



RESUMEN



DESARROLLO DEL POLARÍMETRO PARA ESTUDIOS
DE ACTIVIDAD ÓPTICA EN EDULCORANTES

Por

Luis Antonio Pantaleón Morales

Asesor: Gerardo Romo Cárdenas

Fecha de terminación: Abril de 20

Generales

TABLA DE CONTENIDO

RECONOCIMIENTOS.....	3
1. Resumen.....	4
2. Procedimiento o método a utilizar	4
2.1 Antecedentes	4
2.1.1 Propiedades Ópticas.....	6
3. Problema.....	9
3.1 Declaración del problema.....	9
3.2 Definición del problema	10
3.3 Justificación del problema	10
4. Objetivo del proyecto	10
4.1 Preguntas e hipótesis	11
4.2 Limitaciones	12
4.3 Delimitaciones:.....	12
4.4 Definición de términos:	13
5. Aporte al proyecto:	14
5.1 Construcción de Polarímetro	14
5.2 Control de polarizador	17
2.3 Adquisición de imágenes.....	23
5.3 Procesamiento de imagen	26
5.4 Análisis de imagen	27
6. Conclusión.....	28
7. REFERENCIAS	30
8. ANEXOS	32

Tablas

<i>Tabla 1 Componentes de muestras analizadas</i>	28
---	----

Ilustraciones

<i>Figura 1 Enantiómeros o isómeros ópticos (McNaught, 1997)</i>	7
<i>Figura 2. Funcionamiento de Polarímetro</i>	8
<i>Figura 3 Laser Melles Griot</i>	15
<i>Figura 4 Polarizadores Industrial Fiber Optics</i>	15
<i>Figura 5 Medidas del Polarímetro</i>	16
<i>Figura 6 Esquema de bloques</i>	17
<i>Figura 7 Motor STP-42H103</i>	18
<i>Figura 8 Semiconductor ULN 2803 y Schematic</i>	18
<i>Figura 9 Conexiones del motor al Arduino y Protoboard</i>	19
<i>Figura 10. Schematic del Control de motor en Proteus</i>	20
<i>Figura 11. Comandos de Programación en Arduino Uno</i>	22
<i>Figura 12. Edulcorantes analizados</i>	23
<i>Figura 13. Propiedades de Brillo AmCap</i>	24
<i>Figura 14. Proceso del polarímetro</i>	25
<i>Figura 15. Actividad óptica capturas de muestras</i>	25
<i>Figura 16. Perfil de intensidad capturado en Image-J</i>	26
<i>Figura 17. Resultados de intensidad de luz</i>	27

RECONOCIMIENTOS

A Dios por su infinito amor y ayuda para concluir con el proyecto. Mi asesor Gerardo Romo por el apoyo y ayuda constante durante los dos años escolares de trabajo, en la cual fue la base principal de conocimiento para el desarrollo del proyecto. El profesor Roberto Baños, quien aportó en el funcionamiento del motor con el Arduino. A mis compañeros de proyecto Sorina Voicu y Joas Ramos López quienes aportaron con la adquisición de imágenes y resultados de intensidad de luz.

1. Resumen

Se sabe que las sustancias ópticamente activas giran el plano de polarización de la luz linealmente polarizada. Un cristal de azúcar o una solución de azúcar, son ejemplos bien conocidos. El presente trabajo propone el estudio de la actividad óptica en diversos edulcorantes con tal de poder encontrar una correlación entre sus propiedades físicas y bioquímicas. El estudio consistió en desarrollar un polarímetro de control electrónico para hacer mediciones de actividad óptica en edulcorantes.

2. Procedimiento o método a utilizar

Existe un uso cada vez más común de edulcorantes artificiales, tanto como ingredientes, como en productos ya preparados. A fin de hacer un estudio más profundo de la absorción y efectos bioquímicos de este compuesto. Se propone un estudio que incluye el diseño, construcción y control de un prototipo de polarímetro, con el cual se puedan realizar pruebas con distintas muestras que contengan edulcorantes naturales y sintéticos buscando hallar una correlación entre la actividad óptica de las muestras y las propiedades endulzantes de las mismas.

2.1 Antecedentes

La etiología del sobrepeso y obesidad se reconoce como resultado del producto de la combinación de factores genéticos, conductuales y ambientales (Ogden, 2012), siendo los dos últimos los mayormente modificables así como los

determinantes de la predisposición genética de cada individuo. Es por ésta razón que, bajo el contexto de los determinantes conductuales la ingesta calórica, la actividad y un estilo de vida sedentario se vuelven aspectos críticos al hablar de éste tema (Christison, 2012). Un componente que se agrega al factor de la ingesta calórica, tiene que ver con el consumo de edulcorantes.

El desarrollo de estos se remonta desde finales de la década de los 1800 con el descubrimiento de la sacarina por Constantin Fahlberg (Weihrauch, 2004), sin embargo, en corto tiempo se encontraron fenómenos relacionados con la toxicidad implicada en su consumo (Burbank, 1970). Por otro lado, se han encontrado datos epidemiológicos que han demostrado una asociación entre el uso de edulcorantes artificiales y aumento de peso. Sin embargo, la evidencia de una relación causal que vincula el uso edulcorantes artificiales con el aumento de peso y otros efectos metabólicos de salud es aún limitado (R. J. Brown, Banate, M. A., & Rother, K. I, 2010).

En 2009, la American Heart Association (AHA) publicó un estudio científico donde se concluyó que el consumo excesivo de azúcares añadidos entre los estadounidenses podrían ser perjudiciales para la salud cardiovascular (Gardner, 2012). Después de una revisión cuidadosa de la literatura con énfasis en recientes publicaciones desde el año 2005, este determinó que la evidencia publicada es limitada y no es concluyente respecto a los beneficios de la sustitución de los edulcorantes no nutritivos para los azúcares añadidos.

Tales sustituciones plausiblemente podrían reemplazar algunos azúcares añadidos, proporcionando una reducción de la ingesta calórica y la promoción de un peso saludable. Sin embargo, la investigación actual es ambigua en cuanto a si el uso de edulcorantes no nutritivos en realidad reduce la ingesta de calorías o

si los sujetos compensan la reducción de la ingesta de azúcar con el consumo de otras fuentes de calorías (Mattes, 2009; Whitehouse, 2008).

Otro estudio, dio a conocer que los animales pueden utilizar el sabor dulce para predecir el contenido calórico de los alimentos. Comer sustancias dulces sin calorías puede disminuir esta relación predictiva, dando lugar a un balance energético positivo a través de la ingesta de alimentos mayor y / o disminución del gasto energético (Swithers, 2008).

Por lo que el escenario nos enseña la factibilidad de estudiar la correlación de propiedades físicas con sus propiedades bioquímicas, así como el desarrollo de tecnología para tener un mejor entendimiento del efecto del consumo de los edulcorantes.

De ahí que se plantea hacer un estudio que pueda correlacionar las propiedades ópticas de los edulcorantes, con los procesos metabólicos implicados en su consumo por humanos, así como también el efecto en piezas dentales. Logrando así conocer a detalle la oferta de productos en el mercado de los edulcorantes y obtener información necesaria para generar una ventaja competitiva.

2.1.1 Propiedades Ópticas

Las propiedades ópticas de soluciones de azúcar permiten un rápido y conveniente método para su análisis; el aparato con el que se realiza este estudio es el polarímetro o sacarímetro (BSES, 1984). Este análisis se basa en un concepto conocido como la actividad óptica. La actividad óptica es un proceso que funciona en relación con los isómeros.

Los isómeros ópticos, o enantiómeros, tienen la misma secuencia de átomos y enlaces pero son diferentes en su forma 3D. Los isómeros ópticos no tienen ningún eje de simetría, lo que significa que no hay una línea que divide en dos el compuesto de tal manera que la mitad izquierda es una imagen de espejo de la mitad derecha. Tienen básicamente las mismas propiedades (puntos de fusión, puntos de ebullición, etc.). La actividad óptica es la interacción de estos enantiómeros con luz linealmente polarizada (Chang, 2003).

