde experimental.
7. Se colocaron cuidadosamente 10 semillas en cada caja.
8. Se marcaron correctamente con la fecha y el número de tratamiento.

Una vez que todas las cajas Petri estuvieron preparadas como se muestra en la figura 3.7, se colocaron por separado en un recipiente que conserve la humedad y permita un ambiente obscuro. Dado que las semillas de lechuga requieren de obscuridad para que se produzca la germinación, las cajas Petri deben cubrirse de la luz inmediatamente después de colocar las semillas en su interior y durante el periodo que dure el ensayo 120 horas (5 días).



**Figura 3.7** Bioensayo de toxicidad.

Se realizaron dos tipos de agitación, agitación magnética y baño de ultrasonido, con la finalidad de que los ingredientes de la tinta pudieran mezclarse correctamente y al momento de inyectarse en el marcador pudiera llegar hasta la punta sin dificultad, esto se realizó solamente para la tinta experimental.

#### 3.4.4 Agitación Magnética

Se realizó con la ayuda de una parrilla, un agitador magnético y un vaso de precipitado donde se vació la tinta experimental y se realizó la agitación por 20 minutos como se muestra en la figura 3.8

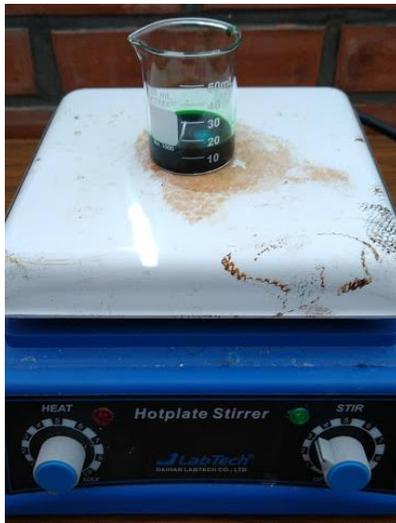


Figura 3.8 Prueba de agitación.

#### 3.4.5 Baño de ultrasonido

Para realizar este tipo de agitación, se utilizó un contenedor de baño ultrasónico de la marca Branson Ultrasonics™ CPX-952-338R y tinta experimental de recién elaboración con las mismas características de las demás. Para ello se vació una cierta cantidad de agua en el contenedor de baño y se introdujo una gradilla con un tubo de ensayo el cual contenía la nueva tinta experimental verde. Se realizó la agitación por 30 minutos, como se muestra en la figura 3.9.



**Figura 3.9** Prueba de agitación a Baño María.

### **3.5 Vaciado de la tinta en el envase de marcador**

Se reciclaron marcadores vacíos como se muestra en la figura 3.10 para verter la tinta experimental, esto se hizo con la finalidad de reutilizar los envases que son desechados y a la vez disminuir el grado de contaminación. Se lavaron los marcadores con alcohol etílico para eliminar los residuos de tinta que había en ellos y no perjudicara la muestra del presente estudio, posteriormente se vació la tinta en los marcadores con la ayuda de una jeringa de 5 ml.



**Figura 3.10** Marcadores con la tinta ecológica.

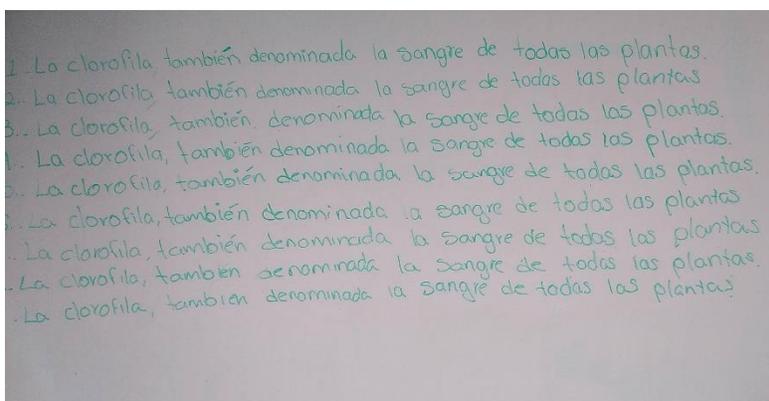
### **3.6 Pruebas de escritura**

Después de verter la tinta en los envases de marcador se realizaron pruebas de escritura para poder comparar la adherencia, olor, nitidez y

borrado. Para su evaluación se elaboraron diferentes escalas para cada prueba, considerando los requerimientos que menciona la norma **MX-N-102-SCFI-2009**. Cada una de dichas pruebas se realizaron para ambas tintas (tinta convencional y tinta experimental). Además, para la selección de las escalas utilizadas en las pruebas de adherencia, olor, nitidez y borrado, se tomó como referencia las pruebas que realiza la PROFECO (Procuraduría Federal del Consumidor) a los útiles escolares, donde se asigna una ponderación en base a los estudios de calidad que se realiza a los productos, con la finalidad de tener una base cuantitativa que permitiera comparar la tinta convencional con la tinta vegetal elaborada (<https://www.gob.mx/profeco/documentos/estudios-de-calidad-2020?state=published>).

### 3.7 Adherencia

Para realizar esta prueba se escribieron sobre un pizarrón blanco una lista de 10 enunciados, cada uno con 10 palabras, como se muestra en la figura 3.11.



