



INVESTIGACION ACCION

EL USO DE CELDAS SOLARES POR ESTUDIANTES DE 12MO GRADO DEL CURSO DE FISICA PARA APRENDER LOS PRINCIPIOS DEL COMPORTAMIENTO Y LAS INTERACIONES DE LAS ONDAS POR MEDIO DEL TEMA DE FOTOSINTESIS Y EL USO DE CELDAS SOLARES

Maestro/a: Edna I. Martínez Medina

Escuela: Vocacional Bernardino Cordero Bernard

enero 2023

TRASFONDO:

Aprender un concepto, no es solamente dar una definición de este, memorizándolo; sino que el alumno tiene que ser capaz de utilizar sus propios conocimientos, habilidades y destrezas no adquiridos únicamente a nivel teórico, sino a través de actividades que le permitan hechos observables, verificables mediante la actividad práctica. (Morales, A.E. 2010). Ruiz Maget y García (1971) "afirman que la exploración de ideas previas es uno de los objetivos de aprendizaje, de la interpretación sobre los conocimientos previos que tienen los alumnos".

En el año 2019 surge a nivel mundial la Pandemia del Covid 19 obligando a las personas a permanecer encerradas en sus casas por seguridad. El derecho constitucional al acceso a la educación en Puerto Rico se vio gravemente afectado a raíz de la pandemia del Covid-19. Principalmente, el menoscabo a la educación fue causado por la falta de previsión del gobierno y su incapacidad para establecer protocolos que respondiesen a desastres naturales (pandemias, terremotos, huracanes) (Meléndez García, T. 2001)

Los grupos al que este año le ofrezco clases vienen de dos años de clases online, (por la pandemia y por el terremoto ocurrido el 7 de enero de 2020) tomaron sus clases de biología y química desde sus casas con una computadora. Ellos se adaptan nuevamente a sus cursos en un aula, además que el curso que les ofrezco es Física y este tiene conceptos abstractos que los estudiantes no pueden entender, además de la dificultad que presentan con las matemáticas. Llevo 20 años ofreciendo clases y de esos 20 años 15 son ofreciendo física. Cuando llegamos al tema de ondas es difícil para el estudiante entender que la luz, por ejemplo, es una onda cargada de fotones y que transporta energía, concepto dado en biología en el tema de fotosíntesis. De igual manera cuando discutimos el concepto de espectro electromagnético, se les dificulta a los estudiantes entender que este concepto es una escala en donde se presenta la longitud de onda, frecuencia e intensidad de radiación de los objetos y que esa radiación emitida nos permitiría identificar el objeto de estudio.

En esta investigación acción se decidió unir los conceptos de ondas (física) con el concepto de fotosíntesis (biología).

Por tanto, mi problema de investigación sería: ¿Cómo los estudiantes pueden conceptualizar el proceso de adquisición de energía mediante las ondas utilizando como contexto el proceso de fotosíntesis y las celdas solares?

MARCO TEORICO

El modelo para utilizar en esta investigación acción sería el modelo Stringer 2007 según discutido en el taller del Profesor Juan P. Vázquez Pérez. Este modelo observa la investigación en acción como un proceso en el que las etapas se repiten de forma continua, las veces necesarias, hasta que las dificultades se minimicen o se logren el cambio esperado desde la acción. Los pasos para seguir en este modelo son la observar, pensar, actuar. (Vázquez Pérez, J. 2022)

Nosotros observamos la dificultad de los estudiantes en el tema de ondas, por nuestra experiencia ofreciendo este tema en años anteriores. Además, que pudimos dar una preprueba del tema de ondas y obtuvimos el análisis de la misma, el cual demostró que de 23 estudiantes solo. Luego de esto pensamos un plan de acción en torno a esa dificultad y finalmente actuamos implementando talleres sobre el tema y laboratorios sobre estos temas.

