

Elena Patricia Urquizo Cruz

eurquizo@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo,
Facultad de Ciencias de la Educación
Humanas y Tecnologías.
Riobamba, Ecuador

ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-6081-1997>

Narcisa de Jesús Sánchez Salcán

nsanchez@unach.edu.ec

Universidad Nacional de Chimborazo,
Facultad de Ciencias de la Educación
Humanas y Tecnologías.
Riobamba, Ecuador

ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-6250-777X>

**EXTRACTO DEL MAÍZ MORADO
COMO INDICADOR QUÍMICO**

*PURPLE CORN EXTRACT AS A
CHEMICAL INDICATOR*

Recibido:
09/09/2019

Aceptado:
15/11/2019

EXTRACTO DEL MAÍZ MORADO COMO INDICADOR QUÍMICO

PURPLE CORN EXTRACT AS A CHEMICAL INDICATOR

Resumen

El acceso al uso de indicadores químicos dentro de la enseñanza de la teoría ácido base provoca limitaciones en el aprendizaje de Química. Debido a esto se desarrolló la investigación con el objetivo de extraer las antocianinas del maíz morado y utilizarlas como indicador químico para identificar cualitativamente el carácter ácido, neutro y/o básico de variadas sustancias. La investigación es de tipo básica, con un nivel explicativo y enfoque cuantitativo, sustentada en el paradigma positivista; el diseño de investigación fue experimental con post-prueba, el método aplicado para obtener el indicador fue el heurístico. El indicador químico obtenido se utilizó en actividades experimentales con estudiantes de Bachillerato de dos Unidades Educativas y con los estudiantes de segundo semestre de la Carrera de Ciencias Experimentales: Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo; instituciones educativas ubicadas en la ciudad de Riobamba-Ecuador. La técnica para recolectar datos fue la observación a través de una ficha de registro. Los resultados demostraron que el extracto del maíz morado constituye un óptimo indicador, que permitió, durante el proceso de enseñanza aprendizaje, la identificación del carácter ácido, neutro y básico de las sustancias de manera macroscópica en base al cambio de color según los valores del pH.

Palabras clave: Aprendizaje, indicador químico, ácido, base, maíz morado.

Abstract

The access to the use of chemical indicators in the teaching of acid-base theory causes limitations in the learning of chemistry. Because of this, the present study was carried out with the objective of extracting anthocyanins from purple corn and its use as a chemical indicator for the qualitative identification of the acidic, neutral and / or basic characteristic of various substances in everyday life. It is a basic research, with an explanatory level and quantitative approach, based on the positivist paradigm; The research design is experimental with post- test, the method applied to obtain the indicator was the heuristic. The chemical indicator obtained was used in experimental activities with students of Bachillerato in two educational institutions: "11 de Noviembre" and "Combatientes de Tapi" along with the second semester students from the Experimental Sciences: Chemistry and Biology at "Universidad Nacional de Chimborazo"; educational institutions located in Riobamba-Ecuador. The technique for data collection was the observation through qaregistration form. The results obtained showed that the purple corn extract constitutes an optimal indicator, which during the learning process allowed the identification of the acidic, neutral and basic character of the substances in a macroscopic way based on the color change according to pH values .

Keywords: Learning, chemical indicator, acid, base, purple corn.

INTRODUCCIÓN

La Química es una ciencia experimental cuya importancia en la vida y en la sociedad resulta evidente, más allá de su cuerpo teórico y de sus diversas aplicaciones que enmarcan la problemática de su enseñanza en la comprensión de conceptos y fenómenos.

La Química, es una parte de las Ciencias Naturales que estudia las propiedades y estructura de la materia: sustancias y reacciones químicas con la finalidad de predecir el comportamiento de los sistemas químicos; involucrando además reacciones que tienen lugar en los seres vivos, procesos químicos geológicos, cambios químicos en la atmósfera, corteza terrestre, biósfera e incluso en el universo, siendo una ciencia central e instrumental para otras muchas ciencias (Urquiza & Fiallos 2017:274).