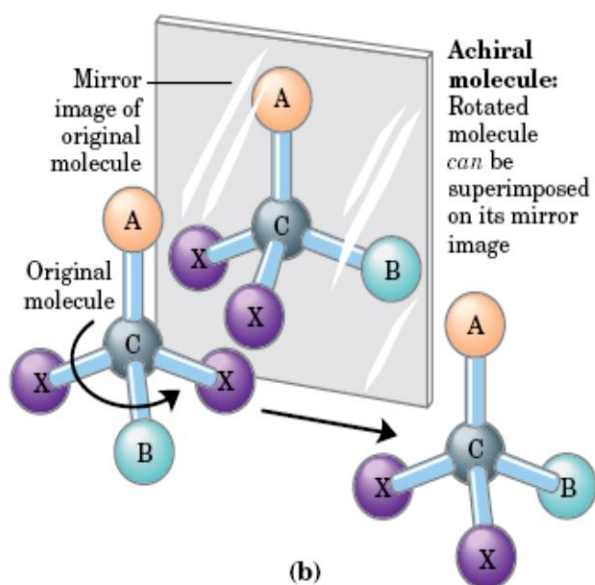


Figura 1 Enantiómeros o isómeros ópticos (McNaught, 1997)

La actividad óptica fue observada por primera vez por el físico francés Jean-Baptiste Biot. Llegó a la conclusión de que el cambio en la dirección de la luz linealmente polarizada cuando pasa a través de ciertas sustancias era en realidad una rotación de la luz, y que tenía una base molecular. Su trabajo se soportó por la experimentación de Louis Pasteur. Pasteur observó la existencia de dos cristales que eran imágenes especulares en ácido tartárico, un ácido encontrado en el vino. A través de la experimentación minuciosa, se encontró que

un conjunto de moléculas giran la luz polarizada hacia la derecha, mientras que el otro gira en sentido opuesto en la misma medida. También observó que una mezcla de ambos, no rota la luz debido a que la actividad óptica de una molécula cancela los efectos de la otra molécula (Garoutte, 2007).

La actividad óptica se mide con un polarímetro, donde la luz linealmente polarizada (o eje de la luz) sólo oscila en un plano único. La luz polarizada se produce haciendo pasar la luz normal a través de un polarizador tal como un filtro Polaroid. Cuando la luz polarizada pasa a través de una solución con un compuesto quiral o enantiómero, el plano de polarización hará una rotación.

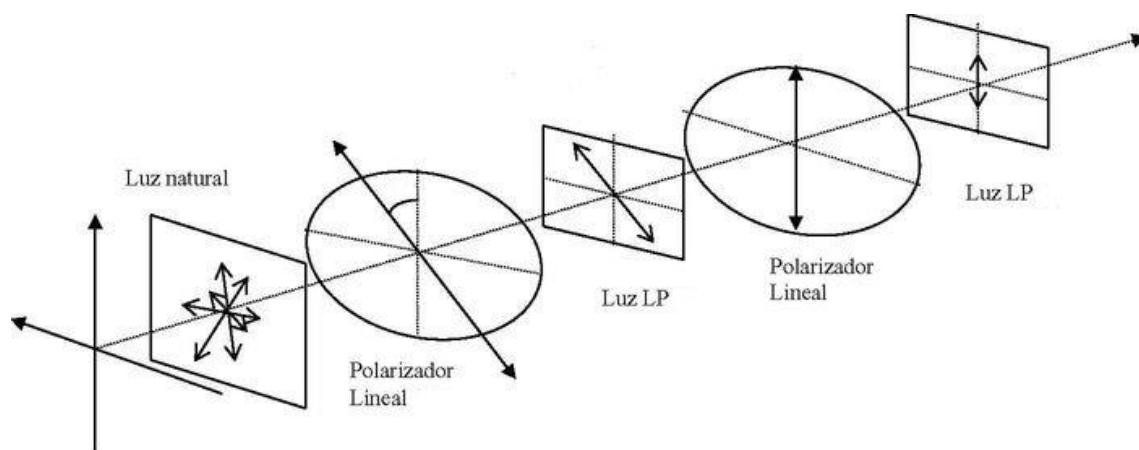


Figura 2. Funcionamiento de Polarímetro (txus2006, 2008)

Esta medición depende de varios factores: la concentración de la muestra, la temperatura, la longitud del tubo de muestra o célula, y longitud de onda de la luz que pasa a través de la muestra. La rotación se da en + / - grados, dependiendo de si la muestra tiene enantiómeros d-(positivo) o l-(negativo).

La medición estándar para la rotación de un compuesto químico específico se llama la rotación específica, definida como un ángulo medido en una longitud de trayectoria de 1 decímetro y una concentración de 1g/ml. La rotación específica de una sustancia pura es una propiedad intrínseca (Garoutte, 2007).

Con todo lo mencionado con anterioridad se ofrece una base de estudio de los parámetros de las características físicas de los polímeros con forma similar al azúcar. Lo cual puede ser utilizado para encontrar la relación de estas propiedades físicas con sus propiedades bioquímicas.

Esto es de importancia, ya que se ha encontrado que existen ciertos riesgos asociados a síndromes metabólicos, sobrepeso y obesidad, así como potenciales carcinógenos

3. Problema

3.1 Declaración del problema.

El polarímetro es un instrumento óptico, que mide el ángulo de desviación de la luz polarizada, que es provocado por ciertos componentes que presentan birrefringencia en la sustancia a analizar, esto se conoce como actividad óptica. Se ha encontrado cierta actividad óptica en edulcorantes no nutritivos. Lo que nos lleva al cuestionamiento. ¿Cuál es la solución de la muestra y cuál es la rotación necesaria de la luz polarizada en cada una de las soluciones ópticamente activa? ¿Qué función hará el polarímetro para alcanzar estas pruebas y soluciones? El polarímetro tiene sus funciones y sus partes básicas para que el proyecto pueda ser un éxito para obtener resultados. Esas partes son básicas pero a la misma vez tienen su importancia en el polarímetro.

3.2 Definición del problema

El análisis de edulcorantes con el polarímetro nos permitirá saber la cantidad de actividad óptica presente en alguna sustancia para tener una noción sobre el contenido de azúcar o componente birrefringente presente en estos compuestos. El polarímetro y sus partes básicas incluyen un haz de luz no polarizada que será proporcionada por un láser, dos polarizadores, y un fotodetector que cumpla la función de observador.

3.3 Justificación del problema

Se plantea hacer un estudio que pueda correlacionar las propiedades ópticas de los edulcorantes, con los procesos metabólicos implicados en su consumo por humanos, así como también el efecto en piezas dentales. Logrando así conocer a detalle las implicaciones de sus propiedades físicas, bioquímicas y por ende de su consumo. Estos estudios se harán sobre la óptica geométrica que rige el polarímetro con lo cual se obtendrán los datos.

4. Objetivo del proyecto

Ante la necesidad de encontrar información sobre el efecto de los edulcorantes artificiales en el metabolismo humano, se propone hacer una investigación para desarrollar un prototipo de polarímetro. El desarrollo del prototipo del polarímetro a esta investigación se le agregará esfuerzos en áreas

de bioquímica, odontología y nutrición, para encontrar el efecto de los edulcorantes en el cuerpo en una perspectiva integral.

En base a los antecedentes y el estado de la técnica actual, se puede ver que existe la factibilidad de lograr el objetivo principal del proyecto. Así mismo, el plan del proyecto incorpora actividades de diversas Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación, lo cual aumenta la factibilidad de que el estado del arte sea aumentado.

En el estado del arte de la aplicación y las propiedades de los edulcorantes, hace que el estudio sea tan amplio y se analice la posibilidad de uso en alimentos (Gautam, 2012; Jain, 2012; Mariotti, 2012). Así como también de las alternativas para el uso de más compuestos no nutricionales que tengan la propiedad de dar el sabor dulce a los alimentos (O'Donnell, 2012).

Del mismo modo, se han emprendido estudios del aspecto metabólico de los edulcorantes y los posibles efectos secundarios ligados a ciertas propiedades bioquímicas (Popkin, 2012). Donde también se consideran la activación de ciertos sistemas fisiológicos a lo largo de su digestión y absorción (R. J. Brown, & Rother, K. I, 2012).

Con lo que podemos entender la oportunidad y viabilidad de realizar un estudio que pueda complementar y sustentarse de la tendencia reciente en el área de los edulcorantes.

4.1 Preguntas e hipótesis

- I. ¿Es factible que en la construcción de un prototipo de polarímetro nos de la información necesaria sobre la actividad óptica en edulcorantes?