Abonando al material de estudio encontramos la siguiente información referente al tema. La luz representa uno de los factores más heterogéneos, espacial y temporalmente, de entre los que afectan a las plantas. La luz, por su naturaleza energética, representa además un factor de riesgo añadido en las plantas que la requieren para el proceso fotosintético. Mientras mantiene unos pigmentos como principales responsables de la absorción energética, también han desarrollado otros mecanismos en los que se ven involucrados pigmentos accesorios para disipar de forma no dañina el exceso de energía absorbida en caso necesario. (Manrique Reol, E. 2003)

El principal objeto de estudio de la física son las partículas que conforman los átomos: electrones, protones y neutrones. Trata de describir la naturaleza de los enlaces entre dichas partículas, y con ello, la estructura y propiedades de las moléculas. Algunas de estas propiedades pueden ser percibidas por el ser humano: los colores son resultado de los enlaces atómicos presentes en los distintos compuestos. Por ejemplo, el estado

energético de los electrones en la clorofila provoca la absorción de fotones de luz con unas determinadas longitudes de onda, haciendo que nosotros percibamos el color verde en ella. Por otro lado, las partículas subatómicas en condiciones de aislamiento y temperaturas extremas dan lugar a diferentes fenómenos cuánticos, caracterizados por ocurrir aparentemente al margen de las leyes de la física clásica. La fotosíntesis es el proceso bioquímico mediante el cual determinados organismos sintetizan biomoléculas necesarias para su metabolismo a partir de energía lumínica proveniente del sol. (S. Gonzalez, G. L. Ramón Zamorano y A. Refoyo. 2018)

Las energías renovables son energías limpias que han cobrado gran relevancia en los últimos años y que hoy son un foco importante de investigación y desarrollo. (Gao, et al., 2008; Cao, et al., 2009) Entre ellas, la energía solar es una fuente de energía muy promisoría que, además, no genera desechos o contaminantes. La producción de energía fotovoltaica se ha duplicado cada dos años desde 2002 y hoy es el sector energético que más rápidamente crece (Gao, et al., 2008; Cao, et al., 2009). Las celdas DSSC (dye-sensitized solar cell), o celdas de Grätzel, son una alternativa interesante frente a las celdas de silicio, debido a que permiten reducir costos de fabricación y obtener una eficiencia considerable (Enciso, et al., 2016; Enciso, et al., 2017). Estas celdas, sensibilizadas por colorantes, producen electricidad mediante un principio fotoelectroquímico, convirtiendo la energía lumínica en energía eléctrica. Mucho se ha avanzado en el armado de las celdas de Grätzel desde su creación en la década de 1970 a la fecha; desde las primeras, de soporte líquido armadas usando clorofila como sensibilizador, hasta las actuales, sólidas y armadas con pigmentos sintetizados para optimizar su eficiencia, se ha logrado emparejar y superar el rendimiento de las más antiguas, pero más difundidas celdas tradicionales de silicio (Bisquert, et al., 2004).

También la llamada célula de pigmento fotosensible es un tipo de tecnología solar que convierte la radiación del sol en energía eléctrica. Es un invento del premio Nobel de Tecnología 2010, Michael Graetzel, creado en 1988 como propuesta alternativa para la fabricación de cámaras para captar energía con materiales de bajo costo y manufactura sencilla (calefacción solar, 2018).

En estudios previos se ha evaluado el comportamiento de la ficocianina proveniente del alga *Spirulina* spp. y las antocianinas extraídas de la flor del ceibo (Enciso, et al., 2017; Enciso, et al., 2016; Cerdá, et al., 2014; Enciso, et al., 2013; Enciso, et al., 2012), así como el uso de la mezcla de ficoeritrina y carotenos extraídos de algas rojas recolectadas en suelo Antártico; en ambos casos señalados, se ha probado la eficacia del uso de esos pigmentos (ficocianina y antocianinas) como sensibilizadores y se han obtenido distintos valores de eficiencia en celdas armadas con ellos. (Enciso y Cerdá, 2016)

Las algas podrían convertirse en el material de los paneles fotovoltaicos del futuro o, al menos, en uno de ellos. Y ahora están, sin duda, más cerca de hacerlo gracias a un proyecto pionero de la Universidad de Cambridge. Sus expertos han logrado desarrollar un sistema biofotovoltaico que, gracias a un novedoso diseño de doble cámara y a la incorporación de algas modificadas genéticamente, multiplica por cinco la densidad de energía que se había logrado con otros modelos previos a base de estos organismos. Además, la idea permite almacenar la energía captada durante el día, para su aprovechamiento tras el anochecer. (Ecoinventos, 2022)

¿Por qué se consideran las algas como medio para las celdas fotovoltaicas?