**Figura 3.11** Prueba de adherencia

Para poder evaluar la adherencia en cada una de las tintas se tomó la escala que se muestra en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Escala para evaluar la adherencia

<b>Alta adherencia</b>	<b>10</b>
<b>Regular adherencia</b>	<b>9</b>
<b>Baja adherencia</b>	<b>8</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Olor

Esta prueba se realizó a la par con la prueba de adherencia, tomando la siguiente escala para obtener los resultados y poder graficarlos.

**Tabla 3.3.** Escala para evaluar el olor de la tinta.

<b>Olor intenso</b>	<b>5</b>
<b>Olor ligero</b>	<b>8</b>
<b>Olor escaso</b>	<b>10</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.9 Nitidez

Para realizar la prueba de nitidez se consideró 1 m de distancia de los enunciados que estaban escritos sobre el pizarrón, para observar si la tinta era visible, posteriormente se varió la distancia hasta llegar a los 5 m. Para evaluar la nitidez se consideró la escala que se muestra en la tabla 3.4

**Tabla 3.4.** Escala para evaluar la nitidez.

<b>Nitidez Alta</b>	<b>10</b>
<b>Nitidez Media</b>	<b>9</b>
<b>Nitidez Baja</b>	<b>8</b>
<b>Nitidez Nula</b>	<b>7</b>

Fuente: Elaboración propia.

### **3.10 Borrado**

La prueba de borrado se realizó escribiendo enunciados sobre el pizarrón blanco, se dejó transcurrir el tiempo estipulado de antemano (1, 2, 3, 4, 5, 10,15, 20, 25, 30 h). Estos valores se asignaron considerando el uso cotidiano de los pizarrones. Una vez escritos los enunciados en el pizarrón, se borró cada enunciado escrito en los diferentes periodos de tiempo asignados, y se observó si la tinta se podía borrar fácilmente o dejaba residuos o manchas sobre el pizarrón. Para evaluar esta característica se tomó la escala que se muestra en la tabla 3.5.

**Tabla 3.5.** Escala para evaluar el borrado.

<b>Sin residuos visibles</b>	<b>10</b>
<b>Escasos residuos visibles</b>	<b>8</b>
<b>Altos residuos visibles</b>	<b>6</b>

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

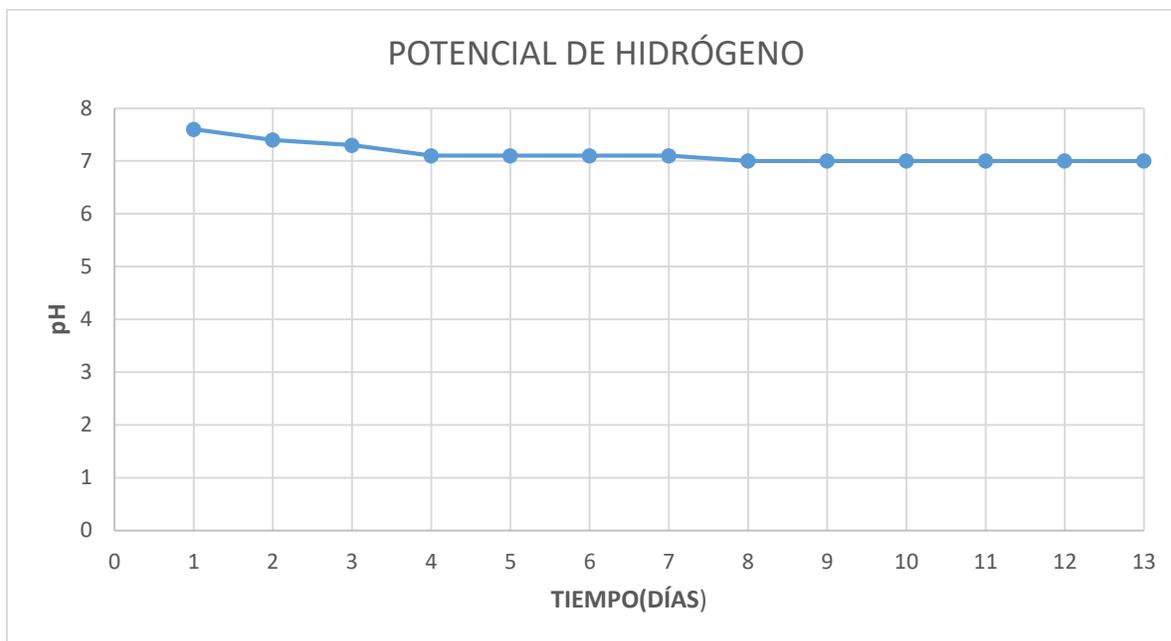
En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos de las pruebas experimentales realizadas durante la elaboración y evaluación de las características de la tinta de estudio. Así mismo, se hace una comparación contra las mismas características de una tinta convencional comercial de un color parecido.

Los resultados analizados se enfocan en evaluar algunos indicadores de calidad de la tinta de interés, tales como: pH, absorbancia, bioensayos de toxicidad y pruebas de calidad de escritura (calidad de la escritura, tonalidad, permanencia, etc.)

#### 4.1. Potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 4.1 se muestra el cambio de pH de la tinta experimental conforme transcurre el tiempo, desde su elaboración hasta que se estabiliza.

Se observa que el valor de pH de la tinta elaborada fue 7.6 y decreció ligeramente hasta estabilizarse en un pH de 7.0 transcurridos 13 días de su elaboración. Este valor de pH es similar al de la tinta de un marcador convencional, el cual tiene un valor de 7.1.