La elaboración de información y sistematizaciones abstractas de esta ciencia, debido a limitaciones estructurales y académicas, sobre todo la relación de las actividades experimentales con la teoría y los fenómenos de la vida cotidiana, colocan al estudiante en un plano de confrontación y necesidad de interpretarla.

Estos procesos un tanto complejos ofrecen dificultades de aprendizaje que vienen definidas por la forma en que el estudiante organiza sus conocimientos a partir de sus propias teorías implícitas sobre la Química.

Una problemática en la enseñanza de Química dentro de las Unidades Educativas Fiscales de la ciudad de Riobamba es la forma de cómo el estudiante puede identificar ácidos y bases. A nivel de Educación de Bachillerato, la enseñanza está enmarcada en los fundamentos teóricos, donde la experimentación escasamente se aplica, debido a la inexistencia de materiales, reactivos, espacios físicos adecuados, elevada cantidad de estudiantes por aula, ausencia de técnicos de laboratorio y excesiva carga docente que impiden la planificación de actividades experimentales. A más de ello, la mayor

parte de instituciones educativas no cuenta con laboratorios de Química (Urquiza & Fiallos 2017:284).

El estudio de Química en primer año de bachillerato, así como también la Química Inorgánica en Educación Superior, se enmarcan en el aprendizaje de nomenclaturas, fórmulas, reacciones y aplicaciones de una gran cantidad de compuestos; entre ellos los ácidos y las bases de mayor importancia.

Los ácidos son sustancias que han sido utilizadas desde tiempos antiguos, así por ejemplo los egipcios lavaban su cabello con agua y zumo de limón (ácido cítrico) para librarlo de grasa manteniéndolo suave y brillante; los productores del vino agriado (ácido acético) lo utilizaban como conservante de alimentos y para elaborar encurtidos. Los griegos y romanos utilizaban el ácido fórmico procedente de las hormigas para curtir pieles (Gallego, Garcinuño, Morcillo & Vásquez 2018:514).

Las bases, por ejemplo, la sosa y potasa, eran obtenidas mediante la quema de plantas leñosas usadas en el lavado de ropa y tintes. Al respecto, cabe señalar que ciertas culturas como la árabe y griega, en los siglos XVI y XVII retomaron los conceptos de ácido y base en procesos metabólicos; así Van Helmont (Jiménez, Molina & Carriazo 2015:188). Identificó un licor ácido en el estómago responsable del desdoblamiento de los alimentos, convirtiéndose este hecho en el inicio del estudio de los procesos bioquímicos. Consecutivamente, Franciscus Sylvius de le Boë (Jiménez, Molina & Carriazo 2015:188). Extendió los estudios bioquímicos ocurridos en el interior de los organismos; determinando que existían sustancias con acideces y alcalinidades reales y fue por ello el precursor del concepto moderno de pH.

Dichos ácidos y bases antiguamente fueron caracterizados por las propiedades sensoriales: así los ácidos por su sabor agrio y las bases por ser al tacto jabonosas.

Robert Boyle fue el primero en relacionar de forma científica y sistemática ácidos y bases, determinó que al ponerlos en contacto con papel tornasol éstos cambiaban de color, y comprobó que al mezclarse los ácidos y bases se neutralizan; hecho que más tarde fue comprobado por Gay Lussac, lo que sirvió de base para las teorías actuales propuestas por “Arrhenius, Brónsted-Lowry y Lewis; todas ellas enfocadas a nivel estructural microscópico y las propuestas conceptuales de Usanovich y de Luxy Flood” (Jiménez, Molina & Carriazo 2015:188).

La parte conceptual de las teorías ácido-base anteriormente descritos se enfocan en la dimensión microscópica, lo cual conlleva la dificultad de trasladar a la práctica el conocimiento y por ende el análisis de su fundamento teórico (Artdej, Ratanaroutai, Coll & Thongpanchang 2010). Es así que las “dificultades de los estudiantes para predecir el carácter ácido-base de las sustancias son evidentes pues solo se explican teóricamente y no se enfatiza el nivel macroscópico de estos conceptos” (Furió, Calatayud & Bárcenas 2000:6)

Problema que profundiza el aprendizaje de la teoría ácido base en las diversas instituciones educativas, sobre todo de nivel básico y de bachillerato. Establecer una vinculación entre la escuela y la vida, entre lo que el estudiante aprende en el aula, sus ocupaciones y actividades fuera de ella es esencial e indispensable en el ámbito pedagógico.