Las algas son organismos eucariotas fotosintéticos que son capaces de vivir y reproducirse en los ecosistemas acuáticos. Tienen una distribución muy amplia y ocupan una gran variedad de hábitats: existen especies marinas, dulceacuícolas, costeras y algunas sobreviven hasta en ambientes extremos, como en la Antártida. Las algas constituyen un grupo muy diverso que presenta una gran variedad de formas y tamaños que abarcan desde organismos unicelulares microscópicos hasta organismos macroscópicos, que pueden alcanzar varios metros de longitud. Este último grupo son organismos que viven adheridos a algún tipo de sustrato en los fondos o costas acuáticas, pueden alcanzar un gran tamaño y una mayor complejidad morfológica. Por otro lado, las macroalgas son utilizadas desde hace mucho tiempo por el ser humano para cumplir numerosas funciones, entre ellas:

- Son utilizadas en la industria alimentaria para elaborar productos lácteos, confituras, gelatinas, sopas, jugo de frutas hasta sushi.
- Son utilizadas en la industria textil.

- Sirven como materia prima para elaborar sustancias gelificantes, como el agar.
- En cosmetología son utilizadas para hacer cremas, champús y pastas dentales.
- Debido a su alto contenido de proteínas y minerales se utilizan como fertilizantes.
- Por su alto contenido en carbonato de calcio se emplean para corregir la acidez de los suelos.
- En biomedicina son utilizadas debido a sus propiedades curativas. (Ecología verde)

A medida que aumenta la población mundial, también lo hace la demanda de energía. La amenaza del cambio climático significa que existe una necesidad urgente de encontrar alternativas más limpias y renovables a los combustibles fósiles que no contribuyan con grandes cantidades de gases de efecto de invernadero con consecuencias potencialmente devastadoras por nuestro ecosistema. La energía solar se considera una fuente particularmente atractiva ya que, en promedio, la Tierra recibe alrededor de 10,000 veces más energía del sol en un momento dado que la requerida por el consumo humano. (Saar, K.L. 2018) «*Es un gran paso adelante en la búsqueda de combustibles alternativos y más verdes*», asegura sobre este avance Paolo Bombelli, investigador del departamento de Bioquímica que ha participado en la investigación realizada por la Universidad de Cambridge. Con ella, opina el experto, «*llevamos los sistemas fabricados con algas un paso más cerca de su aplicación práctica*». (Ecoinventos)

Método: El método utilizado es diseño convergente paralelo, ya que el diseño combina datos cuantitativos y cualitativos, Una vez obtenido ambos datos los interpretamos para poder aceptar o rechazar la relación que haya entre ambos,

Antes de discutirles el power point con el tema de ondas, se les administró una preprueba sobre el tema para poder verificar el conocimiento que tenían sobre el mismo. Una vez se discutió el tema se procedió a asignarles una posprueba. Se programaron 2 talleres sobre el tema de la investigación. El primer taller dado fue sobre celdas solares ofrecido por el Profesor Jorge Colón Catedrático en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras. Una vez finalizado el taller los estudiantes procedieron a realizar un diario

reflexivo sobre ¿Qué sabían? Y ¿Qué aprendieron? en el taller. Ellos tomaron un segundo taller con la Profesora Liz Díaz, Catedrática en la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras sobre cromatografía en las algas, en este laboratorio tomaron la absorbancia del extracto de las algas a través de la cromatografía De igual manera los estudiantes procedieron a realizar un diario reflexivo sobre ¿Qué sabían? Y ¿Qué aprendieron? en el taller. Ellos realizaron un laboratorio identificando los tipos de algas y sus características. El grupo con el cual se realizó esta investigación acción fue un grupo de duodécimo grado, estudiantes que pasaron su grado 10 y 11 tomando sus clases de manera virtual debido a la pandemia de 2019 y al terremoto de 2020