**Figura 4.1.** Comportamiento del pH de la tinta experimental.

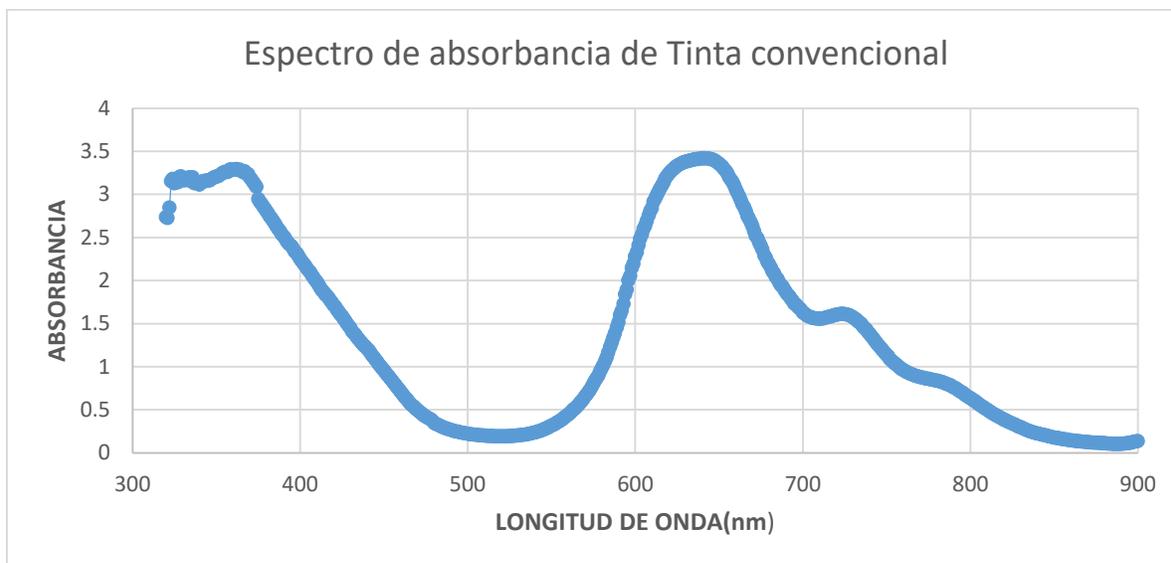
Cabe mencionar que, desde la perspectiva del valor ideal de pH de una solución, la tinta adquiere un pH neutro, lo cual es muy positivo.

En términos generales, se podría decir que el cambio en el pH de la tinta es bajo y que permanece casi constante. Este valor inicial de pH se debe a los ingredientes orgánicos que contiene la tinta de estudio, sin embargo, las cantidades de agua y alcohol permiten la estabilidad en un valor final de 7.0.

## 4.2. Absorbancia

Se determinó el valor de la absorbancia de la tinta elaborada en el presente estudio y se comparó con la tinta convencional. Esta comparación tiene como objetivo, determinar la diferencia de intensidad y calidad en la coloración de la tinta experimental respecto de una tinta convencional comercial.

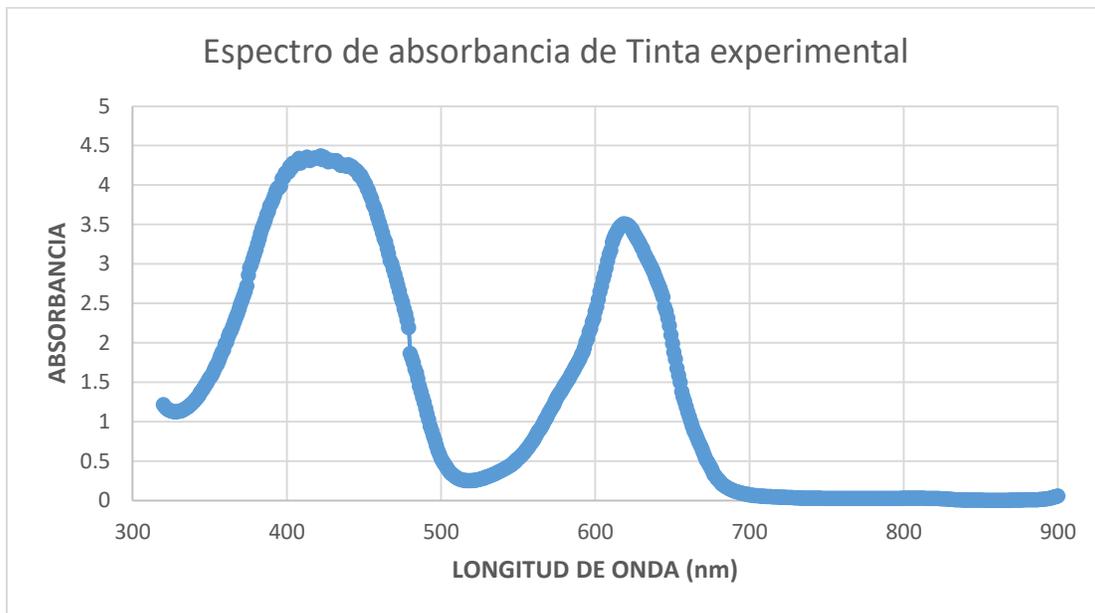
En la Figura 4.2 se puede apreciar el espectro de absorción de la tinta convencional utilizada.