Para identificar el carácter ácido y base de las sustancias se debe mencionar la utilización de indicadores químicos, y el más utilizado es la fenoltaleína; que permanece incolora al contacto con sustancias ácidas y púrpura con las sustancias básicas. De igual manera, el tornasol es otro indicador que toma una coloración roja al contacto con ácidos y azulado con las bases. Por ello la necesidad de buscar la obtención de un indicador que provenga de plantas del contexto a través de un proceso económico, fácil y que no afecte al medio ambiente.

“El Maíz morado (nombre común) es una planta nativa del Ecuador, Perú, Bolivia y otros países ubicados en la parte baja de los Andes, usado como alimento hace miles de años” (EcuRed

2017:1). Por su parte, el Ministerio de Agricultura y Riego (2017), en relación con el maíz morado, afirma que su nombre científico es *Zea mays var. amilácea* (L) y pertenece a la familia de las Gramíneas.

La clasificación taxonómica del maíz morado se muestra a en la tabla 1:

Tabla 1: Taxonomía del maíz morado

TAXONOMÍA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Tribu	Andropogoneae
Especie	Zea
Nombre científico	Zea mays
Nombre común	Maíz Morado

Fuente: Yanangómez (2018)

El maíz morado presenta un contenido en proteínas del 7.7% a 13%, lípidos en un 3.3% y carbohidratos, principalmente almidón, en un 61.7%. Además, contiene minerales como fósforo, hierro, vitamina A, vitamina B1, vitamina B2, vitamina B3, ácido ascórbico y antocianinas (EcuRed 2017:3).

La antocianina es un pigmento natural que da la coloración típica a este maíz, siendo además la responsable de la pigmentación rojiza, azulada o violeta de la mayoría de frutas y flores. Este pigmento actúa como un poderoso antioxidante natural y anticancerígeno, teniendo además propiedades funcionales debido a este compuesto bioactivo (Guillén, Mori & Paucar 2014:213).

“El maíz morado fue uno de los principales alimentos en la dieta de los pueblos andinos, utilizado frecuentemente en la preparación de bebidas como la chicha morada y postres como la maza-

morra morada” (Otiniano 2012:74). “En la Parroquia Calpi de la ciudad de Riobamba, la fundación Andinamarca elabora la chicha morada, la misma que fue sometida a una validación técnica del proceso de producción” (Guamán 2013:1).

La asociación comunitaria *Sariv* elabora dos tipos de chicha sin aditivos químicos, conservantes o colorantes y la expenden en los mercados artesanales de Riobamba y Quito aprovechando la gran cantidad de antioxidantes (antocianinas).

“La chicha de jora a base del maíz morado, se consumía en ciertas fiestas andinas y ceremonias rituales, la misma que dejó de ser preparada cuando las gaseosas y otras bebidas edulcoradas fueron preferidas en el consumo de las comunidades” (Marquez 2016:1).

Recientes investigaciones informan sobre la existencia de cianidina 3 - glucósido en el grano del maíz morado, como la principal antocianina (flavonoide), la cianidina 3-glucósido, una importante antocianina presente en el maíz morado suprime el 7,12-dimethylbenzo antraceno, el cual induce a la carcinogénesis mamaria, lo que indica que el color de maíz morado puede ser un agente quimioterapéutico prometedor. (Fukamachi, Imada, Ohshima & Tsuda, 2008:1841)

Las antocianinas del maíz morado presentan importantes propiedades funcionales que, a más de ayudar a combatir el cáncer, reducen enfermedades coronarias, efectos antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos; así como también aporta a mejorar la agudeza visual y al desarrollo cognitivo. (Aguilera, Reza, Chew & Meza 2011:19)

Las antocianinas del maíz morado han sido utilizadas como el mejor sustituto para colorantes alimenticios artificiales, debido a su origen natural y alto contenido en antioxidantes” (Guillén *et al.* 2014:212). La harina de maíz morado por su coloración se utiliza en la elaboración de la mazamorra o colada morada que se sirve en el día de los difuntos (Pinto & Abad 2017:53). A más de ello se ha utilizado la antocianina extraída de la coronta del maíz morado para la elaboración de mermelada (Pérez 2014:35), y producción de una bebida como alternativa para consumirlo diariamente

(Castillo 2015:65).

