

Obtención de colorantes vegetales como recurso didáctico en los laboratorios de biología

Obtaining vegetable dyes as a didactic resource in Biology laboratories

Raúl Pozo-Zapata¹, 0000-0002-2808-9946

Adriana Barahona-Ibarra², 0000-0003-2196-1954

Jonathan Tigasig-Urcuango³, 0009-0009-2466-9669

Marxuri Vivar-Toapanta⁴, 0009-0003-6492-9273

¹ Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. rpozo@uce.edu.ec

² Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. abarahonai@uce.edu.ec

³ Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. jjtigasig@uce.edu.ec

⁴ Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Facultad de Filosofía Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. mvvivar@uce.edu.ec

Resumen

Los colorantes naturales son descubrimientos milenarios que se utilizaban desde la Grecia antigua para dar color a numerosos objetos como las esculturas, pero que han perdido su utilidad siendo sustituidos por los colorantes artificiales que pueden resultar dañinos para la salud. El propósito de este estudio es obtener un colorante vegetal natural a partir de la flor de jamaica empleando como solvente el vinagre, para utilizarlo como recurso didáctico en las prácticas experimentales del laboratorio de Biología. La hipótesis del estudio indica que se puede obtener un colorante útil de los cálices de la flor de jamaica demostrando su funcionamiento en las observaciones experimentales en las prácticas de mitosis y meiosis. El método empleado fue descriptivo y de observación, ya que se realizaron actividades experimentales aplicando el reactivo y el colorante obtenidos. Los colorantes y reactivos que se requieren para dichas prácticas son de alto costo y, los que se obtuvieron como resultado de esta investigación fueron de bajo costo, la orceína acética en el mercado tiene el valor de \$31,3 los 60 ml, mientras que en la investigación realizada el costo del pigmento fue \$0.76 los 60 ml y el reactivo que reemplazó al ácido clorhídrico que en el mercado cuesta \$6 los 500 ml, el reactivo obtenido tuvo un valor de \$2.36 los 500 ml; los productos obtenidos tuvieron un funcionamiento similar a los que se adquieren en la industria. Los resultados aportan con recursos que permitirán mejorar la calidad de la enseñanza– aprendizaje en el laboratorio de Biología.

Palabras clave: Aprendizaje, colorantes, prácticas experimentales, recursos didácticos, vinagre.

Abstract

Natural dyes are millenary discoveries that have been used since ancient Greece to color numerous objects such as sculptures but have lost their usefulness and have been replaced by artificial dyes that can be harmful to health. The purpose of this study is to obtain a natural vegetable dye from the hibiscus flower using vinegar as a solvent, to be used as a didactic resource in the experimental practices of the biology laboratory. The hypothesis of the study indicates that a useful colorant can be obtained from the calyxes of the hibiscus flower, demonstrating its function in the experimental observations in the practices of mitosis and meiosis. The method used was descriptive and observational since experimental activities were carried out applying the reagent and dye obtained. The dyes and reagents required for such practices are of high cost and those obtained as a result of this research were of low cost, the acetic orcein in the market has a value of \$31.3 for 60 ml, while in the research carried out the cost of the pigment was \$0.76 for 60 ml and the reagent that replaced the hydrochloric acid that in the market costs \$6 for 500 ml, the reagent obtained had a value of \$2.36 for 500 ml; the products obtained had a similar performance to those acquired in the industry. The results contribute with resources that will allow for better.

Keywords: Learning, dyes, experimental practices, didactic resources, vinegar.

1. Introducción

La obtención de colorantes a partir de vegetales es una de las actividades que se realizaban desde hace muchos siglos como se demuestra en los objetos encontrados en las culturas desde la Grecia. A decir de Yusuf, Shabbir, y Faqeer (2017)

la naturaleza siempre ha dominado a lo sintético o artificial, desde el principio de este mundo ya que la naturaleza era la única opción para el ser humano pueda adquirir elementos, los materiales de origen natural presentan características que son ventajosas sobre los sintéticos, dándoles prioridad (p. 124).

“Las nuevas tecnologías están permitiendo la obtención de pigmentos a partir de colorantes naturales, logrando que estas sean eficientes, ocasionando que los pigmentos sintéticos sean rechazados” (Cuesta, 2018, p. 1). El alto costo de los colorantes en la industria en donde, el valor de la orceína acética que es un pigmento para dar color a la cromatina llega a ser de \$31.3 los 60 ml en la industria química. La experiencia científica permite al estudiante dar respuestas a interrogantes afianzando su aprendizaje significativo, duradero y práctico, enriqueciendo su conocimiento científico, en la certeza de poder vivir en este mundo sin destruirlo y manteniéndolo en buen estado para las generaciones venideras. “El constructivismo, involucra al estudiante para que sea el constructor y protagonista de su propio aprendizaje, quien trae sus saberes que les sirve de soporte para fortalecer el nuevo conocimiento” (Miranda-Núñez, 2022, p. 81).

A las actividades experimentales se las ha considerado como un instrumento metodológico y didáctico que apoya el proceso de formación académico-científico de los alumnos. Los docentes que imparten las asignaturas del área de las ciencias naturales, frecuentemente, incorporan las prácticas de laboratorio basados en un modelo pedagógico adecuándolas a las peculiaridades del entorno, a los insumos aprovechables, y a las necesidades de formación, pues, además de apoyar las clases teóricas, despiertan, y desarrollan la curiosidad de los estudiantes motivándolos a resolver problemas (Zorrilla et al., 2022).