**Figura 4.2.** Espectro de absorción tinta convencional.

Se observa que el valor máximo de absorción (3.421) se alcanza para una longitud de onda de 640 nm. Es respecto de este valor o uno cercano, contra el que se compara el espectro de absorción de la tinta experimental.

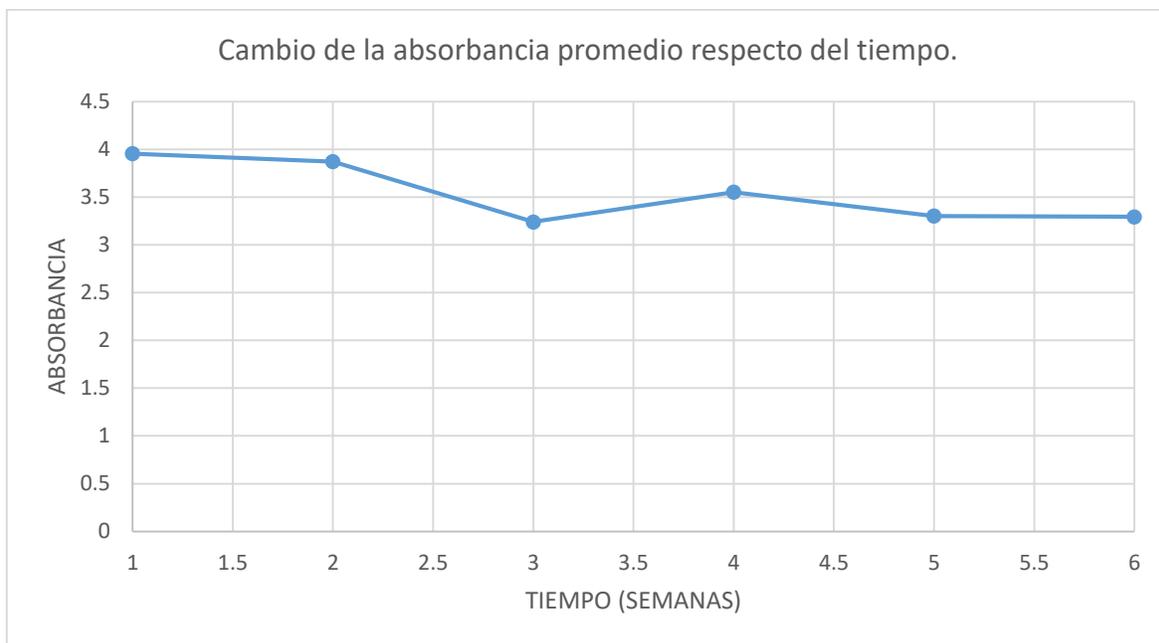
En particular para la tinta experimental, el espectro de absorción presenta un máximo para una longitud de onda de 618 nm, y corresponde a un valor de 3.509 de absorción, como se observa en la Figura 4.3.



**Figura 4.3** Espectro de absorción tinta experimental.

Comparando los resultados de ambas tintas, se obtiene que la tinta experimental tiene mayor valor de absorción en valores de longitud de onda dentro de una vecindad de 618 nm. De este hecho, se determina que el color de la tinta experimental en solución acuosa es más intenso que el de la tinta convencional bajo las condiciones de realización de este experimento.

Por otra parte, para evaluar cómo cambia el valor de la absorción de la tinta en estudio (experimental) conforme pasa el tiempo (tiempo de almacén), se elaboraron varios lotes de tinta y se les midió la absorción durante seis semanas seguidas. Esta medida permite establecer cómo cambia la calidad (concentración de tonalidad) de la tinta experimental como función del tiempo. El valor final promedio por tiempo de almacenaje se muestra en la Figura 4.4.



**Figura 4.4** Absorbancia promedio medida durante 6 semanas.

Se observa que el valor de la absorbancia promedio por semana, va disminuyendo. Inició en un valor de 3.95 y al final del periodo de prueba (seis semanas) registró un valor de 3.29, lo cual corresponde a un porcentaje total de disminución del 16.7%. Todos los valores de absorbancia se tomaron para el valor de longitud de onda de 625 nm.

Comparando los resultados, se observa que el tiempo de almacén si afecta la calidad de la tinta en cierta medida. Sin embargo, este porcentaje de disminución de la intensidad de la tinta en pizarrón, no se percibe a simple vista.

### 4.3 Toxicidad

La prueba de toxicidad se tuvo que repetir 3 veces, porque las primeras 2 las semillas no germinaron ni en el testigo ni en las diferentes muestras debido a que influyeron factores como, la contaminación del recipiente o las semillas no eran viables.

En la tercera prueba se tuvo que dejar pasar 5 días (120 horas) que es el tiempo necesario para que las semillas pudieran germinar, se observó que el testigo, el cual

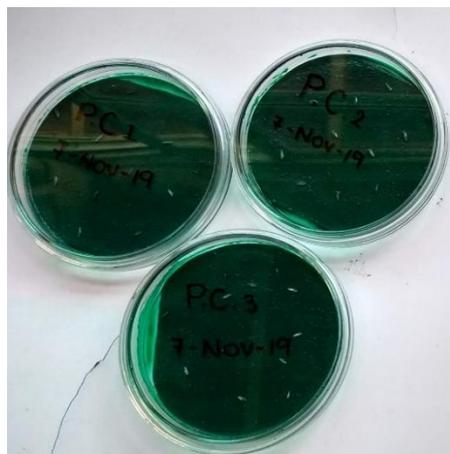
solo contenía agua destilada, germinaron 8 semillas como se muestra en la Figura 4.5



**Figura 4.5** Resultado del Bioensayo Testigo.

Mientras que la tinta convencional se secó por completo y las semillas obtuvieron un color negro como se muestra en la figura 4.6.