Luego de la amplia revisión documental relacionada con la composición del maíz negro y sus propiedades funcionales se estableció que este maíz no ha sido utilizado en la elaboración de un indicador químico, debido a que no existen investigaciones sobre el uso de las antocianinas utilizadas para la caracterización de sustancias: ácidas, neutras y básicas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la teoría ácido-base; aspecto fundamental en la enseñanza de Química tanto en el nivel de Bachillerato como en la Educación Superior, aspecto necesario para comprender ciertos fenómenos que se presentan en la naturaleza.

Por lo que resulta necesario extraer un indicador a bajo costo, por medio de un proceso que sea aplicable a todo nivel educativo que no involucre el uso de disolventes orgánicos, utilización de materiales y equipos complejos de laboratorio, pero sobre todo que no afecte al medio ambiente.

METODOLOGÍA

El presente artículo de investigación se desarrolló en la Universidad Nacional de Chimborazo como parte del proyecto de investigación: “La actividad de experimentación, una estrategia para el aprendizaje activo de Química del Bachillerato General Unificado en Ciencias. Casos de estudio: Unidades Educativas Fiscales del distrito Chambo-Riobamba”. Es una investigación de tipo básica, pura o fundamental con un nivel explicativo porque se buscó establecer la causa del fenómeno en estudio. Además se explicó por qué ocurre el fenómeno y en qué condiciones se manifiesta (Ñaupas, Mejía, Noboa & Villagomez 2011:66).

El diseño es experimental con pos prueba, porque se utilizó el experimento como método o técnica de investigación. Su representación diagramática se aprecia en la tabla 2:

Tabla 2: Simbología del diseño experimental

$RG_{_1}$	X	$O_{_1}$
$RG_{_2}$	—	$O_{_2}$

Fuente: Hernández, Fernández & Baptista
2010:137

RG= Es el grupo o muestra

X= El tratamiento de la variable experimental

O= Es la medición de la variable dependiente

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y se sustenta en el paradigma positivista, porque por medio de la experimentación se cuantificó, explicó y verificó los hechos a partir de relaciones causa y efecto. El método aplicado para obtener el indicador fue el heurístico que permite obtener el conocimiento, tanto proposicional como procedimental; probar una alternativa y verificar si funciona (Coello, Blanco & Reyes 2012:141); y permita obtener resultados contundentes y confiables, en este caso los cambios de coloración del indicador químico en base al cambio de pH de las distintas sustancias utilizadas.

La técnica para la recolección de los datos fue la observación, que se realizó a través del instrumen-

to ficha de registro.

Se aplicó el método empírico – analítico, porque se basó en la experimentación y la lógica empírica para determinar características esenciales de la investigación, acorde con observaciones y análisis realizados (Hurtado 2012:629).

Los resultados procedentes del uso del indicador se recogieron mediante la técnica de la observación con su instrumento, la ficha de registro.

Para la obtención de la muestra se cultivó tres hectáreas del maíz morado, en el cantón Guano, parroquia San Andrés, comunidad de Batzacón, el que fue cosechado a los cuatro meses y medio, y se recolectó 2.0 kg entre granos y corontas mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple (Ñaupas *et. al* 2011:187). Su ubicación se muestra en la figura 1.

La extracción del indicador del maíz morado con un 1.6% al 6% de antocianinas (Guillén *et al.* 2014:1), se efectuó en el Laboratorio de Química y Biología de la Universidad Nacional de Chimborazo, para ello se procedió a desarrollar los ensayos de prueba y error, que a diferencia de lo propuesto por Elías y Gamero(1988) y Pérez (2014) que extraen las antocianinas del maíz y las corontas maduras y secas; se propone obtener un extracto del maíz morado fresco (choclo) aplican-

Fuente: Elaboración propia en base al programa Google Maps de la Fotografía del lugar de siembra del maíz negro.