Diseño:

Dificultades	Contexto	Sujetos Implicados	Acción específica	Recursos/Materiales	Persona encargada	Instrumento o técnica	Análisis
El estudiante no comprende el concepto de ondas ya que este es un concepto que ve de forma abstracta.	Salón de clases	Estudiantes de duodécimo grado	Taller sobre celdas solares y Cromatografía de columna. Cromatografía de espinacas e identificación de las partes de las algas.	Materiales para la cromatografía de papel	Profesores de la Universidad de Puerto Rico los cuales ofrecerán los talleres. Maestro para la identificación partes de las algas y el lab, de Cromatografía de papel.	Preprueba y postprueba Diario Reflexivo	Análisis cualitativo cuantitativo de los datos reflexivos de las post pruebas

La escuela queda en el área urbana de Ponce, los estudiantes seleccionados son de grado 12mo. Estos estudiantes tomaron sus cursos de biología y química de manera virtual por la situación de la pandemia y los terremotos que tanto afectó al área sur. Desde hace muchos años he notado en el salón de clases una dificultad en los estudiantes con el curso de física ya que esta materia tiene muchos conceptos los cuales son abstractos y el tema de ondas no es la excepción. Es por esto que se decidió unir el tema de fotosíntesis con el tema de ondas y las celdas solares, porque al explicar el tema de

fotosíntesis los estudiantes podrían ver los pigmentos que poseen las plantas los cuales capturan la luz y que poseen un largo de onda específico. Con estos temas y con los laboratorios de cromatografía el estudiante podría entender el tema de ondas.

ANEJO 1.

Los estudiantes se expondrán a una mesa con diferentes productos de algas sin decirles que son algas e identificarán si esos productos pueden ser realizados con algas. Habrá una pecera también con algas verdes, rojas y pardas y ellos identificarán las características que poseen las algas. Dada las características que los estudiantes presenten se le preguntará si creen que sea viable utilizar este organismo como un medio de energía renovable para atacar el problema del costo excesivo de la luz.

- I. Cromatografía de papel de espinacas: se procederá a realizar una cromatografía de papel con espinacas para poder observar los componentes envueltos en las hojas verdes de espinacas.

Materiales:

Alcohol etanol 96%

Hojas de espinacas verdes

Placas petri

Probeta de 25 ml

Mortero

Colador pequeño

Lápiz

Cinta adhesiva

Vaso de precipitado de 15 ml

Papel de filtro de café

Regla métrica

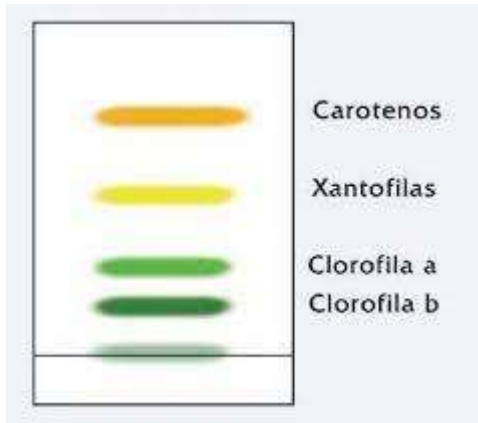
Tijeras

Balanza

PROCEDIMIENTO

1. Pesa en la balanza aproximadamente 5 gramos de hojas de espinacas.
2. Luego coloca esos gramos en el mortero con 1 ml de alcohol y macera las hojas hasta lograr una pasta.
3. Luego esa pasta la pasarás por el colador hasta obtener solo líquido en tu vaso de precipitado.
4. Ese líquido lo pasarás del vaso de precipitado a una placa petri.
5. Corta los filtros de café en tiras de 7 cm de largo y 2 de ancho. El largo puede variar de acuerdo con el recipiente que utilices para realizar la cromatografía, el papel debe ser por lo menos 1 cm más corto que recipiente.
6. Usando un lápiz dibuja la línea de inicio donde colocarás tu muestra. Dibuja la línea de modo que quede a una distancia de al menos un centímetro de la parte inferior del papel.
7. Asegura la tira de cromatografía verticalmente. Si utilizas vasos, pega el extremo superior del papel de filtro con un pedazo de cinta adhesiva de un lápiz o pedazo de madera y coloca ese lápiz sobre el vaso. Si tu recipiente tiene tapa, pega el papel de la tapa. Puede colgar la tira con clips de papel, cinta o cualquier otro mecanismo que considere adecuado.
8. Después de sujetar la tira de papel con mucho cuidado sumerja la punta del papel de filtro (aproximadamente 1 centímetro) en la placa petri con el líquido que filtró de modo que solo se moje el extremo inferior (aproximadamente 1 centímetro).
9. Espera aproximadamente 5 minutos hasta que se desarrolle la cromatografía. Puede que tarde un poco más o menos de este tiempo, debe observar lo que ocurre hasta que el disolvente corra hacia el extremo superior de la tira de papel.

10. Una vez que termine de correr la cromatografía, saca las tiras de papel y colócalas sobre un pedazo de papel toalla. Con cuidado, marca con un lápiz el frente del disolvente (área hasta donde subió el disolvente). Espera a que las tiras de papel se sequen. Una vez secas, determina cuantos pigmentos hay presentes en las hojas de espinacas.



1. Observarás que pigmentos obtienes en tu muestra y completarás la tabla abajo señalada.

Hoja de Trabajo:

Muestra de alga	Pigmento observado	Observaciones
Roja		
Verde		
Parda		

II. Cromatografía de columna:

Materiales:

- Jeringas de plástico de 10ml sin agujas (4)
- Arena blanca cernida de grano fino o moon sand (24 mL o 2 cucharadas)

- Algodón
- Lápiz o pedazo de madera de al menos 20 cm
- Recipiente de almacenar huevos, cubeta de hielo o vasitos de 1 oz
- Vasos de plástico transparentes de al menos 16 oz
- Marcador permanente, cinta adhesiva y bolígrafo o lápiz
- Extracto de algas (algas maceradas y filtradas como en la cromatografía)
- Alcohol isopropílico o alcohol etílico (150 mL)
- Agua destilada (250mL)
- Tazas o cucharas para medir
- Lapices de colores (opcional)

Procedimiento:

Preparación de la muestra, la fase móvil y recipiente para recolectar fracciones de la muestra

1. Fase móvil: Rotula dos vasos transparentes de 8 onzas uno para agua y otro para alcohol isopropílico. Añade 150 mL de agua en el vaso rotulado para esta y 150 mL de alcohol en su respectivo vaso.
2. Muestra: Rotula un vaso de 8 oz para el extracto de las algas. Añade 25 mL del extracto.

Para coleccionar las fracciones que eluyan de la columna, se debe utilizar un recipiente de huevos, una cubeta de hielo o diez vasos de 1 oz. Rotula el recipiente con un marcador permanente para cada una de las fracciones (fracción 1, fracción 2, fracción 3 ... fracción 10). Rotule en la parte exterior de los recipientes. Se le llama eluyente al líquido que sale de la columna y, a la porción de líquido que se colecta en cada recipiente, se le conoce como fracción.