El propósito de la investigación es la extracción del colorante de los cálices de la flor de jamaica utilizando como solvente el vinagre para sustituir a la orceína acética que es comúnmente utilizado en las prácticas de laboratorio para la observación de las fases de mitosis y meiosis (cromatina); al igual que el limón y el vinagre sustituirán al ácido clorhídrico en el ablandamiento de los tejidos vegetales de las muestras que se utilizan en dichas prácticas. Este colorante puede ser utilizado en los laboratorios de Biología como recurso didáctico para la realización de las prácticas experimentales, considerando que las experiencias que se obtiene en el laboratorio son fundamentales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto permitirá la participación y el desarrollo de los estudiantes como seres activos que construyen su propio conocimiento, obteniendo una vivencia científica, pues desarrollarán el pensamiento investigativo para la comprensión de los fenómenos naturales. Este conocimiento e información puede tener una nueva aplicación en el campo de la educación formal, y, podría contribuir a la creación de herramientas didácticas alternativas para mejorar el proceso educativo de las ciencias biológicas. De ahí que se ha vuelto obligatorio buscar alternativas de obtención de colorantes por métodos experimentales como el que se presenta en esta investigación, en donde a través de los cálices de las flores de jamaica se obtuvo el colorante a un costo de \$0.76 los 60 ml del colorante.

En este sentido, es necesario estimular las condiciones biológicas que le permiten al ser humano la construcción del conocimiento. La enseñanza de las ciencias se realiza con base en las prácticas pedagógicas en una interacción que se centra en la enseñanza, y el aprendizaje de contenidos propios de la disciplina científica. Este espacio requiere de una práctica educativa constructivista y contextualizada. Los conocimientos basados en la producción de colorantes vegetales constituyen constructos en las ciencias biológicas, el docente debe profundizar en la indagación lo que le permitirá al estudiante reflexionar y conceptualizar utilizando saberes, y conocimientos que se derivan de la naturaleza.

En cuanto a la estructura del artículo, en el apartado 1, se encuentra la introducción en la que se le familiariza al lector con el contexto del trabajo. En la sección 2 se presenta la referencia teórica aquí se reúne la información documentada sobre el tema de la investigación. En la sección 3, se detalla los métodos e instrumentos utilizados para desarrollar esta investigación. En la sección 4, se puntualizan los resultados

obtenidos productos del estudio llevado a cabo de manera teórica y práctica. En la sección 5, se muestra la discusión en la que se extrapolan, interpretan y resumen los resultados. En la sección 6, se establecen las conclusiones de acuerdo con los resultados obtenidos.

2. Referencia teórica

Es posible que el gusto por el color en los seres humanos sea resultado del cambio de las estaciones del año, y se haya plasmado con el uso de los pigmentos obtenidos de plantas y flores e incluso de sangre y cenizas. El desarrollo acelerado según Dupey, y el florecimiento del quehacer artesanal apoyado principalmente por el establecimiento de territorios mexicanos, provocaron y estimularon el salto de los colorantes básicos (elaborados con tierras) a una gama cada vez más amplia de tintes. Por esta razón existía una variedad de recursos con las que se obtenían coloraciones aplicables en alfarería, telas, ideogramas, rituales, alimentos, e incluso en los cuerpos de reyes, sacerdotes y guerreros (Dupey, 2016). Al respecto, Villaño et al. (2016) mencionan que “el origen de los colorantes y su clasificación se deben a sus propiedades biológicas y en base a las características biológicas que poseen los colorantes, se evidencian los rasgos de sus propiedades físicas hasta sus estructuras químicas” (p. 1).

Así, según Valenzuela y Pérez se puede obtener una variedad de colores empleando verduras, frutas y especias que tienen diversas aplicaciones, ya que pueden emplearse para teñir telas, pintar madera, colorear lienzos, colorear jabones caseros entre otras. Los pigmentos vegetales incluyen una amplia variedad de gamas de componentes y colores, entre los más importantes se pueden mencionar los flavonoides, antocianinas, carotenoides, betalainas, clorofilas entre otras (Valenzuela y Pérez, 2016). “Desde la aparición de los colorantes sintéticos en la industria, los pigmentos naturales han sido relegados, puesto que los sintetizados presentan mayor estabilidad, amplia gama de colores y menor costo” (Rolón, 2018, p. 11).

Amchova et al. (2015) manifiestan que “en la industria se realizan una serie de pruebas para el uso de los distintos colorantes con la finalidad de detectar las distintas formas de toxicidad” (p. 2). “Los colorantes de tipo natural se obtienen de los alimentos como las frutas y vegetales de color intenso y mediante procesos de maceración o ebullición se puede extraer el colorante” (Ulloa, 2017, p. 3). En el siguiente cuadro se puede apreciar las clases de colorantes con características y ejemplos.

Cuadro 1: Clases de colorantes Fuente: (Garrido, 2021)

Naturales	Artificiales	Vegetales
Animales: hematoxilina	Sintéticos: obtención por destilación fraccionada de la huella: Violeta de genciana	Tornasol, azafrán.
Por su constitución o afinidad tintórica		
Directos o sustantivos: azul de metileno y la hematoxilina.	Indirectos: hematoxilas férricas.	Indirectos reversibles: hematoxilas indirectas.
Colorantes que requieren de una reacción química o revelado: ácido periódico de Schiff.	Dispersos: sudanes	Metacromáticos: azul de toluidina.
Reactivos: permiten duración y homogeneidad superior.	Híbridos: mayor resistencia a la degradación por radiación a la temperatura.	Por afinidad química: azul generado por epifluorescencia.
Por el grado de acidez		
Ácidos: grupos sulfonio y carboxilo	Básicos: contienen grupos amino con grupos orgánicos forman una sal.	

De esta manera, “Existe escaso conocimiento de las propiedades de los colorantes naturales” (Ulloa, 2017, p. 2). A decir de Galarza (2013)

la producción de pigmentos sintéticos ya no resulta igual de conveniente para los productores ni para los compradores, pues los costos son altos, además el público los percibe

como peligrosos para la salud y el medio ambiente, consumiendo los productos que los contienen cada vez en menor cantidad (p. 7).

En palabras de Jácome et al. (2023) actualmente, existe “un gran interés por los aditivos naturales, especialmente los colorantes, debido a que estos compuestos naturales no tienen efectos secundarios asociados y la mayoría de ellos son ingredientes funcionales, actuando como promotores de la salud” (pp.1477-1478). Debido a investigaciones que se han adelantado en referencia de la toxicidad de pigmentos sintéticos “el interés en los colorantes naturales crece a diario como resultado de las continuas eliminaciones de los colorantes artificiales” (Marcano, 2018, p. 8). En la actualidad, las personas prestan mayor atención a los ingredientes de sus alimentos y a los recursos que utilizan diariamente.