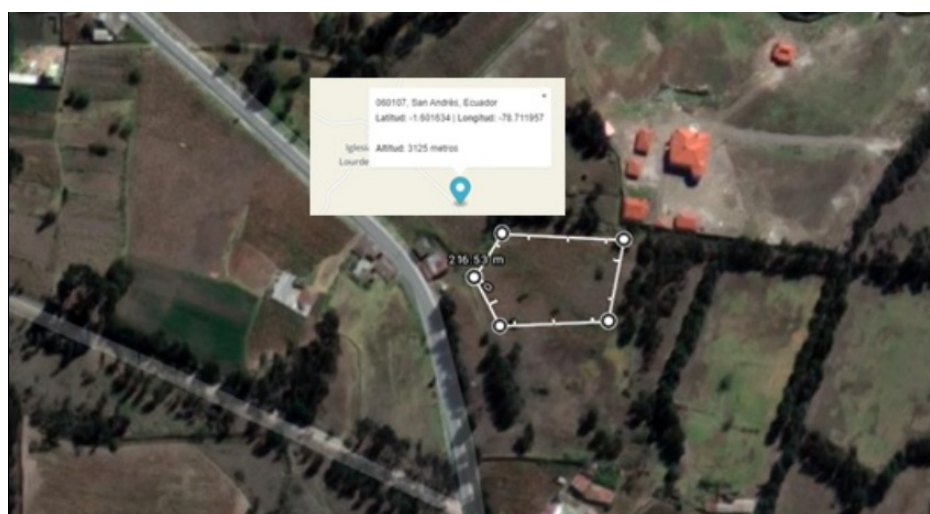


Figura 1: Fotografía que indica la ubicación de lugar donde se desarrolló el cultivo de maíz negro utilizado para la extracción del indicador natural.

do un proceso de extracción sólido-líquido donde las antocianinas sean solubles en el líquido de extracción.

Los granos se separaron de las corontas en forma individual, mientras que las corontas se trocearon para obtener una mayor superficie de contacto que ayudó a una mayor y rápida extracción de este pigmento natural.

Los ensayos de prueba y error constituyen una metodología de obtención de conocimiento, reparación o solución de problemas, donde comprueba si sirve o no. En el caso de obtener un resultado no esperado se intenta con una nueva alternativa y así, hasta obtener un resultado positivo. Por ello se desarrolló los siguientes ensayos:

- a. En un matraz erlenmeyer se colocó 0.200 kg de los granos de maíz morado desgranado con su respectiva coronta y 0.300 L de agua a temperatura ambiente, se dejó en maceración por 12 horas, se decantó el líquido y se ubicó en un frasco color ámbar.
- b. En un matraz erlenmeyer se procedió a colocar 0.200 kg de los granos de maíz morado desgranado con su respectiva coronta y una mezcla de 0.150 L de agua y 0.150 L de etanol, se dejó en maceración por 12 horas y se decantó el líquido que fue colocado en un frasco color ámbar.
- c. En un matraz erlenmeyer se procedió a colocar 0.200 kg de los granos de maíz morado desgranado con su respectiva coronta y una mezcla de 0.300 L de etanol. Se dejó en maceración por 12 horas y se decantó el líquido que fue colocado en un frasco color ámbar.
- d. En un matraz erlenmeyer se procedió a colocar 0.200 kg de los granos de maíz morado desgranado con su respectiva coronta y 0.600 L de agua. Se procedió a calentar y mantener a una temperatura de 50°C por 30 minutos; luego de lo cual se dejó en reposo por 1 hora y se decantó el líquido que fue colocado en un frasco color ámbar.
- e. En una matraz erlenmeyer se procedió a colocar 0.200.0 kg de los granos de maíz morado desgranado con su respectiva coronta y 0.600 L de agua. Se sometió a una temperatura de

94°C (temperatura de ebullición del agua en la ciudad de Riobamba) por 30 minutos, luego de lo cual se dejó en reposo por 1 hora y se decantó el líquido, que fue colocado en un frasco color ámbar.