- II. Los edulcorantes naturales y artificiales tiene una actividad óptica distinta que nos ayude a encontrar información en las propiedades físicas y químicas de estos que se relacione con los efectos en el cuerpo humano.

4.2 Limitaciones

El proyecto consiste en varios tipos de materiales que ayudaran hacer los resultados más certeros. Una de las limitaciones está en no tener otra alternativa de láser. El laboratorio solo cuenta con un solo laser. En caso de un accidente en cual el láser se caiga o de descomponga, nos veríamos obligados a conseguir otro en la cual el láser tiene un valor de aproximadamente \$2,300USD. El láser está contemplado para el uso de dos proyectos más, la cual nos limitaríamos en el tiempo de uso dependiendo el tiempo de uso requerido de los otros proyectos que se estarán desarrollando. Otra limitación es el tiempo de vacaciones que hay entre los semestres en la cual el proyecto no se podrá avanzar. En esto incluye el verano de Junio hasta mediados de Agosto del 2013, al igual que las vacaciones de invierno de mediados de Diciembre 2013 hasta finales de Enero 2014. Si en algún caso se requieren componentes de la tienda Steren, el limitante se encuentra en la razón que se tendría que esperar hasta poder ir a Monterrey para conseguir el material necesario. Ya que solo contamos con algunas tiendas electrónicas en nuestro alrededor pero con componentes limitados.

4.3 Delimitaciones:

Falta de conocimiento suficiente en el área de metabolismo en los edulcorantes nos delimita en los análisis de los resultados. Ya que no se ha hecho

investigaciones suficientes al respecto que nos podrían ayudar y facilitar el trabajo y los análisis.

4.4 Definición de términos:

Edulcorantes

La molécula que compone el azúcar, es la sacarosa, disacárido compuesto por fructosa y glucosa. Esta se fracciona al ingresar al torrente sanguíneo e ingresa a la célula para entregar energía. Esta simple composición y metabolismo se da en cualquiera de las presentaciones de azúcar, polvo, granulado o morena (Ramirez, 2011).

Polarímetro

El polarímetro químico es un dispositivo utilizado para medir la rotación del plano de polarización de la luz causada por las sustancias ópticamente activas, tales como compuestos orgánicos, inorgánicos, o biológicos (Technology, 2013).

Birrefringencia

Comportamiento anisótropo de ciertos materiales en los que la velocidad de propagación de la luz depende de la orientación del campo óptico (Telecomunicación).

Polarizador.

Un polarizador es un dispositivo que convierte la polarización del campo Electromagnético de lineal a circular o viceversa. La figura 2 muestra un ejemplo de polarizador (Maffei, 2005).

5. Aporte al proyecto:

Investigadores previos han facilitado el trabajo para el prototipo del polarímetro. El tiempo en que se pretende trabajar es una de las ventajas para encontrar los materiales que están al alcance y mejorar vez tras vez el prototipo. El desarrollo del polarímetro incluye la construcción del mismo, siendo ésta mi validación de instrumentos.

Metodología de Polarímetro

- Alineación del sistema con respecto al laser.
- Colocar los polarizadores cruzados.
- Disolver el edulcorante en un recipiente con agua.
- Girar el polarizador número dos con un motor de pasos
- Adquirir imágenes de la intensidad de la luz.

Objetivos:

1. Encontrar la birrefringencia que producen los edulcorantes a través de un rayo láser.
2. Desarrollar un caracterizador de edulcorantes, apuntando en un futuro a la obtención de registros de propiedad intelectual y patentes.

5.1 Construcción de Polarímetro

Para el prototipo del polarímetro se empezó con la base principal. Al extremo izquierdo de la misma base se colocó un láser de Melles Griot 15-LHP-141-15 (Figura 3) que genera una salida aleatoriamente polarizada de 10 mW

(máximo) a 633 nm. La salida del haz de luz está a 5cm de alto a partir de la mesa donde se está haciendo el experimento.



Figura 3 Laser Melles Griot



Figura 4 Polarizadores Industrial Fiber Optics

Esta salida del haz se desprende de un diámetro de 4mm. Contamos con dos polarizadores Industrial Fiber Optics inc. de 5.1cm x 5cm (Figura 4) que se usaron para controlar la intensidad de luz que pasa por los polarizadores, mientras uno de los polarizadores está rotando a una velocidad determinada. Con pedazos de madera se comenzó la construcción del prototipo, se construyó la base principal de 13 cm de ancho por 36 cm de largo y un espesor de 4mm (Figura 5). Los polarizadores se montaron en unas bases de madera con las medidas de 3cm cm de alto y 2.2 cm de ancho, sobre la base principal se

separaron los dos polarizadores a una distancia de 16.5 cm teniendo el polarizador rotador a una distancia de 11 cm de la orilla de la base. En medio de los polarizadores se colocó una base pequeña donde se pusieron las muestras para analizar. La muestra estaba a una distancia de 8.2 cm del polarizador rotador.

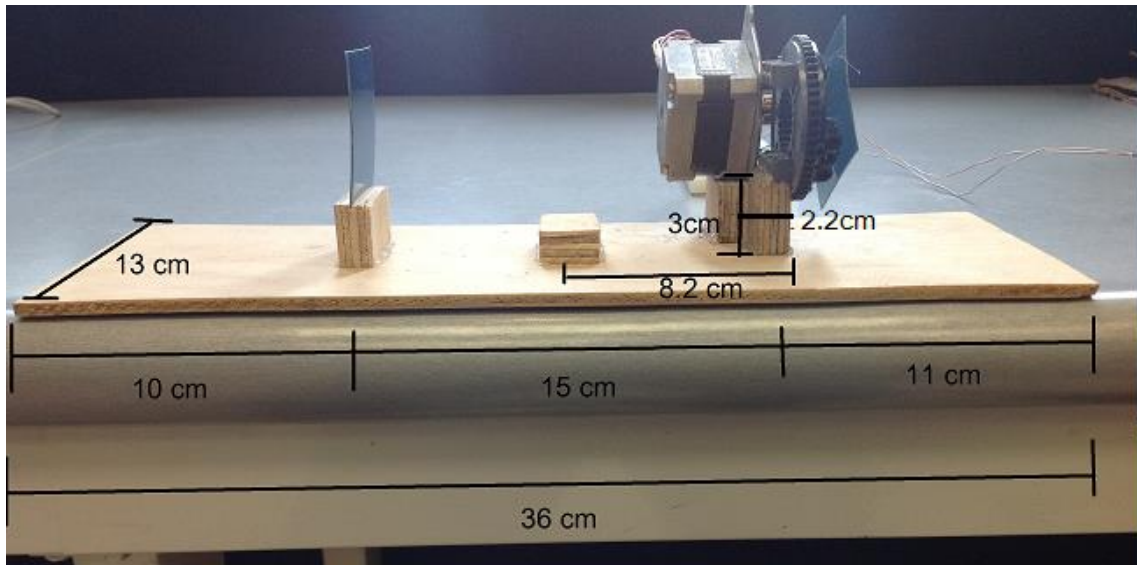


Figura 5 Medidas del Polarímetro

Los polarizadores tenían que estar a una distancia determinada y a un nivel donde el haz de luz pudiera atravesar en el medio de los polarizadores (Figura 6). Se mantuvieron los polarizadores firmes sin algún movimiento que pueda afectar en los análisis, así que se tuvieron que usar bases pequeñas, que se fijaron con silicón caliente y un tornillo en la parte superior de la base principal del prototipo para poner los polarizadores.