Las flores de jamaica también llamadas acedera de Guinea, Obelisco, Rosamorada o Karkadé pertenece a la familia Malvaceae y su nombre científico es *Hibiscus sabdariffa* (cuadro 2), es originaria de África donde se le considera una planta muy importante tanto en sus propiedades medicinales como alimenticias, puede llegar a medir hasta los 3 metros de altura y su reproducción se efectúa por medio de la autofecundación. La jamaica “es una fuente de compuestos bioactivos tales como polifenoles, flavonoides, ácido ascórbico, entre otros; esta composición le otorga una actividad antioxidante” (Sumaya et al., 2014, p. 2).

Cuadro 2: Caracterización taxonómica de la jamaica Fuente: (Moposa, 2019)

Reino	Plantae
Sub-reino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub-clase	Dieeniidae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Malvoideae
Género	Hibiscus
Especie	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.
Nombre vulgar	Jamaica

A decir de Sumaya (2014) “la composición de la jamaica ejerce efectos farmacológicos que producen funciones terapéuticas en el cuerpo que resultan benéficas para la salud” (p. 3). Según Pantoja (2022) “la jamaica tiene diferentes usos, como planta medicinal para bajar el colesterol, los triglicéridos, disminuye el peso corporal, estimula el funcionamiento del hígado y los riñones y contribuye en la absorción de ciertos minerales.” (p. 27). Sumaya (2014) manifiesta que

el cultivo de la jamaica se ha extendido en México, América Central, y del Sur y sudeste asiático, su cultivo y producción resultan de alto costo ya que suele sufrir daños por las lluvias excesivas, sequías o plagas, para su cosecha requiere de una alta cantidad de mano de obra para evitar la contaminación y pérdida de inocuidad (p. 2).

Además, se conoce que posee compuestos fitoquímicos como compuestos flavonoides, fenólicos, b-caroteno, polisacáridos y ácido ascórbico. Cruz-Moreno et al. Señalan que el color rojo persistente en sus cálices es quien le da sabor y color a las infusiones y bebidas preparadas, esto se debe al contenido de antocianinas y el sabor ácido al contenido de ácidos orgánicos como el ácido málico, cítrico, hibisco y tartárico (Cruz-Moreno et al., 2020). Por otra parte, las flores contienen varios compuestos antioxidantes naturales que también actúan contra diversos virus y bacterias. Uno de ellos “es el ácido hisbiscus y sus derivados, en ellos se identificaron componentes químicos con propiedades antimicrobianas” (Portillo-Torres et al., 2019, p. 2). En los cálices se encuentran: antocianinas 1.5 por ciento, ácidos orgánicos 15-30 por ciento, polisacáridos mucilaginosos 50 por ciento, flavonoides, saponinas, fitoesteroles, pectina y fibra. Los ácidos orgánicos y antocianinas han mostrado tener actividad antimicrobiana y antioxidante. Todos estos componentes tienen buena biodisponibilidad y han mostrado potencial terapéutico. Otros componentes fitoquímicos que poseen los

cálices “están compuestos por elementos ricos en antocianinas, ácidos fenólicos, flavonoides y ácidos orgánicos.” (Izquierdo-Vega, et al., 2020, p. 3).

La Jamaica, según Urbina es una planta anual, herbácea, familia de las Malváceas que, frecuentemente, alcanza de 1 a 2 metros de altura, el tallo, el peciolo de las hojas y los cálices tienen un color rojo oscuro o claro con tendencia a morado o lila; las flores, generalmente, nacen solitarias en las axilas de las hojas con pétalos amarillentos, y cáliz rojo que suelen tardar de uno a dos días en caerse entonces aparecen los ápices y el fruto o cápsula de 5 compartimientos. La planta madura envuelta por el cáliz carnoso es de forma ovoide conteniendo numerosas semillas reniformes, pubescentes con hilo rojizo y tardan en desarrollar de 3 a 4 semanas (Urbina, 2009). El gráfico 1 resume el proceso de la flor de Jamaica.



Gráfico 1: Procesamiento de la Jamaica

El proceso para la comercialización de la flor de Jamaica tiene nueve etapas (gráfico 1). “En el momento de la maduración de los primeros cálices y cápsulas se corta la planta de raíz, luego los cálices son separados y prontamente son llevados a deshidratación” (Rosado, 2020, p. 40). Según Galarza existen diversas técnicas para la separación de sustancias como la extracción que permite al producto orgánico separarlo de una mezcla de reacción o poder aislarlo de sus fuentes naturales observándose la formación de dos fases para que el proceso pueda realizarse: en el primer caso una fase sólida y una líquida, mientras que en el segundo caso se presentan dos fases líquidas inmiscibles (Galarza, 2013).

Existe diversidad de vegetales que “presentan características especiales en su estructura que generan pigmentos como el Geranio rojo (*Pelargonium hortorum*) que tiene el centro de color verde pálido contrastando con el margen y flores dispuestas en umbela de colores rojos, rosa violeta o blanco” (Estrada, 2021, p. 6). “En cuanto a la Dalia roja (*Dahlia pinnata*), la ampliación de un número de tipos, colores y tamaños ofrece una sólida posibilidad al incremento de su producción” (Jiménez, 2015, p.). “La Remolacha (*beta vulgaris*) se cultiva principalmente por su jugo y valor nutritivo y sus raíces son de color rojo sangre con piel delgada” (López et al., 2019, p. 368). “El Pimiento rojo (*Capsicum annuum*) su olor y color lo hacen atractivo al consumo, provienen de sus componentes bioquímicos: flavonoides, fenoles, epicatequina, rutina, β -caroteno, capsantina, luteína, resveratrol y ácidos: gálico, clorogénico y ascórbico” (Martínez et al., 2016, p. 38). Conocer las propiedades de las plantas ayudan al desarrollo de las prácticas experimentales. De ahí que según López y Tamayo son fundamentales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, pues, al relacionar la teoría con la práctica se promueve el desarrollo de habilidades y destrezas, la promoción de capacidades de razonamiento, el pensamiento crítico y creativo brindando al estudiante la construcción del conocimiento y el fortalecimiento de la ciencia con la sociedad y la cultura (López y Tamayo, 2012). Dirigir el proceso de educativo de las Ciencias Naturales en función de satisfacer las demandas expresadas “implica pensar y razonar, pues observa y experimenta las diferentes situaciones, que le permiten actuar y establecer su propia comprensión teórica de la realidad circundante y todo lo relacionado con ella” (Paladines-Condoy et al., 2018, p. 59).