Los extractos obtenidos se añadieron en forma individual a soluciones patrón transparentes de pH: 0, 1, 4, 6, 7, 8, 13, 14, donde se apreció que los cambios de color fueron evidentes con el indicador procedente del ensayo descrito en el literal e; por lo que fue utilizado en actividades experimentales de la asignatura de Química, tanto de nivel de Bachillerato como de Educación Superior para la caracterización de sustancias ácidas, neutras y básicas.

A nivel de Bachillerato el indicador obtenido fue utilizado por los estudiantes de las Unidades Educativas: 11 de Noviembre (40 estudiantes) y Combatientes de Tapi (37 estudiantes), en la asignatura de Química de Primer Año de Bachillerato del año lectivo septiembre de 2018-julio de 2019. A nivel de Educación Superior lo utilizaron los estudiantes de segundo semestre de la Carrera de Licenciatura en Pedagogía de las Ciencias Experimentales: Química y Biología (33 estudiantes) durante el periodo académico febrero de 2019-agosto de 2019 de la Universidad Nacional de Chimborazo, en la asignatura: Química Inorgánica I.

Para el desarrollo de la actividad experimental utilizaron sustancias en solución acuosa de uso cotidiano como: agua embotellada, agua de la llave, solución de Bicarbonato de Sodio, vinagre, leche, gaseosa incolora, yogurt natural, jugo de limón, Hidróxido de Sodio (sosa cáustica) y Ácido clorhídrico (ácido muriático).

Dichas sustancias fueron añadidas en un volumen de 5.00 ml en tubos de ensayo con la ayuda de una pipeta graduada, seguida de 3 gotas del indicador procedente del maíz morado; agitaron cada una de las mezclas, observaron y registraron los cambios de color en la correspondiente ficha de registro. Determinando con ello el carácter ácido, básico y neutro de cada una de las sustancias a nivel macroscópico; se desarrolló posteriormente la misma actividad experimental con el indicador fenolftaleína para comparar los resultados obtenidos con cada indicador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El maíz morado con elevadas concentraciones de antocianinas (Sotomayor 2013: 73) presenta solubilidad en compuestos polares, en este caso el agua. Se logró establecer que la utilización de 0.200 Kg del maíz con su respectiva coronta y 0.600 L de agua sometidos a una temperatura de 94°C por 30 minutos y posterior reposo de la mezcla, por 1 hora fue el mejor extracto para ser utilizado como indicador químico; debido a que presenta cambios evidentes de color en función del pH de las soluciones utilizadas, como se aprecia en la figura 2.

La gama de colores que adquiere el indicador en dependencia del pH de las sustancias evidencia su funcionalidad como indicador químico. Considerando que la temperatura y el tiempo influyen en la etapa de extracción; “altas temperaturas dan lugar a una mayor evaporación del agua; en cambio a menor temperatura y tiempo, no se aprovecharía completamente los beneficios de la materia prima” (Castillo 2015:21).

El indicador natural obtenido de la extracción se colocó en un frasco color ámbar para evitar la degradación de las antocianinas por acción de la luz solar. De acuerdo con las referencias bibliográficas se estima que el contenido de antocianinas en el indicador está en un rango de 1.100 mg y 1.642 mg por cada 100 g muestra en base húmeda según lo mencionado en el artículo titulado *Morphological and chemistry characteristics from three cultivars of purple corn (Zea mays L.)* (Quispe, Arroyo & Gorriti 2011) quienes aplicaron un proceso similar, pero con solventes orgánicos.

Las actividades experimentales que utilizaron el indicador, se desarrollaron en cada institución educativa; con los materiales y las sustancias necesarias de acuerdo a la actividad experimental establecida, por lo que se logró identificar de manera macroscópica el carácter ácido, neutro y básico de cada sustancia utilizada de manera colaborativa. Al finalizar la actividad experimental los estudiantes obtuvieron los siguientes resultados.