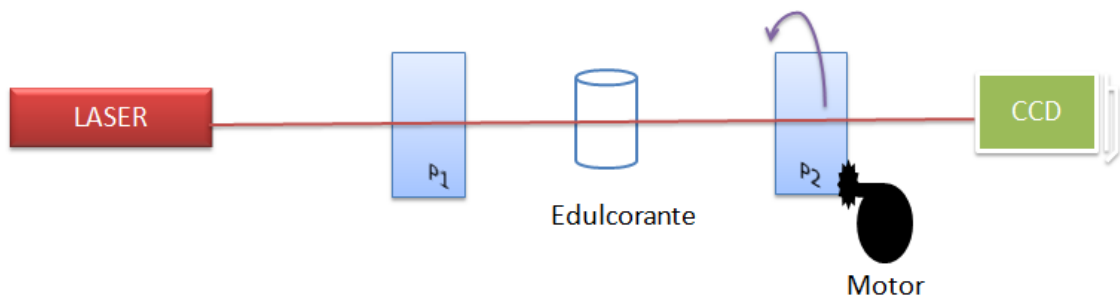


Figura 6 Esquema de bloques

5.2 Control de polarizador

Los polarizadores fueron colocados en los dos extremos, el polarizador número 2 se montó en un engrane de lego para poder rotarlo. El engrane de rotación es de 5.8cm de diámetro conformado por 56 dientes a su circunferencia. Ya estando el engrane fijo con el polarizador, se encontró un motor de pasos quien hizo girar el polarizador. Las características del motor de pasos son de 3.75 grados/ pasos 8.1V 0.7A modelo STP-42H103 NO.18201 (Figura 7). El motor de pasos es de dos bobinas, lo que se descubrió realizando pruebas con un multímetro. Los cables que coincidieron con la bobina 1 y la bobina 2 fueron los siguientes:

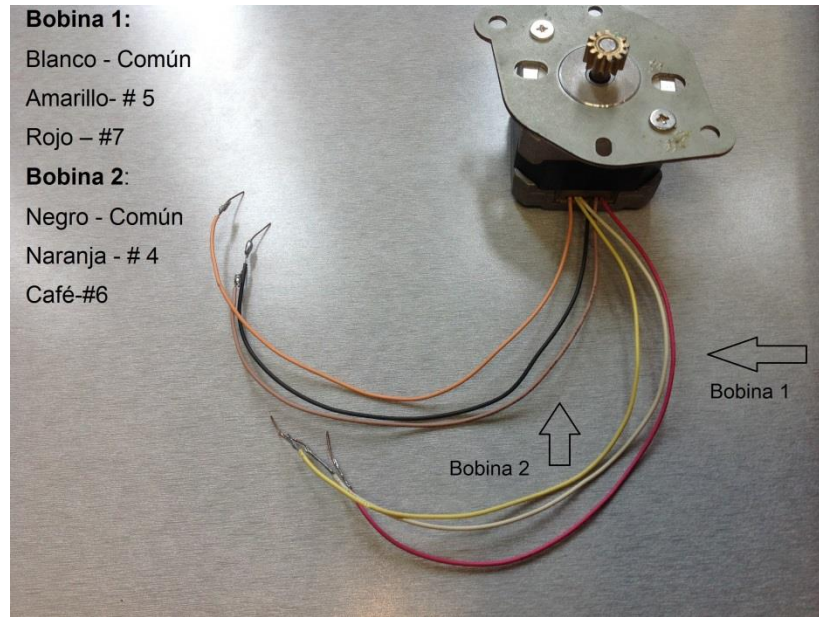


Figura 7 Motor STP-42H1

Teniendo el motor listo para usar, se buscó un semiconductor que ayudó a controlar el motor con un hardware de plataforma libre llamado Arduino.

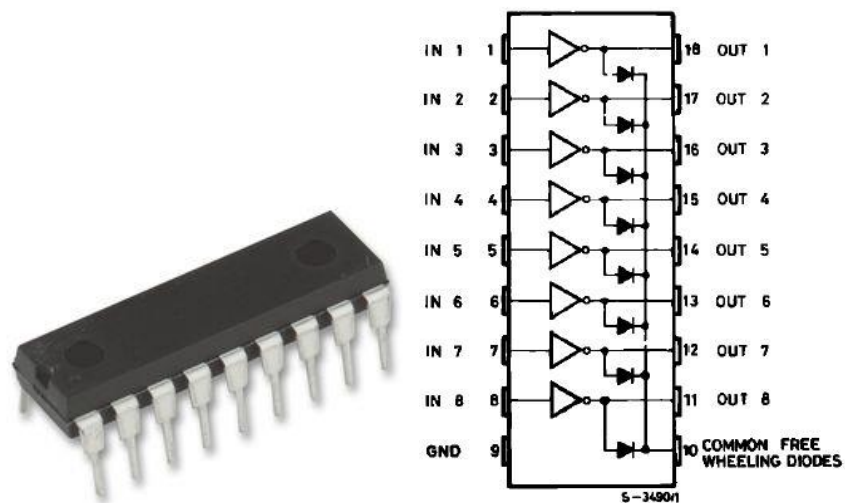


Figura 8 Semiconductor ULN 2803 y Schematic

El semiconductor que se uso fue el Toshiba ULN 2803APG (Figura 8). Se conectaron los cables en sus respectivos pins del semiconductor usando un protoboard (Figura 9) para que al conectar el Arduino el motor sea controlado con los comandos programados.

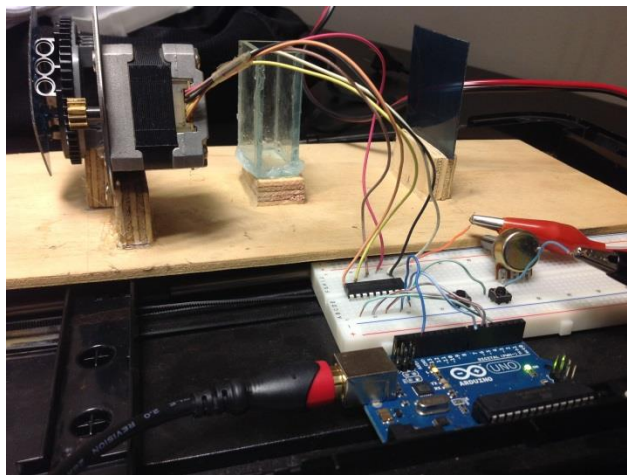


Figura 9 Conexiones del motor al Arduino y Protoboard

Para conectar el Arduino y el ULN2803 se usaron los pins digitales 4-7 del Arduino para conectarlo con los pines de entrada 1, 3, 5, y 7 del ULN2803 y así controlar el motor. En los pines del semiconductor de salida 1, 3,5 y 7 se conectaron los cables de las bobinas del motor. La figura 10 demuestra las conexiones del Arduino hasta la fuente de poder. Las pruebas del motor se iniciaron con un voltaje de 3V. Cuando se observó que había necesidad de más potencia se agregaron 2V mas para que el motor y el engrane giren a la velocidad deseada. El polarizador giraba sus 360° siendo controlado con un push button.

PROTOTIPO DE POLARIMETRO

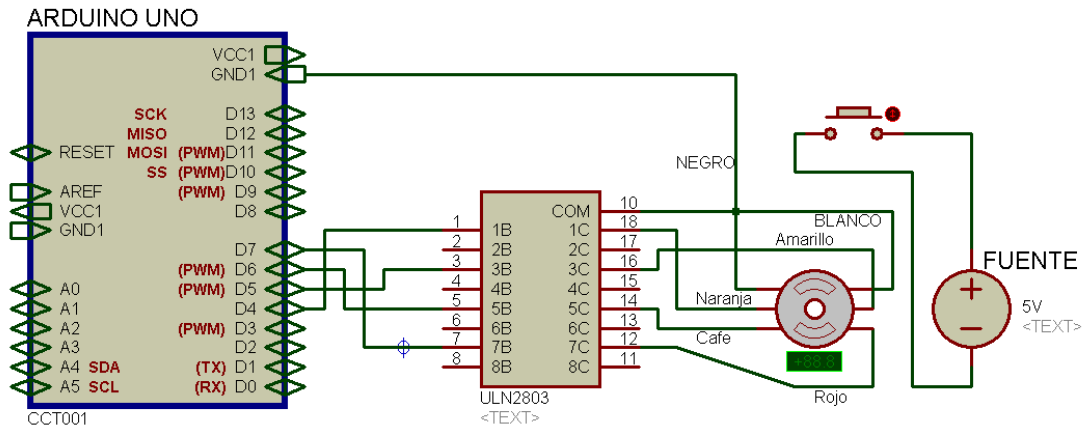


Figura 10. Schematic del Control de motor en Proteus

El Arduino uno se programó para que el motor pueda girar 360 grados. Para esto era necesario hacer algunos cálculos con la información de los dientes de los dos engranes, los engranes del lego y del motor. El engrane de lego tiene 56 dientes y el engrane del motor tiene 12 dientes. Con esto se hicieron unos cálculos que ayudaron a descubrir cuantos pasos tiene que hacer el motor para que haga su vuelta completa.

$$56 \div 12 = 4.66 = 1 \text{ vuelta}$$

El resultado indica que el motor realiza $4 \frac{2}{3}$ vueltas para que el engrane grande gire 360°. Con las características del motor se hizo la división de

$$360^\circ \div 3.75^\circ = 96 \text{ pasos}$$

Este resultado muestra que el engrane del motor da 96 pasos para realizar una vuelta completa.