Preparación de la columna

1. Toma una jeringuilla de 10 mL y quita el émbolo pistón. Luego, añade un pedazo pequeño de algodón. Utilizando un lápiz sin punta o un pedazo de madera, presiona el pedazo de algodón y crea una especie de un disco en el fondo de la jeringuilla para tapar la salida.
2. Con cuatro pedazos de madera, crea un soporte para la jeringuilla, colócalos cruzados y pégalos con cinta adhesiva o con pega caliente.
3. Coloca el soporte en el tope de un vaso de 16 onzas y coloca la jeringuilla que ya contiene la capa de algodón. Este vaso lo utilizarás para colectar los desechos que eluyan de la columna.
4. Utilizando una cuchara, con mucho cuidado, añade arena a la jeringuilla hasta llegar a la marca de ocho mililitros. Deja un espacio de aproximadamente 2 mL sin llenar. En esta área, añadirá el disolvente y no dejes espacios vacíos. Toca repetidamente la jeringa en una superficie dura para que la arena se compacte. Si es necesario, utiliza el émbolo de la jeringa para empujar la arena hacia abajo y fuera de los lados internos de la jeringa. Asegúrate de que la arena llegue hasta la marca de 8mL, de ser necesario añade más arena hasta completar hasta esta marca. Una vez termine, deja la columna en el vaso hasta el próximo paso.

Acondicionamiento y equilibrarían de la columna

Antes de pasar la muestra por la columna, debes acondicionarla y equilibrarla añadiendo agua y fase móvil (alcohol isopropílico) esto la preparara para poder separar los colorantes presentes. Una vez se acondicione la columna, no debes permitir que esta se seque. Este paso se debe realizar justo antes realizar la separación de los colorantes. (No deben pasar más de 2 minutos después de acondicionar la columna)

1. Rotula dos goteros o dos jeringuillas una para agua y otra para el alcohol.
2. Rellena su jeringuilla con 10.0 mL de alcohol isopropílico y añádelo lentamente a la columna (jeringuilla llena con arena). Repite este paso hasta que pasen 30.0 mL del alcohol por la columna. Ten cuidado de no perturbar demasiado la arena mientras agregas el alcohol, y añádelo lentamente por una de las paredes de la jeringuilla y no permitas que se desborde.

3. Deja que el alcohol gotee de la columna y entre en el vaso de desecho de abajo.
4. Repite este procedimiento, pero esta vez usando otra jeringuilla pase 20.0 mL de agua. Para esto, tienes que llenar la jeringuilla dos veces. Toma el tiempo que tarde en eluir 10.0 mL de la columna con esto podrá calcular la velocidad de flujo de la fase móvil.

Inyección de la muestra separación de los colorantes

1. Con una jeringuilla o gotero limpia(o), toma 10.0 mL del extracto de algas. Asegúrate de aspirar la muestra lentamente para evitar burbujas.
2. Prepara una jeringuilla llenándola con agua y otra con alcohol isopropílico.
3. Con una de tus manos, sostén la columna acondicionada sobre el recipiente donde colectara las fracciones. Con la otra mano, añade lentamente la muestra del extracto de algas. Con un cronómetro, toma el tiempo que tarda la muestra en eluir.
4. Espera a que la muestra del extracto de alga baje por la columna, colecta el líquido y ésta será tu primera fracción. Recuerda no dejar la arena secar durante más de un minuto o dos. ¿Cuál es el color de esta primera fracción?
5. Inmediatamente, utilizando la jeringuilla que preparó en el paso 2 de esta sección, añade lentamente 5.0 mL de agua destilada a la columna para una mejor separación del color. Colecta este eluyente en el recipiente marcado como fracción 2. Con un cronómetro, toma el tiempo que tarda esta fracción en eluir.

Luego de colectar la fracción 2, agrega alcohol isopropílico al 70% para eluir los colores de la columna. Para esto, utilizando la jeringuilla que contiene alcohol isopropílico al 70%, añade poco a poco 10 mL. Colecta el eluyente en el recipiente marcado Fracción

3. Asegúrate de no perturbar la arena. Añade el líquido pegando la jeringuilla a la pared de la jeringuilla con el empaque.

7. Observa las gotas del eluyente de la columna y, tan pronto como las gotas hayan cambiando de color, mueve la jeringa sobre el recipiente de la próxima fracción. ¡No dejes secar la columna!

8. Continúa añadiendo alcohol isopropílico hasta que el eluyente de la columna no tenga color. Debes colectar entre diez y doce fracciones. Anota el color de cada fracción.

9. Cuando hayas completado la cromatografía de columna, compara los colores de las diferentes fracciones y asegúrate de registrar todas tus observaciones.