Al colocar tres gotas de Fenolftaleína en la muestra de leche pasteurizada de consumo diario que presenta un pH 6 no cambia su coloración, esto se debe a que en soluciones ácidas se mantiene incolora, mientras que con el indicador natural de maíz morado toma un color violeta; por tanto el

Fuente: Elaboración propia en base a la actividad experimental que involucra la aplicación del indicador químico en soluciones patón de pH 0, 1, 4, 6, 7, 8 y 13.



Figura 2: Fotografías del maíz morado utilizado con su extracto correspondiente. Incluye la gama de colores que adopta el indicador según el pH de las soluciones patón.

indicador natural permite visualizar que la sustancia es neutra.

La muestra de vinagre expandido comercialmente con un valor de pH 2, al colocar tres gotas de Fenolftaleína no cambia su coloración, debido a que en soluciones ácidas se mantiene incolora, mientras que al agregar 3 gotas de indicador natural toma una coloración roja, lo que verifica el carácter ácido de esta sustancia.

La muestra de yogurt natural con un valor de pH 4, al colocar tres gotas de Fenolftaleína no cambia su coloración, ya que en soluciones ácidas se mantiene incolora, mientras que con las tres gotas del indicador natural toma de un color rojo pálido; lo que verifica que la sustancia es ácida.

La muestra de jugo de limón, con un valor de pH 1, al colocar tres gotas de Fenolftaleína no cambia su coloración debido a que en soluciones ácidas se mantiene incolora; mientras que al agregar tres gotas de indicador natural toma un color rojo, lo que verifica el carácter ácido del jugo de limón.

La solución de Hidróxido de Sodio (sosa cáustica) con un valor de pH 13, con la fenolftaleína toma una coloración rosa pálido, mientras que con el indicador natural toma un color verde limón, lo que permite determinar, por tanto, que la sustancia es una base.

El ácido clorhídrico (ácido muriático) con un valor de pH 0, con la fenolftaleína permanece incoloro, mientras que con el indicador natural toma un color rojo intenso, debido a que se trata de una sustancia de carácter fuertemente ácido.

La muestra de agua embotellada con un valor de pH de 7, con la fenolftaleína permanece incolora, mientras que con el indicador natural toma un color violeta; lo que demuestra así que la sustancia es neutra.

La muestra de agua de uso doméstico presenta un pH 6, al contacto con la fenolftaleína permanece incolora, mientras que al agregar tres gotas de indicador natural presenta una coloración rosada; lo que determina que el agua de uso doméstico es ácida.

La muestra de gaseosa sin color con un pH 2, al colocar tres gotas de Fenolftaleína no cambia su

coloración, esto se debe a que en soluciones ácidas se mantiene incolora; mientras que al agregar tres gotas de indicador natural toma un color rojo pálido, lo que permite comprobar que la sustancia es ácida.

La muestra de solución de Bicarbonato de Sodio con un valor de pH 8 al colocar tres gotas de Fenolftaleína toma una coloración rosa pálido; mientras que al agregar 3 gotas de indicador natural toma un color verde, lo que verifica de esta forma que la sustancia es una base.

El pH es la medida de acidez o basicidad de una sustancia, la escala de pH oscila entre 0 y 14. Una sustancia se considera ácida si está en un rango de 0 a 6, mientras que una sustancia se considera alcalina o básica si se encuentra en un rango de 8 a 14; si el pH es 7 se trata de una sustancia de carácter neutro.

En este sentido, con la actividad experimental los estudiantes determinaron el carácter ácido, neutro y básico de un conjunto de sustancias de uso cotidiano; con lo que de cierta manera se vuelve a desarrollar y verificar lo hecho por Boyle (Whitten, Dawis, Peck & Stanley 2014:349) quien identificaba los ácidos y bases usando como referencia el cambio de color del indicador natural tornasol.

Las reacciones químicas en las que participan los ácidos y las bases son variadas tanto en la naturaleza como al interior de los seres vivos, por lo que es de gran importancia la identificación cualitativa del carácter ácido, neutro y/o básico, a través de procedimientos basados en el cambio de coloración que adquieren los indicadores naturales de forma sencilla y sin afectar al medio ambiente, como es el caso del indicador procedente del maíz morado.