Entonces:

$$96 \text{ pasos} \times 4 \text{ vueltas} = 384$$

$$96 \times 2 = 192$$

$$192 \div 3 = 64$$

Así que

$$384 + 64 = 448 \text{ pasos}$$

448 pasos son los que hace el motor para que el engrane grande de una vuelta completa de 360°.

Con estos cálculos se obtuvo la información necesaria para hacer la programación en Arduino en la que se usaron los comandos de la (Figura 11).

```

/*
  Hace que nuestro motor gire los pasos necesarios para que
  el engrane grande haga 360 grados.
*/

#include <Stepper.h>

// Color de los cables con el pin
#define Orange 4
#define Yellow 5
#define Brown 6
#define Red    7

#define SPEED 500 // RPM

// Order matters here when giving it the pins
Stepper stepper(20, Yellow, Red, Orange, Brown);

void setup()
{
  // set the speed of the motor to 30 RPMs
  stepper.setSpeed(50);
}

void loop()
{
  stepper.step(448);
  delay(1000);

  // el motor se regresa
  //stepper.step(-448);
  // delay(1000);
}

```

Figura 11. Comandos de Programación en Arduino Uno

Teniendo la programación y las conexiones listas (Figura 9), el polarímetro estaba preparado para ser probado. Las pruebas y análisis de las muestras fueron el siguiente paso del proyecto.

2.3 Adquisición de imágenes

Las muestras de los edulcorantes fueron hechas usando el polarímetro con la menor luz ambiental posible. Fue necesario construir una estructura de cartón (Anexo 2) para poder obtener las mejores imágenes posibles. En un extremo del polarímetro se colocó una cámara CCD conectada a una laptop con la que se obtuvieron las imágenes de muestra. Los edulcorantes analizados fueron Nutra-Light, Sweet Sprinkles, Sweet-n-low y azúcar refinada, estas fueron disueltas con agua en un recipiente de cristal (Figura 12), cada muestra contenía 1 gramo de edulcorante.

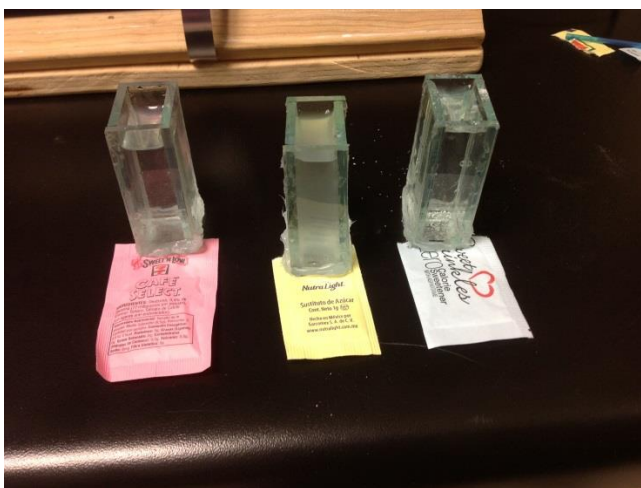


Figura 12. Edulcorantes analizados

Con las herramientas necesarias colocadas en sus respectivos lugares, era necesario conseguir los programas de software que se usarían para poder adquirir las imágenes deseadas. El driver de la cámara CCD AmCap se instaló en la laptop para ver las imágenes. Se le hicieron unos ajustes a los parámetros en

las propiedades de brillo para el AmCap (Figura 13). Con el láser en un extremo de la base y el CCD en el extremo opuesto (Figura 6) se iniciaron las pruebas de análisis de cada uno de los edulcorantes. La luz del láser pasaba por la muestra, llegaba directamente al CCD para que así se captaran las imágenes de la actividad óptica en cada muestra mediante un video.

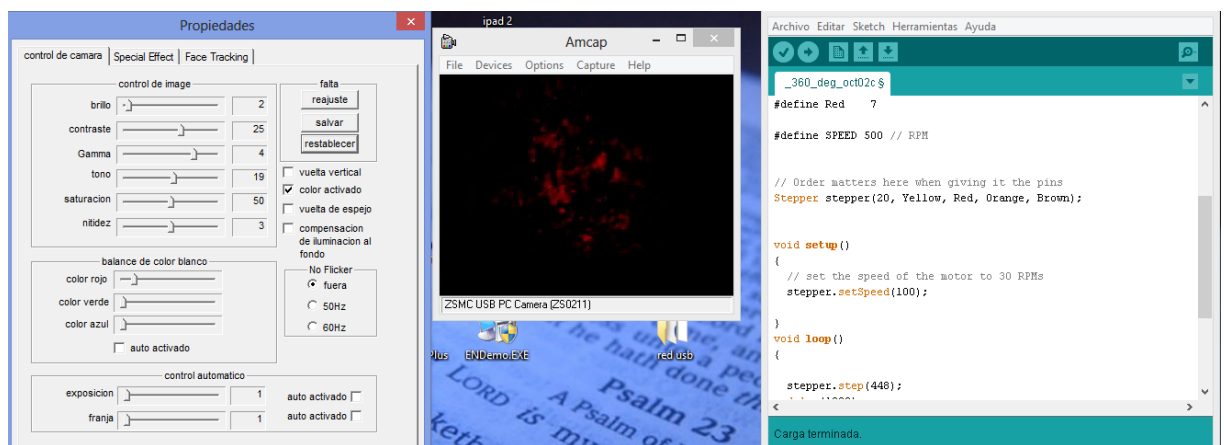


Figura 13. Propiedades de Brillo AmCap

El proceso de capturas de imágenes se obtuvo grabando un video de 30 segundos de la actividad óptica que estaba captando el CCD mientras el polarizador giraba y hacia sus 360° a 100 rpm. Teniendo un video de cada muestra se captaron 15 imágenes de los primeros 15 segundos del video (1 foto/seg) la mitad del video mostraba una vuelta completa del polarizador. En la (Figura 14-15) se pueden ver las imágenes captadas de la actividad óptica con el CCD de una de las muestras. Al no tener luz ambiental las capturas de imágenes obtenían una resolución agradable que nos permitió hacer el proceso de las imágenes.