La gestión del conocimiento es cada vez mayor por lo que es importante abordar temas relacionados con la innovación y actualización del sistema educativo. Precisamente, la educación debe “establecer estrategias

metodológicas para el desarrollo de la clase, con el enorme propósito de obtener resultados positivos para el mejoramiento de la enseñanza en su desarrollo científico” (Calero, 2019, p. 10). Se debe “fomentar las prácticas de laboratorio de biología en los estudiantes aplicando pasos simples y recursos domésticos factibles y fáciles de conseguir para fortalecer la creatividad” (Susantini et al., 2017, p. 216). En el docente de Ciencias Naturales debe “imperar la necesidad de capacitarse para ser el guía del estudiante para que sea un ser más independiente en la búsqueda y asimilación de conocimientos científicos a través de la experimentación” (Ramírez, 2023, p. 6).

A decir de Castellanos (2017) “los docentes buscan diferentes habilidades orientadas a la enseñanza no solo de la teoría, sino también hacia la convergencia de la teoría y la práctica, para que exista un verdadero aprendizaje significativo” (p. 235). En este mismo sentido, Gil-Álvarez et al. (2017) señalan que “el paradigma crítico-social, considera la unidad dialéctica de lo teórico y lo práctico, como un todo inseparable” (p. 74). Se ha hecho visible que la estimulación y la imaginación juegan un rol importante en el aprendizaje y el entender de las ciencias (Gómez, Ortega y Lafaid, 2017; González y Palomeque, 2017).

Para Reyes (2020) el laboratorio es “una gran oportunidad donde el estudiante verifica conceptos teóricos que constituyen el primer contacto con la realidad que el futuro profesional afrontará” (p. 63). El uso de las prácticas experimentales desde el marco constructivista “fortalece el conocimiento y alcanzan el desarrollo de competencias científicas promoviendo la participación del alumnado, para que sean quienes propongan y ejecuten prácticas que aborden dimensiones conceptuales, procedimentales y actitudinales” (Espinoza-Ríos et al., 2015).

Por esta razón, es necesario estimular las condiciones biológicas que le permiten al ser humano la construcción del conocimiento. La enseñanza de las ciencias se realiza con base en las prácticas pedagógicas en una interacción que se centra en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos propios de la disciplina científica. Esto requiere de una práctica educativa constructivista y contextualizada. Los conocimientos basados en la producción de colorantes vegetales constituyen constructos en las Ciencias Biológicas; el docente debe profundizar en la indagación lo que le permitirá al estudiante reflexionar y conceptualizar utilizando saberes y conocimientos que se derivan de la naturaleza. Coronado y Arteta indican que se espera que los estudiantes fortalezcan algunas habilidades, por ejemplo, buscar o formular razones a los fenómenos o problemas, crear argumentos lógicos y propositivos de lo percibido, explicar fenómenos iguales usando caracteres conceptuales oportunos a diferentes grados de complejidad, establecer relaciones de causa-efecto, combinar ideas en la construcción de textos, emplear ideas y técnicas matemáticas (Coronado y Arteta, 2015, p. 9). Para ello, se requieren recursos didácticos que son fundamentales en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de Ciencias Biológicas como los colorantes ya que, han logrado hacer visible la materia orgánica y poder identificar la estructura celular que permite que la vida exista.

3. Métodos e instrumentos

En la investigación se aplicó el método descriptivo y de observación, ya que se realizaron prácticas experimentales, aplicando el reactivo y colorante obtenidos, mismos que permitieron la visualización de las diferentes fases que conforman la meiosis y mitosis. Dichas prácticas fueron realizadas adaptando los protocolos de Andrade et al. 2005 en los que se observa células sexuales y somáticas vegetales.

3.1. Material y Metodología

El material seleccionado para reemplazar a la orceína acética que en el mercado alcanza un precio de \$31.3 los 60 ml, fue la flor de jamaica que produce un colorante muy fuerte utilizado en la fabricación de textiles (Arrascue, 2018), y su costo es de \$0.84 los 30g y se usó como solvente el vinagre que tiene un costo de \$0.86 los 500 ml. Por lo tanto, el costo total de colorante obtenido en la investigación (sabda acética¹) es de \$0.76

¹ Sabda acética es el nombre que se le dio al colorante obtenido como resultado de este proyecto que reemplaza a la orceína acética en la observación de cromatina.

los 60 ml. Por otro lado, el reactivo (ácido clorhídrico) con el que se realiza el ablandamiento de los tejidos vegetales tiene un costo en la industria química de \$6 los 500 ml, siendo reemplazado por zumo de limón que posee un valor de \$ 2.75 los 700 g y vinagre al 5%, es así como el valor definitivo del reactivo que reemplazó al ácido clorhídrico (Auran acética²) es de \$2.36 los 500 ml.

3.2. Obtención del colorante

3.2.1. Fase 1 de prueba:

Como se muestra en el cuadro 3, previo a la estandarización final del colorante, se probaron diferentes tejidos vegetales que poseen un color rojo, así se diluyó 20 ml de vinagre al 5% con 6 g de geranio rojo *Elargonium hortorum*, 20 ml de vinagre al 5% con 2.3 g de dalia roja *Dahlia pinnata*, 50 ml de vinagre al 5% de con 40 g de remolacha *Beta vulgaris* y 20 g de Pimiento rojo *Capsicum annum* con 20 ml de vinagre al 5% y no se obtuvo un pigmento que permita colorear claramente los cromosomas en el núcleo.