Estándares y expectativas de Biología y Física:

Biología:

Estudia la organización, las características, la clasificación y los procesos relacionados con los organismos vivos, así como sus interacciones con el ambiente.

ES.B1.16 Utiliza modelos y diagramas para ilustrar los procesos de transferencia y transformación de energía lumínica en los cloroplastos, durante el proceso de fotosíntesis.

Física:

ES.F3 Propone el diseño de tecnología de uso científico o cotidiano, basada en la aplicación de las propiedades de las ondas y sus interacciones con la materia.

ES.F3.1 Explica el comportamiento de las ondas como un fenómeno de transferencia de energía.

ES.F3.3 Distingue entre los tipos de onda mecánica: onda transversal y onda longitudinal.

ES.F3.14 Explica cómo algunos aparatos tecnológicos usan los principios del comportamiento y las interacciones de las ondas con la materia para transmitir y captar información y energía (como, por ejemplo, las celdas solares, que capturan luz y la convierten en electricidad; la creación de imágenes del interior del cuerpo; y las tecnologías para las comunicaciones).

Resultados:

En las Pre-Prueba de los temas de Ondas y Fotosíntesis hubo una efectividad de un 95% de conocimiento en los estudiantes.

Al analizar los diarios reflexivos de los estudiantes de cada taller que tuvieron la oportunidad de asistir, los estudiantes demostraron una adquisición de conocimiento en el taller de celdas solares ya que ellos reconocieron que hay una transferencia de energía entre el sol y las celdas, reconocieron también que hay una alta probabilidad que las plantas puedan utilizarse como fuente para las celdas solares. Reconocieron también que las celdas funcionan como las fotosíntesis.

Del taller ofrecido por la Dra. Díaz sobre la cromatografía de columna, al poder obtener la absorbancia de los pigmentos ellos se dieron cuenta que las algas sí pueden ser utilizadas para la fabricación de celdas solares ya que ellas poseen unos pigmentos los cuales tienen una absorbancia sobre 700 nanómetros capaz de coleccionar esa luz y transformarla en energía.

Conclusión:

A través de esta investigación acción los estudiantes pudieron conceptualizar el proceso de adquisición de energía mediante las ondas utilizando como contexto el proceso de fotosíntesis y las celdas solares ya que con los diferentes talleres y laboratorios ellos pudieron entender que la luz es una onda y que se compone de diferentes colores cada uno con un largo de onda específico y que además transporta energía la cual el ser humano puede aprovechar.

Con estas actividades podemos concluir que el estudiante se hace dueño de su conocimiento y nunca se les olvidará. Es mucho mejor trabajar la clase de Física con experiencias concretas que el estudiantado en general pueda entender.

La investigación acción en la clase de ciencia es fundamental para el estudiante y adquirirá conocimientos que le ayudarán durante toda su vida y si los temas a discutir son pertinentes para la vida del estudiante mayor será el conocimiento adquirido.

Apéndice:

Estudiantes en Acción;

Cromatografía de espinacas:



Identificación Partes de las Algas:

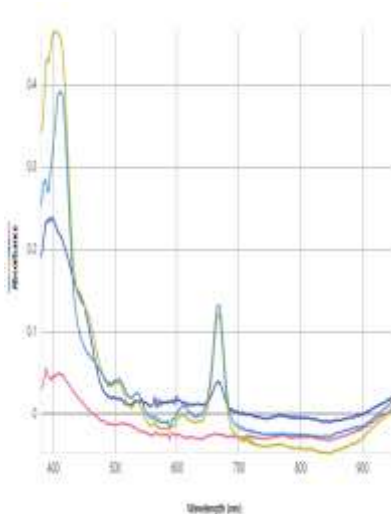


Cromatografía de papel de alga verde:



Cromatografía de columna:





REFERENCIAS:

- Bisquert, J., Cahen, D., Hodes, G., Rühle, S. y Zaban, A., 2004. Physical chemical principles of photovoltaic conversion with nanoparticulate, mesoporous dye-sensitized solar cells. En: *Journal of Physical Chemistri B*, 108, pp.8106– 8118.
- Cao, Y.M., Bai, Y., Yu, Q.J., Cheng, Y.M., Liu, S., Shi, D., Gao, F.F. y Wang, P., 2009. Dye-sensitized solar cells with a high absorptivity ruthenium sensitizer featuring a 2-(Hexylthio)thiophene conjugated bipyridine. En: *Journal of Physical Chemistry C*, 113, pp.6290–6297.
- Colón, J. Laboratorio Celdas Solares. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras.
- De Bon, Micaela; Hurtado, Joaquín; Enciso, Paula; Armeli Minicante, Simona; Cerdá,

María Caracterización de pigmentos extraídos de algas rojas de la Antártida para su posible uso en celdas solares del tipo DSSC INNOTEC, núm. 14, 2017, Julio-, pp. 44-49 Laboratorio Tecnológico del Uruguay.

<https://www.redalyc.org/journal/6061/606164031005/606164031005.pdf>

Díaz-Vázquez, L. Dávila-Díaz, K. Mahomedova, R. Malca-Reyes, C. Muñoz-Hernández, L. Rivera-González, U. Torres-Díaz, M. Química Divertida, manual para maestros.2021 Universidad de Puerto Rico, Recinto de Rio Piedras

Enciso, P. y Cerdá, M.F., 2016. Solar cells based on the use of photosensitizers

obtained from Antarctic red algae. En: Cold Regions Science Technology, 126, pp.51–54.

Enciso, P., Decoppet, J.D., Grätzel, M., Wörner, M., Cabrerizo, F.M. y Cerdá, M.F.,

2017. Acockspur for the DSS cells: Erythrinacrista-galli sensitizers. En: Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 176, pp.91–98.

Gao, F., Wang, Y., Shi, D., Zhang, J., Wang, M.K., Jing, X.Y., Humphry-Baker, R.,

Wang, P., Zakeeruddin, S.M. y Grätzel, M., 2008. Enhance the optical absorptivity of nanocrystalline TiO₂ film with high molar extinction coefficient ruthenium sensitizers for high performance dye-sensitized solar cells. En: Journal of American Chemical Society, 130, pp.10720–10728.

Juice from Juice NSF Center for Innovation in Solar Fuels California Institute of Technology

Macroalgas, que son, tipos y ejemplos. S.F. Ecología verde.

<https://www.ecologiaverde.com/macroalgas-que-son-tipos-y-ejemplos-4059.html>

González, S. Ramón Zamorano, G. L y Refoyo, A. 2018. Fotosíntesis un enfoque

cuántico. Biólogos sin barreras. Recuperado de: <https://biosinb.wordpress.com/2018/09/23/fotosintesis-un-enfoque-cuantico/>

Macroalgas, que son, tipos y ejemplos. S.F. Ecología verde.

<https://www.ecologiaverde.com/macroalgas-que-son-tipos-y-ejemplos-4059.html>

Manrique Reol, E. 2003. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis: *Ecosistemas*, 12(1). Recuperado a partir de

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/250>

Meléndez García, T. 2022. Recuperado de:

<https://derecho.uprrp.edu/inrev/2022/02/24/impacto-de-la-pandemia-de-covid-19-al-acceso-a-la-educacion-en-puerto-rico/>

Paneles biofotovoltaicos a base de algas: así ve el futuro la Universidad de Cambridge.

2022. Recuperado de: <https://ecoinventos.com/paneles-biofotovoltaicos-a-base-de-algas/>

¿Qué es la Celda Solar Graetzel? 2018. Calefacción Solar. [https://calefaccion-](https://calefaccion-solar.com/que-es-la-celda-solar-graetzel.html)

[solar.com/que-es-la-celda-solar-graetzel.html](https://calefaccion-solar.com/que-es-la-celda-solar-graetzel.html)

Saar, KL et al. *Enhancing power density of biophotovoltaics by decoupling storage and power delivery*. Nature Energy; 9 Jan 2018; DOI: 10.1038/s41560-017-0073-0