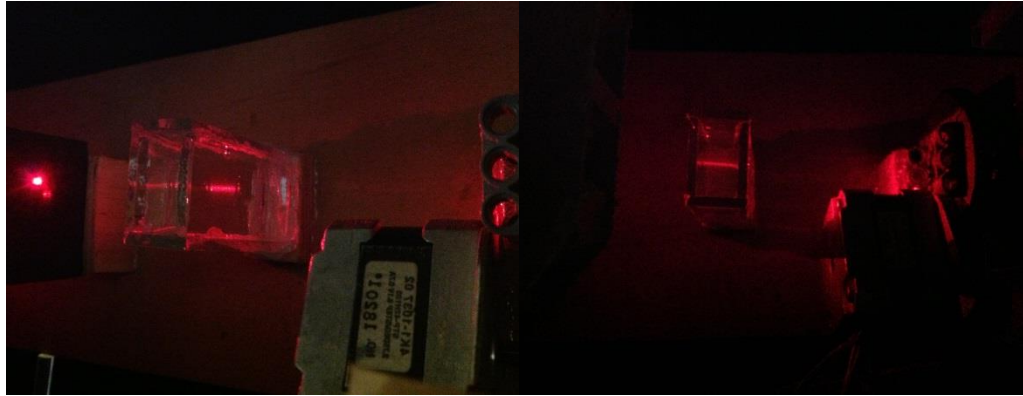


Figura 14. Proceso del polarímetro

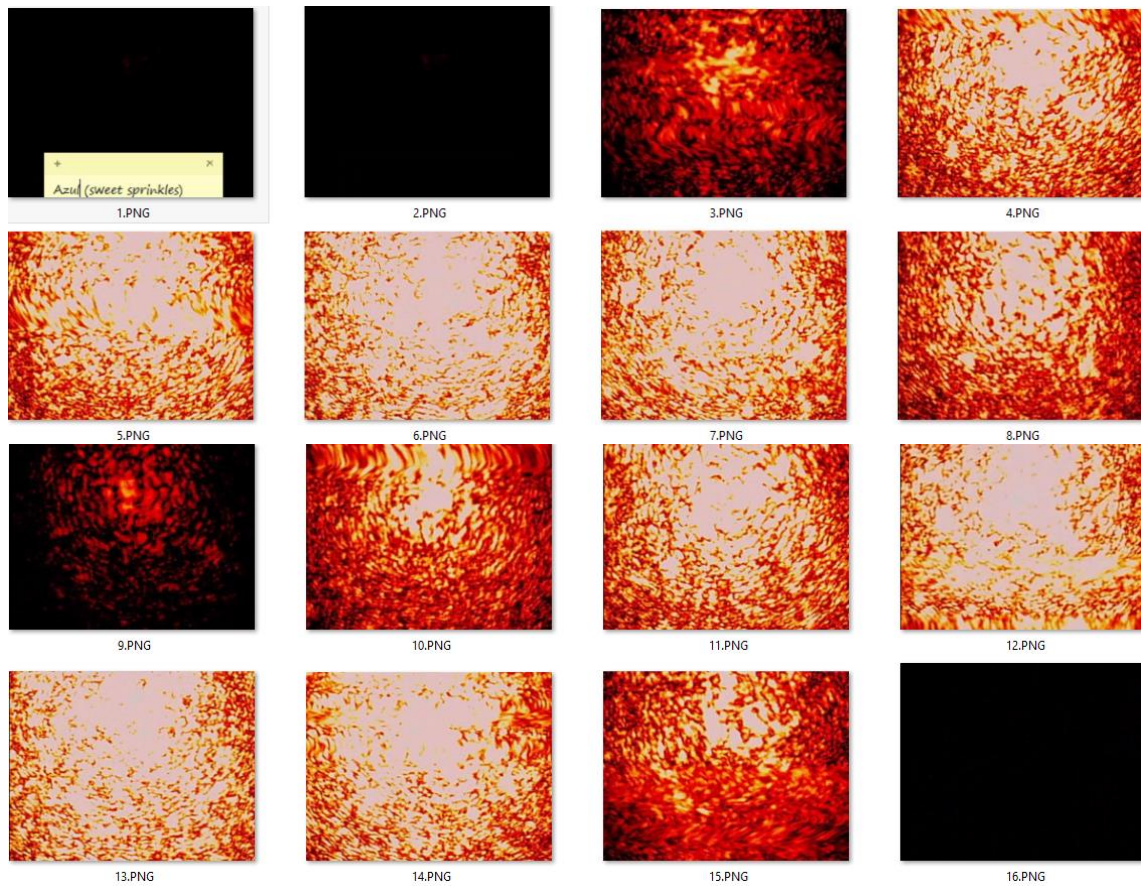


Figura 15. Actividad óptica capturas de muestras

5.3 Procesamiento de imagen

Las capturas de las muestras se analizaron con el software Image-J, quien dio el promedio de intensidad de luz en cada pixel. En la gráfica de Image-J (Figura 16) se observa la intensidad de luz en una de las imágenes que fueron analizadas. Además se muestra que en los primeros 50 pixeles de distancia la intensidad de luz permanece alrededor del valor 50, mientras que hacia los pixeles 200 – 350 permanece a un valor mayor de 100.

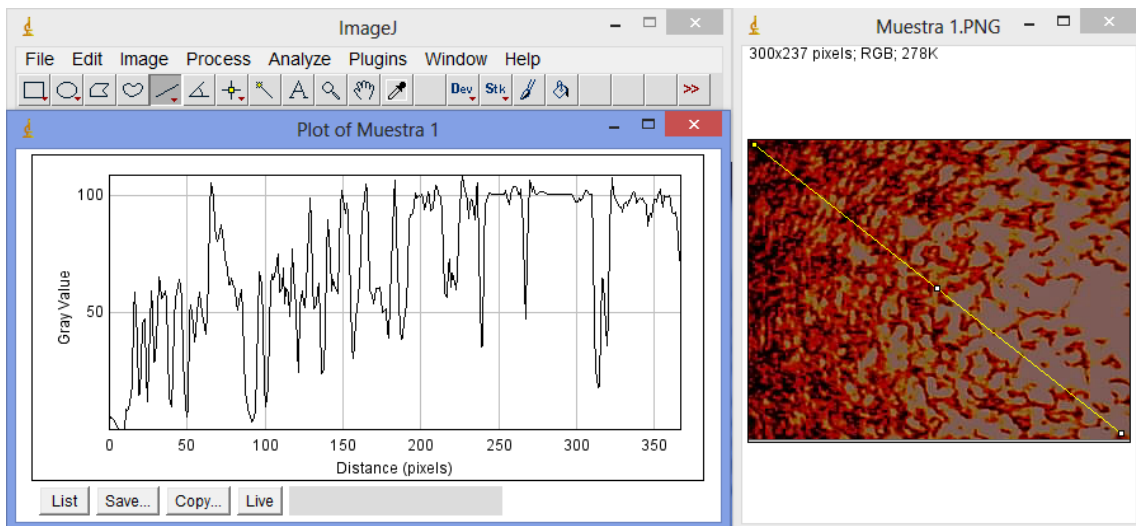


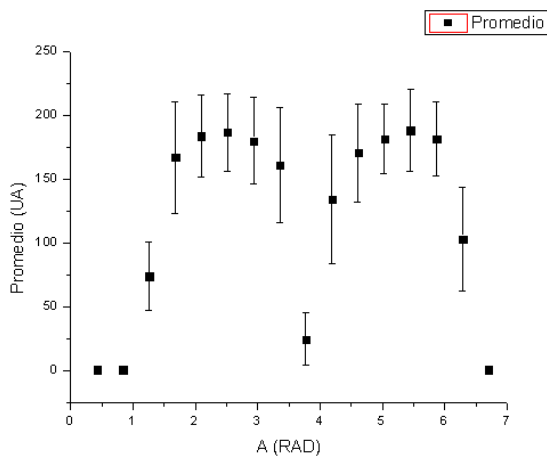
Figura 16. Perfil de intensidad capturado en Image-J.

Con estos datos de cada imagen y de cada muestra de edulcorante se pudieron ver los resultados y las diferencias con la actividad óptica en cada una de los edulcorantes. Para analizar las imágenes se contó con el software de Origin.

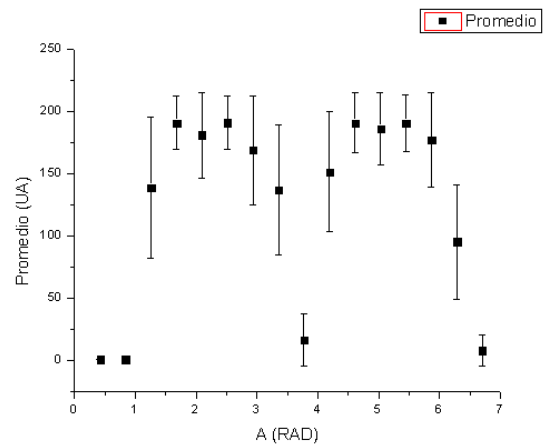
5.4 Análisis de imagen

En los resultados obtenidos durante el procedimiento experimental, donde los tres edulcorantes artificiales se compararon con azúcar refinada, se observó un comportamiento similar entre ellos (Figura 17). Todos se distribuyen en una forma sinusoidal al realizarse el ciclo completo en el polarímetro.