3.2.2. Fase 2 de preparación del extracto vegetal

Se adquirieron los cálices de las flores de jamaica disponibles en los mercados de la ciudad, de ellos se escogieron los que se encontraban en buen estado. Luego, para extraer el colorante se sometieron 6 g de cálices a 2 pruebas, una con alcohol al 70% y con vinagre al 5% que fueron usados como disolventes, dejándoles reposar al ambiente por 48 horas en un frasco de color ámbar. A continuación, se procedió a filtrar el colorante observándose que el vinagre extrae el pigmento de los cálices con una mayor concentración.

3.2.3. Fase 3 de estandarización de la muestra

Se procedió a probar distintas cantidades de vinagre al 5% con diferentes gramos de cálices de flores de Jamaica (cuadro 4) apreciándose que, con 6 g de cálices y 20 ml de vinagre al 5% resultó un color violáceo óptimo para colorear los cromosomas en mitosis y meiosis. Esta sustancia se dejó reposar al ambiente por 48 horas en un frasco de color ámbar, a continuación, se filtró el colorante para quitar los residuos orgánicos.

3.3. Obtención del reactivo

3.3.1. Fase 1 de modificación de cantidad y tiempo 1

Se extrajo 1 ml de zumo de limón y se lo mezcló con 1.5 ml de vinagre al 5%, este reactivo fue agregado sobre los ápices radiculares de *Allium cepa* y las anteras de *Lilium candidum* colocando estos elementos sobre diferentes vidrios reloj durante 10 minutos, en esta fase no se utilizó flameado y no existió ablandamiento de tejido vegetal (véase cuadro 5).

² Auran acética es el nombre que se le dio al reactivo obtenido como resultado de esta investigación que sustituye al ácido clorhídrico para en ablandamiento de tejidos vegetales.

3.3.2. Fase 2 de modificación de cantidad y tiempo 2

Se extrajo 1.5 ml de zumo de limón y se mezcló con 1.5 ml de vinagre al 5%, este reactivo fue colocado sobre los ápices radiculares de *Allium cepa* ubicados sobre un vidrio reloj durante 18 minutos. El mismo proceso se realizó con las anteras de *Lilium candidum*. No se utilizó flameado y no existió ablandamiento de tejidos vegetales (véase cuadro 5).

3.3.3. Fase 3 de pre-estandarización

Se extrajo 1.5 ml de zumo de limón y se mezcló con 1 ml de vinagre al 5%, esta mezcla fue colocada sobre los ápices radiculares de *Allium cepa* ubicados sobre un vidrio reloj, se realizaron 2 intervalos de flameado por 1 minuto y 2 intervalos de reposo de 1 minuto, similar proceso se realizó con las anteras de *Lilium candidum*, únicamente se ablandó el tejido externo (véase cuadro 5).

3.3.4. Fase 4 estandarización del reactivo

En 1 ml de zumo de limón y se colocó un 1 ml de vinagre al 5%, este reactivo fue colocado sobre los ápices radiculares de *Allium cepa* ubicados sobre un vidrio reloj en donde se realizaron 4 intervalos de flameado por 1 minuto y 4 intervalos de reposo de 1 minuto, con las anteras de *Lilium candidum* se siguió los mismos pasos. Existió el ablandamiento total del tejido radicular y anteras (véase cuadro 5).

4. Resultados

En los gráficos 2, 3, 4 y 5 se aprecia que el colorante obtenido (Sabda acética) colorea de una forma similar a la orceína acética, la obtención de este pigmento se realizó a través de la disolución de 6 g de cálices de la flor de jamaica en 20 ml de vinagre al 5% (véase cuadro 4) y para reemplazar al ácido clorhídrico que permite el ablandamiento de los tejidos vegetales se utilizaron 1 ml de jugo de limón con 1 ml de vinagre al 5% (Auran acética) por un total de 8 minutos. Al combinar el flameado (4 intervalos de 1 minuto) con el tiempo de reposo (4 intervalos de 1 minuto), el cual se debe intercalar 1 minuto de flameado y 1 un minuto de reposo hasta completar los 8 minutos establecidos para ablandamiento (véase cuadro 5). Este proceso permitió colorear y ablandar los tejidos vegetales de una forma similar al procedimiento que se desarrolla con orceína acética y ácido clorhídrico en la observación de las fases de mitosis y meiosis (gráfico 2, 3, 4 y 5).

Cuadro 3: Obtención del material

Especie	Gramos de la especie	Vinagre al 5%
Geranio rojo <i>Elargonium hortorum</i>	6 gramos	20 ml
Dalia roja <i>Dahlia pinnata</i>	2.5 gramos	20 ml
Remolacha <i>Beta vulgaris</i>	40 gramos	50 ml
Pimiento rojo <i>Capsicum annuum</i>	20 gramos	20 ml

El cuadro 3 evidencia el procedimiento experimental en el cual se describe como se escogió el material biológico óptimo para la elaboración del colorante, el mismo que se obtuvo relacionando el peso de las diferentes flores de las diversas especies con distintos ml de vinagre al 5%.

Cuadro 4: Proceso de estandarización de la concentración del colorante

Jamaica	Vinagre al 5%	Color
3 gramos	35 ml	Rojo pigmentado
4 gramos	35 ml	Rojo Munsell
4 gramos	30 ml	Rojo Pantone
5 gramos	25 ml	Rojo Carmesí
6 gramos	20 ml	Rojo violáceo

En el cuadro 4 se puede apreciar el procedimiento experimental en el cual se describe la estandarización del colorante, mismo que se obtuvo relacionando el peso de jamaica con los ml de vinagre al 5%.

Cuadro 5: Proceso de ablandamiento del tejido vegetal para la observación de meiosis y mitosis

Prueba de experimentación	Limón	Vinagre al 5%	Flameado	Tiempo de reposo	Resultado
1	1 ml	1.5 ml	0 minutos	10 minutos	No se utilizó flameado. No hay ablandamiento del tejido.
2	1.5ml	1.5 ml	0 minutos	18 minutos	No se utilizó flameado. No hay ablandamiento del tejido.
3	1.5 ml	1ml	2 intervalos de 1 minuto	2 intervalos de 1 minuto	Se unió los intervalos de flameado con los intervalos de reposo. Ablandamiento solo del tejido externo.
4	1 ml	1ml	4 intervalos de 1 minuto	4 intervalos de 1 minuto	Se unió los intervalos de flameado con los intervalos de reposo. Ablandamiento total del tejido vegetal.