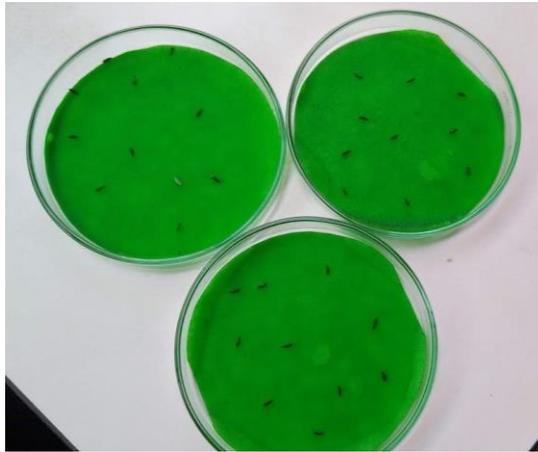
Esto se debe a que dicha tinta es muy tóxica debido a los ingredientes que utilizan para fabricarla los cuales están basados en solventes a base de alcohol que junto con el benceno forman una base importante de la tinta. Por lo tanto, las semillas no pudieron germinar.



**Figura 4.6** Resultado de la tinta convencional.

Por otra parte, la tinta experimental, aunque mantuvo su textura normal, no permitió que las semillas se secaran, sin embargo, tampoco germinaron, debido

a los ingredientes como el alcohol y el jabón los cuales hacen que las semillas pierdan sus propiedades para poder germinar.

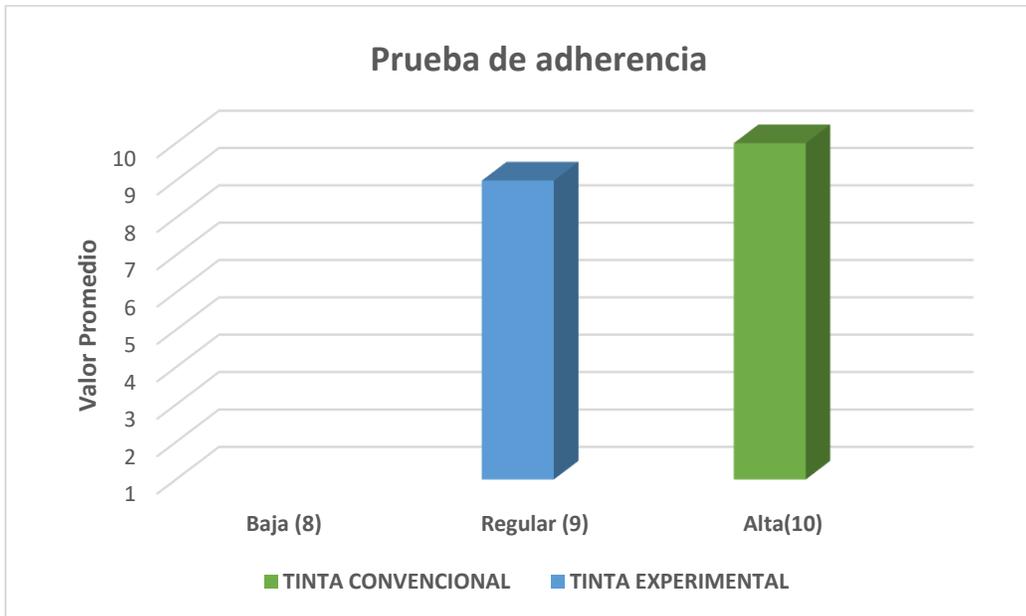


**Figura 4.7** Resultado de la tinta experimental.

## **4.4 Prueba de escritura**

### **4.4.1 Adherencia**

Al escribir sobre un pizarrón blanco los enunciados se evaluó la adherencia sobre la superficie (pizarrón blanco), y se graficaron los resultados promedio de acuerdo a los valores que se tomaron de la escala para la tinta convencional y la tinta experimental. Los resultados se muestran en la Figura 4.8.