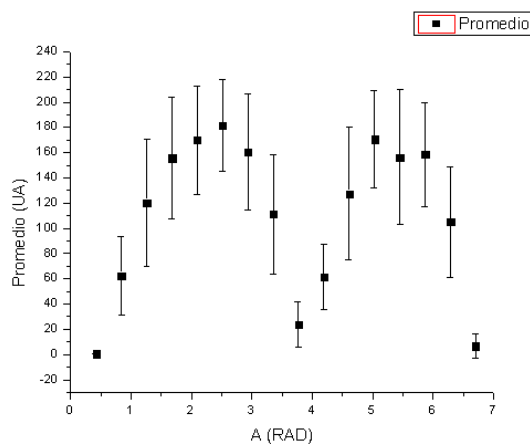
Sweet Sprinkles



Azucar



Nutra Light



Sweet-N-Low

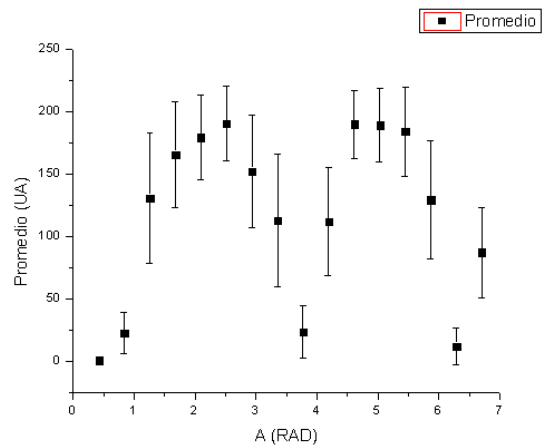


Figura 17. Resultados de intensidad de luz

Es de llamar la atención que cada muestra de edulcorante artificial se compone de distintos compuestos en diferentes concentraciones, como se muestra en la tabla 1. Sin embargo se comportan de una manera similar en la distribución temporal mencionada anteriormente.

Tabla 1 Componentes de muestras analizadas

Sweet'n Low	Dextrosa, Sacarina, Cremor Tartaro, Silicato de calcio.
Sweet Sprinkles	Dextrosa con Maltodextrina, Aspartame, contiene fenilalanina.
Nutra Light	Dextrosa, Sucrosa, Dióxido de silicio.
Azúcar	Sacarosa

6. Conclusión

Se observó que los edulcorantes examinados presentan birrefringencia al ser analizados en el polarímetro. Comparando los resultados se encontró que existen pocas variaciones en la distribución de los valores de intensidad en los diferentes edulcorantes. Al analizar los edulcorantes con el azúcar se encontró que el edulcorante Sweet Sprinkles es similar en la distribución de intensidad-radian, esto indica que sus comportamientos ópticos son similares. Además, los otros edulcorantes tienen una distribución de intensidad-radian diferente al del

azúcar, lo que indica un ángulo de desfase haciendo su comportamiento óptico diferente al del azúcar.

El proceso de captar las imágenes dieron resultados prácticamente similares entre cada muestra. Se vieron algunas diferencias en dos de las muestras que nos llamaron la atención, por lo que se analizaron un poco más que las otras. Ya que estos resultados demostraron que el azúcar y la muestra de sweet sprinkles tienen la misma actividad óptica que nos invita a analizar los efectos en el cuerpo humano.

En futuros trabajos se pretende estudiar los efectos de los edulcorantes en el cuerpo humano, analizando su composición química. Una vez hechas las mediciones, se implementará un protocolo para estudiar el efecto directo en piezas dentales en vivo con lo que se procedió a hacer una correlación estadística que nos ayudará a entender las posibles relaciones de los efectos bioquímicos y ópticos de los edulcorantes y su metabolización.

Aparte de los cuatro edulcorantes que se analizaron, se pretende usar otros diferentes tipos de edulcorantes al igual de jugos y refrescos. Esto nos ayudará a tener más resultados de birrefringencia en edulcorantes. En el polarímetro se tiene pensado minimizar la carcasa y hacerla con un material fuerte que el presente, así también se tendrá un prototipo más accesible con mejores posibilidades de mover con facilidad y opciones para trabajar.

7. REFERENCIAS

- Brown, R. J., & Rother, K. I. (2012). Non-nutritive sweeteners and their role in the gastrointestinal tract. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 97(8), 2597- 2605. .
- Brown, R. J., Banate, M. A., & Rother, K. I. (2010). Artificial sweeteners: a systematic review of metabolic effects in youth. *International Journal of Pediatric Obesity*, 5(4), 305-312. .
- BSES. (1984). The Standard laboratory manual for Australian sugar mills. *Principles and practices / Bureau of Sugar Experiment Stations 1*.
- Burbank, F., & Fraumeni, J. F. . (1970). Synthetic sweetener consumption and bladder cancer trends in the United States. .
- Chang, R. (2003). General chemistry: the essential concepts 3rd ed(McGraw-Hill.).
- Christison, A., & Khan, H. A. . (2012). Exergaming for health: a community-based pediatric weight management program using active video gaming. *Clinical Trial*, 51(4), 382-388.
- Gardner, C., Wylie-Rosett, J., Gidding, S., Steffen, L., Johnson, R., Reader, D., & Lichtenstein, A. . (2012). Nonnutritive Sweeteners Current Use and Health Perspectives. . *A Scientific Statement From the American Heart Association and the American Diabetes Association*(35), 1798-1808.
- Garoutte, M. P. (2007). General Organic, and biological chemistry: a guided inquiry. N.J.: John Willey & Sons.
- Gautam, A., Jha, A., & Singh, R. (2012). Sensory and textural properties of chhana kheer made with three artificial sweeteners. *International Journal of Dairy Technology*.
- Jain, P., Kumar, A., Jha, A., Kumar, R., & Pandey, S. K. (2012). Textural and sensory properties of Lal peda manufactured with artificial sweeteners and bulking agents. *International Journal of Dairy Technology*. .
- Maffei, C. (2005). The CMB polarisation observer. in *Proc. Dome C. Astron. Astrophys. Meeting, M. Giard, F. Casoli, and F. Paletou, Eds, 14, 251-256*.
- Mariotti, M., & Alamprese, C. (2012). About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. *LWT-Food Science and Technology*. .
- Mattes, R. D., & Popkin, B. M. (2009). Non-nutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *Am J Clin Nutr*, 89(1), 1-14.
- McNaught, A. D., Wilkinson, A., & International Union of Pure and Applied Chemistry. (1997). Compendium of chemical terminology : IUPAC recommendations (2nd ed.). Oxford England ; Malden, MA, USA: Blackwell Science.
- O'Donnell, K., & Kearsley, M. (2012). Sweeteners and sugar alternatives in food technology. *Wiley Online Library*. .
- Ogden, C. L., Carroll, M. D., Kit, B. K., & Flegal, K. M. (2012). Prevalence of obesity in the United States. 2009-2010. *NCHS Data Brief*(82), 1-8.

- Popkin, B. M., & Nielsen, S. J. (2012). The sweetening of the world's diet. *Obesity Research, 11*(11), 1325-1332.
- Ramirez, S. (2011). Mitos y realidades de los Edulcorantes. *Estetica, 02*, 17.
- Swithers, S. E., & Davidson, T. L. (2008). A role for sweet taste: calorie predictive relations in energy regulation by rats. *Behavioral neuroscience, 122*(1), 161.
- Technology, V. S. (2013).
- Telecomunicación, U. d. V. D. d. F. A. E. T. S. d. I. d. Polarización de la luz. Birrefringencia. Efectos ópticos Incluidos. *Física Avanzada, 44*.
- txus2006. (2008). Pruebas Filtro Polarizador. Retrieved from <http://www.canonistas.com/foros/opticos/1092-tutorial-pruebas-filtro-polarizador-19.html>
- Weihrauch, M., & Diehl, V. (2004). Artificial sweeteners—do they bear a carcinogenic risk? . *Annals of Oncology, 15*(10), 1460-1465. .
- Whitehouse, C. R., Boullata, J., & McCauley, L. A. (2008). The potential toxicity of artificial sweeteners. *AAOHN JOURNAL, 56*(6), 251.