En el cuadro 5 se aprecia el procedimiento experimental. Allí se describe la estandarización de la sustancia que permitió el ablandamiento de las raíces de cebolla *Allium cepa* y anteras de lirio *Lilium candidum* para observar las fases mitosis y meiosis respectivamente.

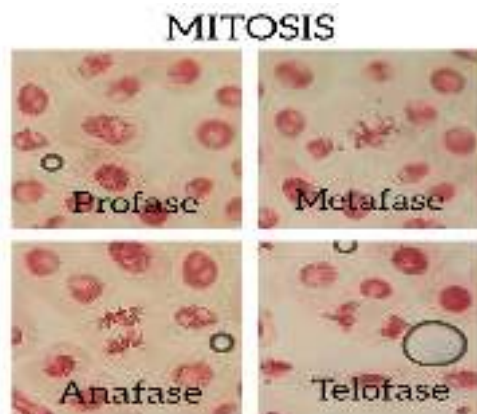


Gráfico 2: Aplicación del colorante Sabda acética para la observación de las fases de Mitosis en tejido radicular de *Allium cepa*

MITOSIS

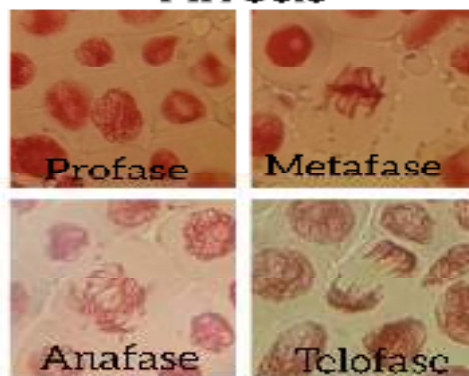


Gráfico 3: Aplicación del colorante Orceína acética para la observación de las fases Mitosis en tejido radicular de *Allium cepa*

En el gráfico 2 se puede apreciar claramente la mitosis realizada con raíces de cebolla (*Allium cepa*) empleando el colorante orgánico de jamaica (Sabda acética) y el ablandamiento del tejido vegetal que se realizó con la mezcla del zumo de limón y vinagre al 5% (Auran acética) lo que permitió la visualización de las fases. En el gráfico 3 se observa la mitosis usando la colorante orceína acética y el ácido clorhídrico para ablandar el tejido vegetal, evidenciando que el colorante producido con cálices de flores de jamaica pigmenta de la misma forma que con orceína acética y la mezcla del zumo de limón con vinagre ablanda los tejidos vegetales al igual que el ácido clorhídrico.

MEIOSIS

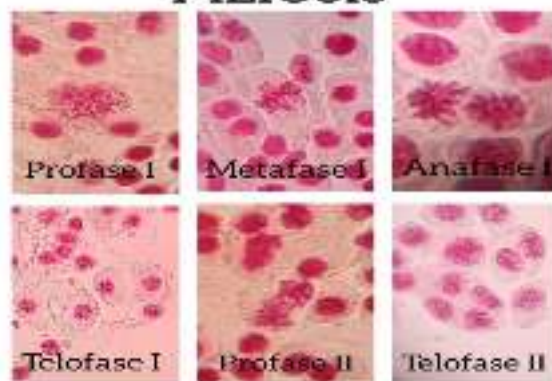


Gráfico 4: Aplicación del colorante Sabda acética para la observación de las fases de meiosis en anteras de *Lilium candidum*

MEIOSIS



Gráfico 5: Aplicación del colorante Sabda acética para la observación de las fases de meiosis en anteras de *Lilium candidum*

En el gráfico 4 se puede apreciar claramente la meiosis realizada con anteras de lirio de cebolla (*Lilium candidum*) empleando el colorante orgánico de jamaica (Sabda acética) y el ablandamiento del tejido vegetal que se realizó con la mezcla del zumo de limón y vinagre al 5% (Auran acética) lo que permitió la visualización de las fases. En el gráfico 5 se observa la meiosis usando la colorante orceína acética y el ácido clorhídrico

para ablandar el tejido vegetal, demostrando que el colorante producido con cálices de flores de jamaica pigmenta de la misma forma que con orceína acética y la mezcla del zumo de limón con vinagre ablanda los tejidos vegetales al igual que el ácido clorhídrico.

5. Discusión

Los colorantes que se encuentran en la industria química empleados para las prácticas de laboratorio son de alto costo, lo que impide la ejecución de las prácticas experimentales en las instituciones educativas tanto de nivel medio como superior. Por lo que, se hace necesario buscar nuevas alternativas de elaboración de colorantes de bajo costo que sean asequibles como el desarrollado en esta investigación (Sabda acética) para que se pueda llevar a cabo el componente práctico en asignaturas como la Biología en instituciones educativas que no cuenten con los recursos económicos necesarios.

De igual forma, para el procedimiento de ablandamiento de los tejidos vegetales comúnmente se utiliza el ácido clorhídrico para las prácticas de experimentación, sin embargo, se propuso obtener un sustituto que cumpla la misma función de este reactivo a partir de la mezcla del limón con el vinagre (Auran acética), demostrando que su aplicación tiene la misma función que el ácido clorhídrico. Se debe destacar que los métodos utilizados en la parte experimental establecieron las bases para la recolección de los datos y posteriormente analizar la información obtenida. Al momento de la experimentación se realizaron varias pruebas hasta llegar a una estandarización efectiva, una vez establecido el proceso de ablandamiento y tinción, se logró observar la división de células vegetales.