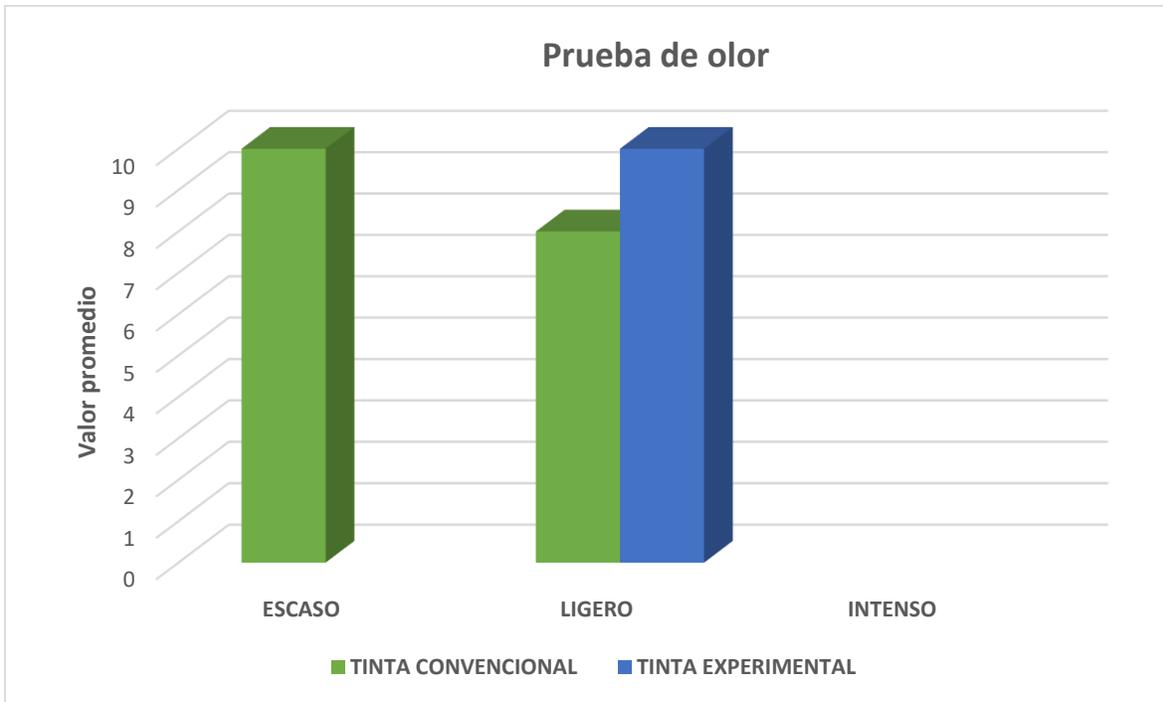
**Figura 4.8** Resultados promedio de la prueba de adherencia.

Al escribir los diez enunciados en el pizarrón con la tinta convencional, se obtuvo que la adherencia de la tinta era alta porque no había ninguna discontinuidad en las letras, ni se escurría por lo tanto se obtuvo un promedio de 10

Al escribir con la tinta experimental se obtuvo que su adherencia sobre el pizarrón también fue alta con un promedio de 9, ya que ambas tintas resultaron tener buena adherencia al ser plasmadas sobre el pizarrón.

#### 4.4.2 Olor

Los resultados promedio que se obtuvieron de acuerdo a la escala que se consideró para ambas tintas se muestran en la Figura 4.9.



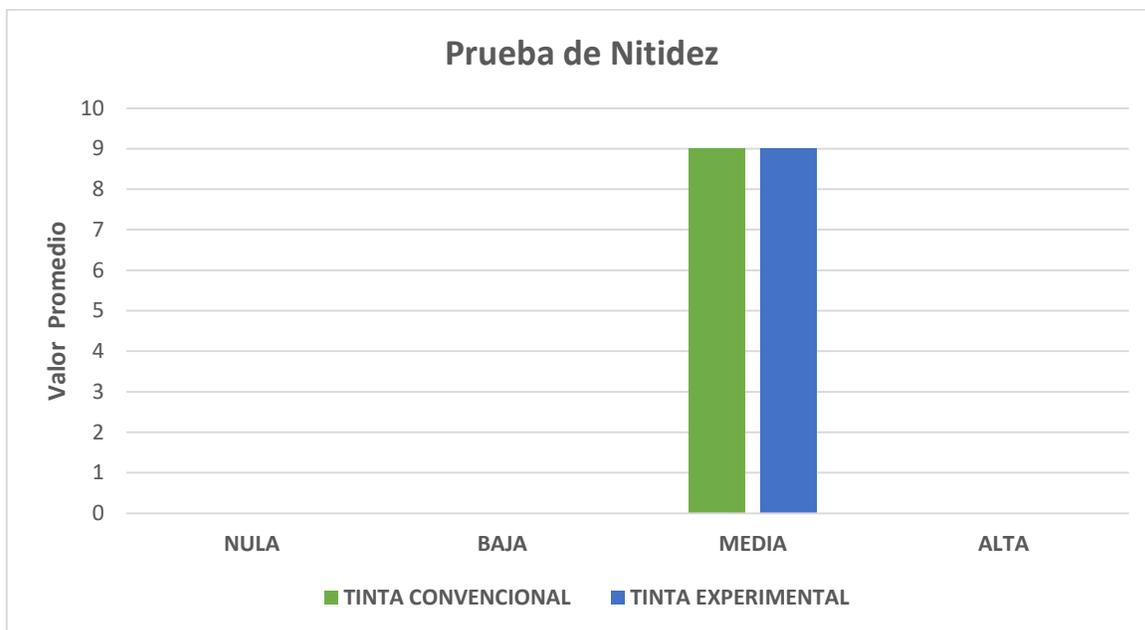
**Figura 4.9** Resultados promedio de la prueba del olor.

Al momento de escribir las primeras tres oraciones con la tinta convencional se notó que desprendía un olor ligero obteniendo una ponderación promedio de 8, pero al pasar los segundos el olor se iba perdiendo hasta ya no tenerlo, en los siete enunciados restantes el olor fue muy escaso debido a que el plumón estaba siendo utilizado y estaba destapado por mucho tiempo, por lo cual se obtuvo una ponderación promedio de 10.

El olor de la tinta experimental obtuvo un porcentaje promedio de 8, porque en los 10 enunciados que fueron escritos sobre el pizarrón, se percibía un olor demasiado ligero además de ser agradable para el olfato.

#### 4.4.3 Nitidez

De acuerdo con los valores establecidos en la escala para evaluar la nitidez de ambas tintas, se obtuvieron los resultados que se aprecian en la Figura 4.10.