8. ANEXOS

ANEXO 1



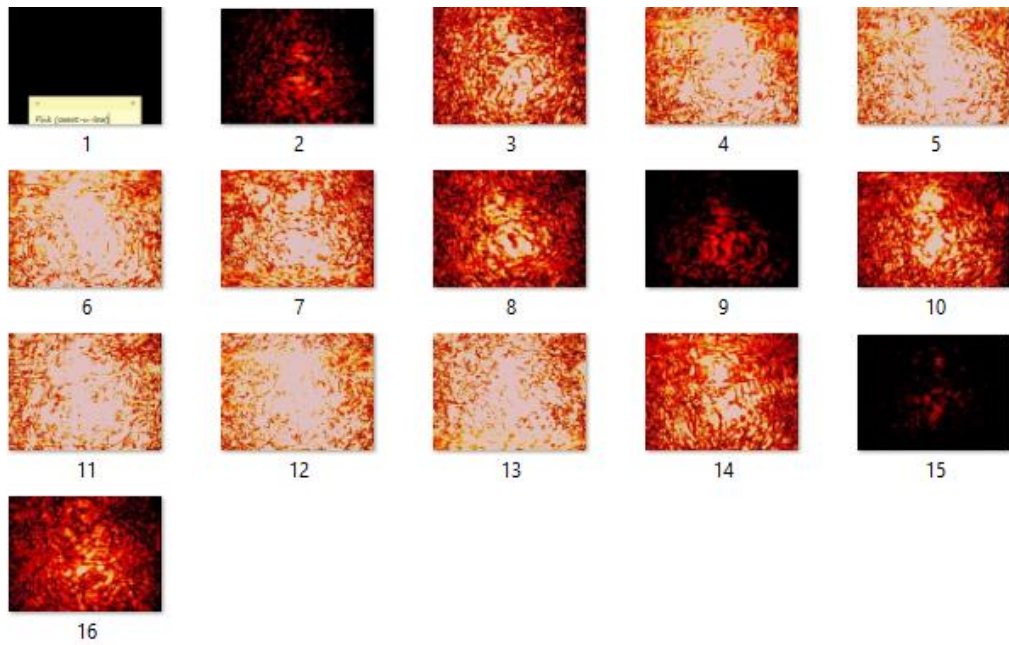
Pruebas preliminares del polarímetro

ANEXO 2



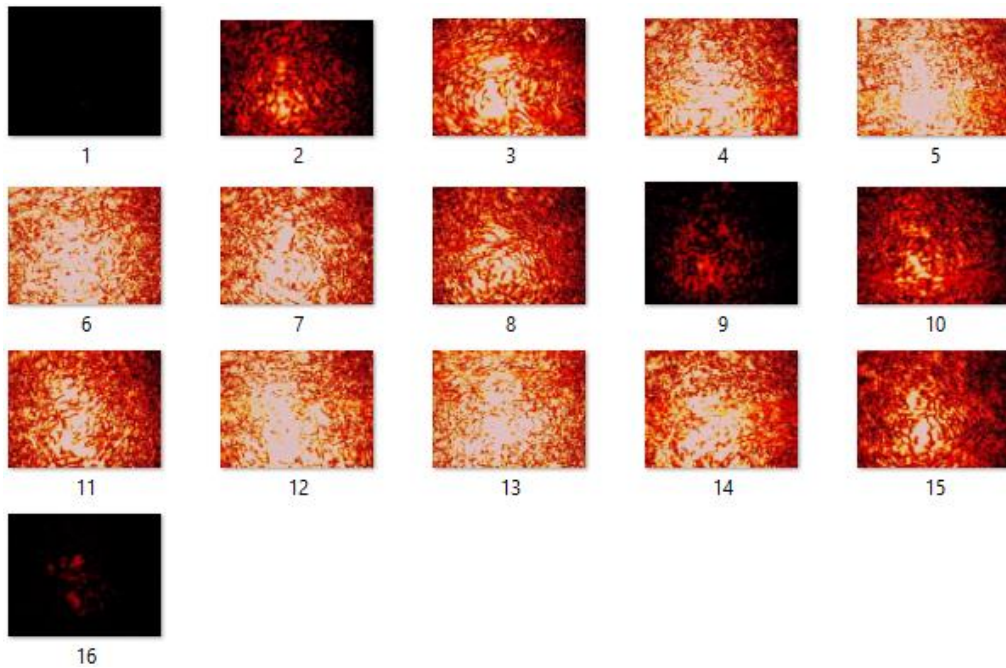
Estructura de cartón para polarímetro

ANEXO 3



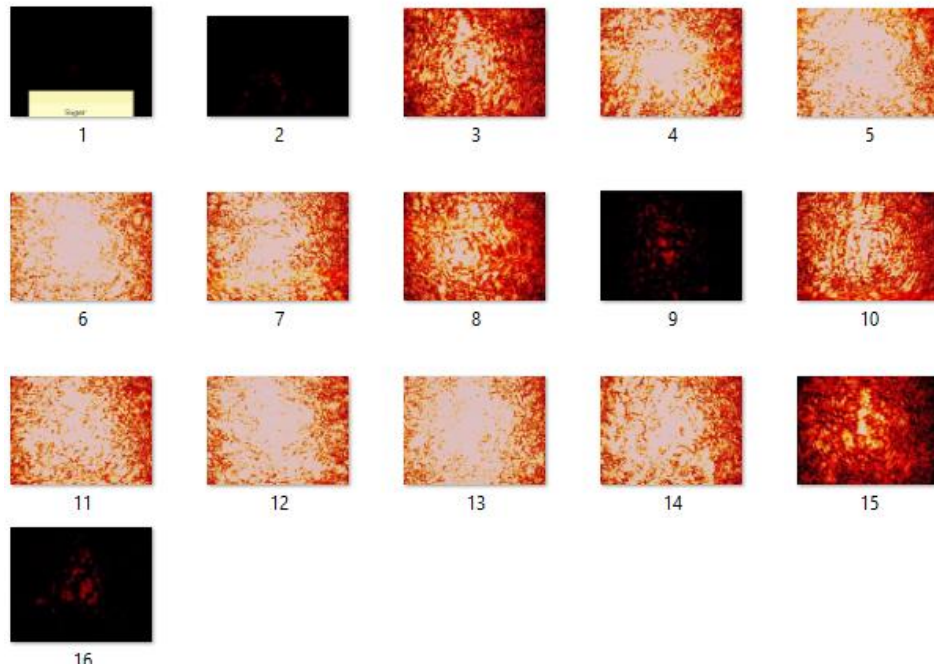
Actividad óptica de edulcorante sweet n low (Sobre rosa)

Anexo 4



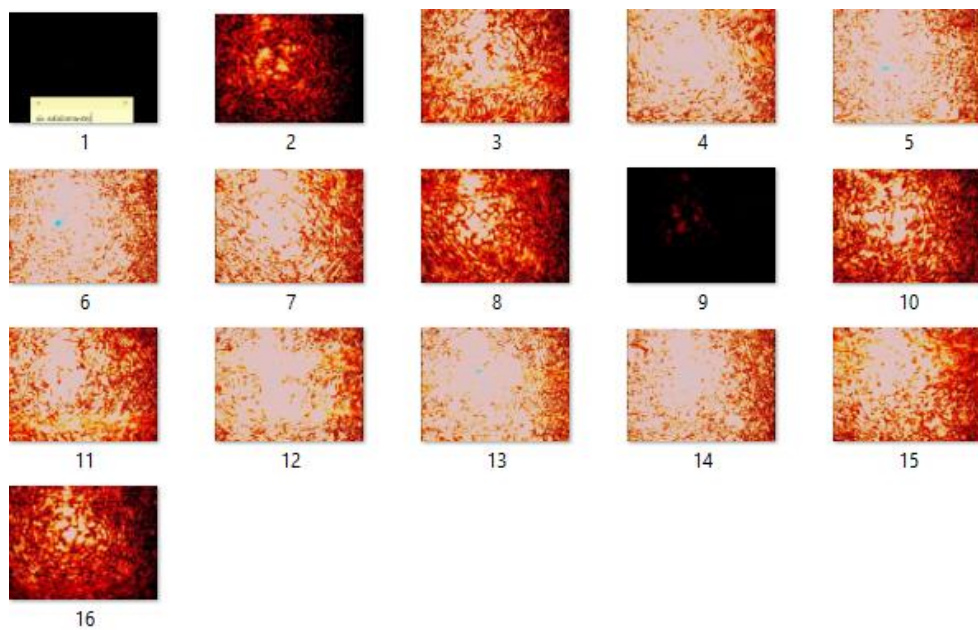
Actividad óptica de edulcorante Nutra Light (Sobre Amarillo)

Anexo 5



Actividad óptica de Sobre de azúcar

Anexo 6



Actividad óptica sin edulcorante

ANEXO 7



Participación en la feria de Investigación Universidad de Montemorelos

ANEXO 8



Participación en Congreso Nacional de Física 2013, San Luis Potosí