6. Conclusiones

Los colorantes vegetales son recursos indispensables que tienen diversas aplicaciones en la industria y como recursos didácticos en las prácticas experimentales en el proceso de enseñanza–aprendizaje de la Biología, por lo cual, es importante fortalecer las investigaciones sobre la obtención de este tipo de colorantes. El estudio empleó una técnica que reduce significativamente los recursos económicos que se invierten para obtener los insumos que se utilizan para realizar las prácticas de laboratorio en tejidos vegetales y animales en los cuales se pueden observar claramente la cromatina (cromosomas en mitosis, meiosis, cromosomas politénicos y cuerpos de Barr).

Generalmente para el proceso de ablandamiento de los tejidos vegetales se requiere del ácido clorhídrico reactivo que tiene un alto costo y presenta riesgo en su manipulación durante la experimentación. Mientras que, con la mezcla de 1ml del jugo de limón más 1 ml de vinagre al 5% durante 8 minutos y el flameado de este compuesto por 4 minutos minimiza el peligro y el costo de su uso. La orceína acética es un colorante de alto costo utilizado en las prácticas experimentales para teñir la cromatina, esto obliga a buscar alternativas de obtención de colorantes que se ajusten al presupuesto de las instituciones educativas. En la investigación realizada después de desarrollar varias pruebas se estandarizó el colorante diluyendo 6 g de cálices de flores de jamaica con vinagre al 5% que permitieron una similar o mejor visualización de la cromatina en los tejidos vegetales en comparación con la orceína acética.

Los recursos empleados para reemplazar a la orceína acética que en el mercado alcanza un precio de \$31.3 los 60 ml, fueron los cálices de la flor de jamaica que producen un colorante muy fuerte y su costo es de \$0.84 los 30g y se usó como solvente el vinagre que tiene un costo de \$0.86 los 500 ml, el costo total de colorante obtenido en la investigación (sabda acética) es de \$0.76 los 60 ml. Por otro lado, el reactivo (ácido clorhídrico) utilizado para realizar el ablandamiento de los tejidos vegetales tiene un valor referencial en la industria química de \$6 los 500 ml, siendo sustituido por zumo de limón que posee un valor de \$ 2.75 los 700 g y vinagre al 5%. El valor definitivo del reactivo que reemplazó al ácido clorhídrico (Auran acética) es de \$2.36 los 500 ml.

Agradecimiento

Expresamos el agradecimiento al Primer Congreso Internacional de Ciencias Experimentales organizado por la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad Central del Ecuador desarrollado del 31 de julio al 4 de agosto de 2023. Este congreso permitió compartir experiencias, dialogar, y reflexionar sobre temas educativos que fortalecen el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Amchova, P., Kotolova, H., y Ruda-Kucerova, J. (2015). Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(3), 914-922. doi:10.1016/j.yrtph.2015.09.026
- Andrade, E, Matta, N, García, L, Usaquén, W, Nates Parra, G, Chaparro, A, Burbano, C y Bueno, M. (2005). Manual de guías de laboratorio: genética mendeliana, poblaciones, citogenética y genética molecular. Universidad Nacional de Colombia.
- Calero, Y. (2019). *Aprendizaje por proyecto como estrategia de enseñanza en el área de ciencias naturales con la unidad del medio ambiente y los recursos naturales*. [Trabajo Final de Grado Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua] <https://repositorio.unan.edu.ni/12018/1/11200.pdf.pdf>
- Castellanos, A. (2017). Prácticas de laboratorio para promover el aprendizaje significativo del material y seguridad en el laboratorio, características de metales y no metales y formación de compuestos inorgánicos. *Revista Criterios*, 24(1), 235-262.
- Coronado, M. y Arteta, J. (2015) Competencias científicas que propician docentes de Ciencias Naturales. *Zona Próxima*, 23, p. 9. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/zop/n23/n23a10.pdf>
- Cruz-Moreno, N., Cisneros-Serrano, M. y Arroyo-López, M. (2020). Evaluación de la actividad antibacteriana de extractos de Hibiscus sabdariffa L. (flor de jamaica) contra bacterias patógenas. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 5, 64-67.
- Cuesta, W. (2018). *Obtención de colorantes naturales a partir de espinaca, berro, y brócoli para uso alimenticio*. [Trabajo Final de Grado ESPOCH] <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/10431/1/96T00482.pdf>
- Dupey, E. (2016). El color en los códices prehispánicos del México Central: identificación material, calidad plástica y valor estético. *Revista Española de Antropología Americana*, 45 (1), 149-166.
- Espinoza-Ríos, E., González-López, K. y Hernández-Ramírez, L. (2015). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción del conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.
- Estrada, K. (2021). *Geranio, Pelargonium graveolens*. Agexport Agrícola. <https://www.export.com.gt/documentos/guia-de-cultivos/guia-de-cultivo-de-geranio.pdf>
- Galarza, C. (2013). *Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (Amarantus sp.)* [Tesis de Ingeniería Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6635/1/BQ%2044.pdf>
- Garrido, G., Cornejo, M. y López, V. (2021). *Colorantes para laboratorios de ciencias básicas*. [Trabajo de Doctorado Universidad Nacional Autónoma de México] https://portal.cuautitlan.unam.mx/manuales/Manual_Colorantes.pdf
- Gil, J., León, J. y Morales, M. (2017). Los paradigmas de investigación educativa, desde una perspectiva crítica. *Revista Conrado*, 13(58), 72- 74. <http://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado>
- Gómez, M. C., Ortega, M. B., y Lafaid, F. E. (2017). Creativa, metodología para la motivación por el aprendizaje de las ciencias naturales. *Revista Logos, Ciencia y Tecnología*, 8 (2), 201-210.
- Izquierdo-Vega, J., Arteaga-Badillo, D., Sánchez-Gutiérrez, M., Morales-González, J., Vargas-Mendoza, M., Gómez-Aldapa, C., et al. (2020). Organic acids from roselle (Hibiscus sabdariffa L.) - Brief Review of Its pharmacological effects. *Biomedicines*, 8(5), 100: 1-15. doi:10.3390/biomedicines8050100.
- Jácome Pilco, C. R., Aucatoma Chico, K. B., Agualongo Sinchipa, S. A., Callan Chela, C. R., & Montero Silva, V. D. (2023). Biotecnología para la extracción de pigmentos vegetales, para uso industrial. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(1), 1475–1488. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.353>
- Jiménez, L. (2015). El cultivo de la Dalia. *Cultivos tropicales*, 36(1), 107–115. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S025859362015000100014&script=sci_arttext&tlng=en
- López, A. y Tamayo, O. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* 8(1), 145-166.