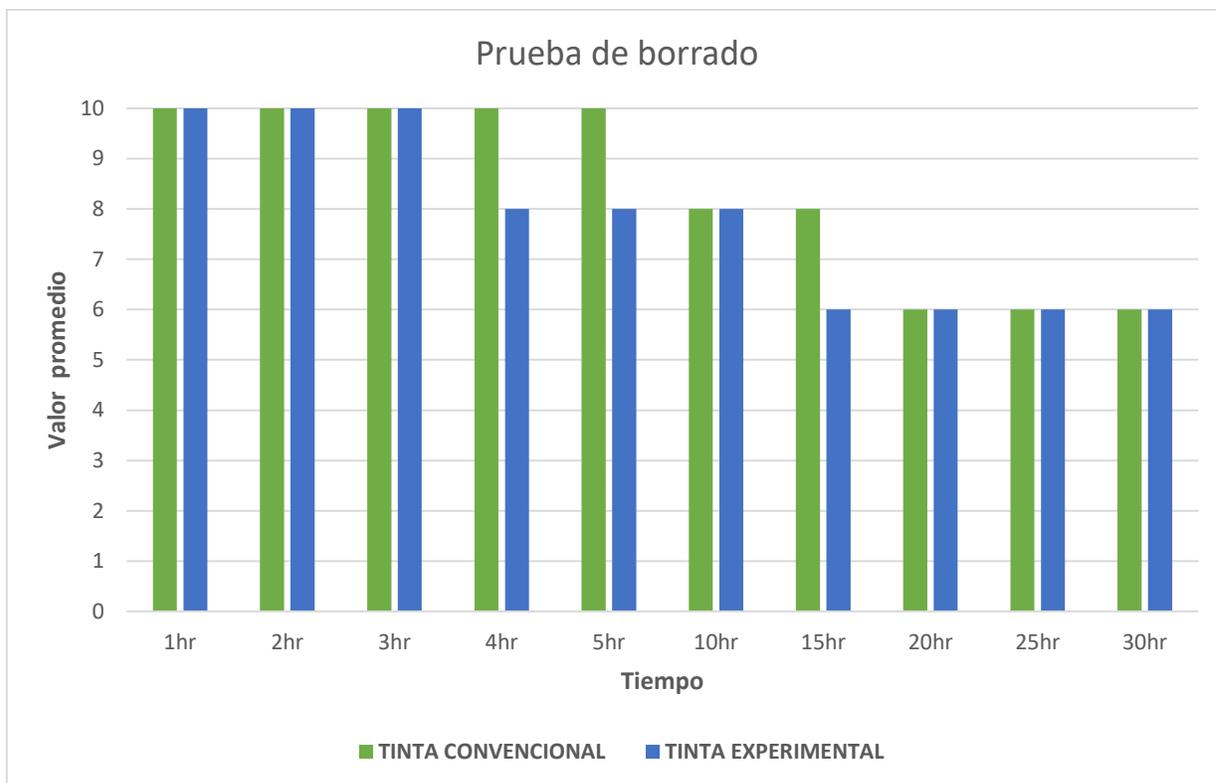
**Figura 4.10** Resultados promedio de la prueba de nitidez.

La nitidez de la tinta convencional obtuvo un resultado promedio de 9 nitidez media, aunque si se diferenciaba cada una de las oraciones escritas en el pizarrón hasta los 5 m, su color es muy claro, esto depende también de la marca del plumón convencional ya que algunos son de un color más intenso.

La nitidez de la tinta experimental obtuvo un resultado de 9 nitidez media, la intensidad de la tinta es un poco menor a la de la tinta convencional porque influyen diferentes factores en ella desde los ingredientes con los que está compuesta hasta el envase que se reutiliza.

#### 4.4.4 Borrado

Los resultados obtenidos en la prueba de borrado se muestran la Figura 4.11.



**Figura 4.11** Resultados promedio de la prueba de borrado.

- Tinta convencional.

En las primeras 5 horas se observó que al borrar la tinta se eliminaba de la superficie fácilmente sin dejar sombras ni manchas sobre el pizarrón, por lo cual se obtuvo un promedio de 10 sin residuos visibles.

Después de 10 y 15 horas de exposición sobre el pizarrón, el resultado obtenido fue de 8 (escasos residuos visibles), ya que su borrado sí dejó algunos residuos sobre el pizarrón.

A partir de las 20 h hasta las 30 h el resultado fue de 6, es decir, altos residuos visibles, porque al borrar la tinta fue más difícil de eliminar los residuos sobre la superficie, dejando manchas sobre el pizarrón.

- Tinta experimental.

El resultado obtenido en las primeras 3 horas fue de 10 sin residuos visibles

De las 4 hasta las 10 horas se obtuvo un resultado promedio de 8 (escasos residuos visibles) y a partir de las 15 a las 30 horas, aunque si se borraba la tinta del pizarrón,

ésta dejaba varias manchas y residuos de las cuales se obtuvo un resultado de 6 (altos residuos visibles). Para ambas tintas el tiempo de exposición de la tinta sobre la superficie del pizarrón influye en la calidad de borrado, observándose que, a mayor tiempo de exposición, mayor dificultad para borrar.

## Capítulo 5

### CONCLUSIONES

- Con este trabajo se puede concluir que es factible elaborar tinta de calidad aceptable para marcador de pizarrón blanco, a partir de pigmentos vegetales obtenidos de espinaca (*Spinacia oleracea*).
- Utilizar pigmentos naturales es mucho menos dañino, ya que se elimina el impacto negativo en el ambiente.
- Los resultados obtenidos de los métodos de prueba de pH, absorbancia y toxicidad varían de entre la tinta convencional y la propuesta en el presente proyecto, sin embargo, comparándolos, la tinta elaborada con pigmentos vegetales resulta ser menos tóxica que la convencional. En cuanto al pH resulta que se mantiene en 7, es decir, neutra. Y respecto a la absorbancia, ambas tintas se localizan en valores muy cercanos entre sí (3.500 aproximadamente).
- Respecto de las pruebas de escritura en términos de funcionalidad y considerando como referencia la norma NMX-N-102-SCFI-2009 Artículos para escritura- Plumones y Marcadores, así como las pruebas realizadas por PROFECO para artículos escolares; éstas mostraron que la tinta de interés obtuvo un valor adecuado en las evaluaciones realizadas: alta adherencia, escaso aroma, nitidez media y sin residuos visuales al borrado (ésta última para las primeras tres horas de prueba).
- La tinta elaborada con materiales vegetales, puede ser una opción a la tinta convencional, con características de funcionalidad similares, pero siendo un producto amigable al ambiente.

## REFERENCIAS

- Aldaba M.J.L., Durón T.M.L. (1996). Hortalizas. Curso pre congreso asomecima. Ixtapa Zihuatanejo, gro. México. págs. 74 - 83.
- Bianchi, T. & Canuel, E. (2011). *Chemical Biomarkers in Aquatic Ecosystems* (1st Ed.). Princeton University Press.
- Botanical-Online SL. (s.f.). *Botanical-Online SL*. Obtenido de <https://www.botanical-online.com/alcaloidescafe.htm>
- Briceño, K. (s.f.). *Pigmentos Fotosintéticos: Características y Tipos Principales*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/pigmentos-fotosinteticos/>
- Bultynck, L.; F. Fiorani y H. Lambers. 1999. Control of leaf growth and its role in determining variation in plant growth rate from an ecological perspective. *Plant Biol.* 1, 13-18.
- D. T. Dennis and D.H. Turpin (eds). *Plant metabolism. Plant physiology, Biochemistry, and Molecular Biology*. Orlando, USA: Academic Press, 1998.
- Evert, R. & Eichhorn, S. (2013). *Raven Biology of Plants* (8th Ed.). W. H. Freeman and Company Publishers.
- Faostat. 2009. Series cronológicas y de datos con relación a la alimentación y agricultura. FAO, Roma.
- Frank B. Salisbury, Cleon W. Ross. *Fisiología Vegetal*. México: Grupo Editorial Iberoamericana, 1994. (traducción de la 4ª edición original en inglés: *Plant Physiology*. Wadsworth, 1992).
- Goldberg, D. (2010). *Barron's AP Biology* (3rd Ed.). Barron's Educational Series, Inc.
- Gutierrez, D. R., 2015. ESPINACAS (*Spinacia oleracea* L.).. *Rev. IBER*, Volumen 16, p. 26.
- J. Azcón-Bieto, M. Talón (eds.). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid: McGrawHill/Interamericana, Edicions Universitat de Barcelona, 2000
- J. Azcón-Bieto, M. Talón (eds.). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Madrid: McGrawHill/Interamericana, Edicions Universitat de Barcelona, 2000.
- Journal of Chemical Education. Chemical composition of fountain pen ink, Martin Gil J, Ramos Sanchez MC. 2006

Krause GH, Weis E (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 42:313-349.

Mendoza, (2000). Ensayos de toxicidad. Octubre 3, 2019. Sitio web: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Ensayosde.htm>

MINSAP. Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba. 1992b. Norma Ramal No. 312. Extractos y tinturas. Métodos de ensayo, 12-24.

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/574035/ESTUDIO\\_DE\\_CALIDAD\\_UTILES\\_ESCOLARES.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/574035/ESTUDIO_DE_CALIDAD_UTILES_ESCOLARES.pdf). [Accesado el 10 de junio del 2020].

Renger, G. (2008). *Primary Processes of Photosynthesis: Principles and Apparatus* (IL. Ed.) RSC Publishing.

Reynoso, R.; Garcia, F.A.; Morales D.; Mejia, E.G., 1997, Stability of Betalain Pigments from a Cactacea Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.45, p.2884-2889.

Robinson, S.P.; W.S. Downtown y J.A. Millhouse. 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts of salt-stressed spinach. *Plant Physiol.* 73, 238-242.

Rodríguez-Amaya, D.B. Factors influencing carotenoid composition in foods. In: 4th International Symposium on Natural Colorants, 2000, San Diego. Proceedings of the 4th International Symposium on Natural Colorants. Hamden, CT: The Hereld Organization, 2000, p. 252-263.

Saldívar., H., R., 2007. *Fisiología Vegetal, Proceso Fotosintético*, 159-166  
Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. *Fisiología vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica, México.

Sánchez, G.: Documento definitivo Grupo de Trabajo Contaminación Olorífera, Congreso Nacional de Medio Ambiente, 29, 2012 (CONAMA 11).

Smatanová, M.; R. Richter y J. Hlušek. 2004. Spinach and pepper response to nitrogen and sulphur fertilization. *Plant Soil Environ.* 50(7), 303-308