- López, K., Gonzáles, N., Maldonado, E., Luna, A., y Jiménez, R. (2019). Jugo de Betabel (*Beta Vulgaris L.*) y Panela Fermentados Con *Saccharomyces bayanus*. *Researchgate*, 367–378.
- Marcano, D. (2018). Introducción a la química de los colorantes. Colección divulgación científica y tecnológica. Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales. Caracas, Venezuela.
- Martínez, R., Vega, G., Díaz, C., Altamirano, S., y Castillo, F. (2016). Efecto del corte y temperatura de secado en horno convectivo sobre el color del pimiento dulce (*Capsicum annum L.*). *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 7(4), 37–46. <https://doi.org/0718-8706>
- Miranda-Núñez, Y. (2022). Aprendizaje significativo desde la praxis educativa constructivista. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 7(13), 79-91.
- Moposa, F. (2019). *Determinación de la efectividad de enraizadores en el crecimiento de la raíz en las plántulas de flor de jamaica (Hibiscus sabdariffa)*. [Trabajo de fin de grado Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12546>.
- Paladines-Condoy, J. J., Fernández-Fernández, E. J., & Espinoza-Freire, E. E. (2021). Exigencias didácticas de la actividad práctico-experimental en las ciencias naturales. *Revista Transdisciplinaria de Estudios Sociales y Tecnológicos*, 1(2), 57-66.
- Pantoja, M. (2022). *Industrialización de la flor de Jamaica (Ibiscus Sabdarifa L) considerando parámetros agroclimáticos para generar valor agregado para transformación*. [Trabajo de fin de grado Universidad ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28980/1/T-ESPESD-003206.pdf>.
- Portillo-Torres, L., Bernardino-Nicanor, A., Gómez-Aldapa, C., González-Montiel, S., Rangel-Vargas, E., Villagómez-Ibarra, J., et al.(2019). Hibiscus acid and chromatographic fractions from Hibiscus Sabdariffa calyces: antimicrobial activity against multidrug-resistant pathogenic bacteria. *Antibiotics*, 8(4), 218: 1-18. doi:10.3390/antibiotics8040218.
- Ramírez, G. (2023). El papel de la experimentación en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Ciencia Latina Internacional*. 7(3) 1-21
- Reyes, E. (2020). Prácticas de laboratorio: la antesala a la realidad. *Revista Multi-Ensayos*, 6(11), 61-66.
- Rolón, N. (2018). *Colorante natural con capacidad antimicrobiana a partir de Morus nigra*. [Tesis de Maestría Universidad Nacional de Itapúa]. Paraguay. https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/Beca13-27_Tesis_Natalia_Rolon.pdf
- Rosado, k. (2020). *Aplicación de abonos orgánicos en la producción del cultivo flor de jamaica (hibiscus sabdariffa L.)*. [Trabajo Fin de Grado Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ROSADO%20CORAZACA%20KERLY%20JANNETH.pdf>
- Sumaya, M., Medina, R., Machuca, M., Jimenez, E., Balois, R. y Sánchez, L. (2014). Potencial de la jamaica (hibiscus sadarifa). En la elaboración de alimentos funcionales con actividad antioxidante. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 1082-1088. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/856>
- Susantini, E., Lisdiana, L., Isnawati, Tanzih Al Hag, A, Trimulyono, G. y (2017). Designing Easy DNA Extraction: Teaching Creativity Through Laboratory Practice. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 45 (3), 216-225.
- Ulloa, M. (2017). El uso de los colorantes comestibles naturales y sintéticos desde el aspecto funcional en la pastelería. [Trabajo final de Grado Universidad Regional Autónoma de los Andes] <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7529/1/TUAEXCOMESC001-2018.pdf>.
- Urbina, F. (2009). *Cultivo de Flor de Jamaica (Hibiscus sabdariffa L) y (Hibiscus cruentus Bertol)*. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01U73.pdf>
- Valenzuela, C. y Pérez, P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(2), 188-195.
- Villaño, D., Mena, P. y García, C. (2016). Colors: Health Effects. (P. M. D Villaño and C García-Viguera, Ed.) *Encyclopedia of Food and Health*, 2, 265-272. doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00190-2.
- Yusuf, M., Shabbir, M. y Faqeer, M. (2017). Natural Colorants: Historical, Processing and Sustainable Prospects. *Natural Products and Bioprospecting; Heidelberg*, 7(1), 123-145.
- Zorrilla, E. Mazzitelli, C. Calle-Restrepo, A. Angulo-Delgado, F. Soto-Lombana, C. (2022). Representaciones sociales sobre las prácticas de laboratorio: implicaciones epistemológicas y prácticas para la formación inicial de docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 52, 101-116.

RAÚL POZO-ZAPATA obtuvo su título de Licenciado en Ciencias de la Educación. Profesor de enseñanza media en la especialidad de Química y Biológica. Doctor en Biología. Magíster en Gerencia Educativa. Doctor dentro del Programa de Doctorado en Investigación Educativa.

Actualmente docente de Biología Molecular y Genética de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, Carrera de Pedagogía, Letras y Ciencias del Educación.

ADRIANA BARAHONA-IBARRA obtuvo su título de Licenciada en Ciencias de la Educación en la especialidad de Químico Biológicas. Magíster en Docencia Universitaria y Administración Educativa. Doctora dentro del Programa de Doctorado en Investigación Educativa.

Actualmente docente investigadora de la asignatura de Química y directora de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.

JONATHAN TIGASIG-URCUANGO actualmente estudiante de sexto semestre de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, estudiante de destacado desempeño académico e interés por realizar proyectos de investigación.

MARXURI VIVAR-TOAPANTA actualmente estudiante de sexto semestre de la Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología de la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación Estudiante de gran talento para la investigación y la academia.