Culminada la parte experimental se logró demostrar que el indicador permitió cualificar cada sustancia en ácido, neutro y /o básico; comprobando de esta manera que una sustancia es ácida porque prevalece la concentración de iones de hidrógeno, una sustancia es alcalina (base) debido a que cuenta con una alta concentración de iones hidroxilo y bajas concentraciones de iones de hidrógeno. Es decir, que los ácidos son sustancias que “al disolverse en agua, aumentan la concentración de iones H^+ . Análogamente, las bases son sustancias que,

al disolverse en agua, aumentan la concentración de iones hidroxilo; y las sustancias neutras son aquellas que la concentración de iones hidrógeno (H^+) e hidroxilo (OH^-) son iguales, según la teoría de Arrhenius (Brown, LeMay, Bursten & Burdge 2004:614). Por lo tanto, el indicador natural obtenido determinó el carácter ácido, básico y/o neutro de manera macroscópica en base a los cambios de coloración.

Los resultados de los valores de pH de las distintas soluciones y la variación de color producto de la utilización del indicador natural se muestran en la tabla 3.

La fenolftaleína es el indicador más utilizado en todo nivel educativo en el proceso de enseñanza aprendizaje, e identifica el carácter ácido (incolore) y/o básico (color rosa pálido) de las sustancias en solución acuosa. En cambio, el indicador natural procedente del maíz morado permite determinar el carácter ácido, básico y neutro de las sustancias en solución acuosa, presentando una gama de colores que van desde el rojo intenso a rojo débil (en sustancias de mayor a menor acidez, respectivamente); color violeta (neutro o cercanas a la neutralidad) y color verde (oscuro y/o limón en sustancias básicas).

Se comprueba así que el pH del medio ejerce marcada influencia en la coloración de los pigmentos antociánicos procedentes del maíz morado; cuando el medio es alcalino los grupos hidroxilo ceden sus protones y los electrones se encuentran más deslocalizados en la forma básica, ello conduce a que el color vire progresivamente hacia el violeta y en medios extremadamente básicos a verde. Cuando el pH desciende, el color cambia a rojo (Ringuelet & Viña 2013:118), y si el medio es fuertemente ácido; pero toma un color rojo pálido en medios con pH ligeramente ácidos, “valores de pH menores a 3.6 dan estabilidad al color rojo característico de las antocianinas” (Elias & Gamero 1988:20).

Se demuestra así que el extracto obtenido procedente del maíz morado gracias a su contenido en antocianinas, modifica su color en dependencia del pH del medio en el que se encuentra; de tal manera que en medio ácido (pH 0 a 6) toma un color rojo; cambia a un color violeta si el medio es neutro (pH 7) y varía a verde si el medio es alcalino (pH 8 a 14), cuya intensidad va disminuyendo a medida que aumenta la basicidad de la sustancia analizada.

Tabla 3: Resultados de la caracterización de las sustancias de uso cotidiano mediante la utilización del indicador procedente del maíz negro.

SUSTANCIA	pH	Color	
		Fenolftaleína	Indicador Natural de Maíz Negro
Vinagre	2	Incolore	Rojo
Leche	7	Incolore	Violeta
Yogurt natural	4	Incolore	Rosado
Jugo de limón	1	Incolore	Rojo
Solución de Hidróxido de Sodio (sosa cáustica)	13	Rosa	Verde limón
Solución de Ácido clorhídrico (ácido muriático)	0	Incolore	Rojo
Agua embotellada	7	Incolore	Violeta
Agua de uso doméstico	6	Incolore	Violeta oscuro
Gaseosa	2	Incolore	Rojo
Solución de Bicarbonato de sodio	8	Rosa	Verde oscuro

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos registrados en la ficha correspondiente.

CONCLUSIONES

A partir del proceso de extracción, al utilizar los granos de maíz negro conjuntamente con sus co-rontas se logró obtener un indicador químico de una forma fácil, económica, sin ninguna afectación al medio ambiente; cuyo uso permitió que los estudiantes determinaran el carácter ácido, básico y neutro de variadas sustancias, proponiéndose su uso en remplazo de los indicadores químicos sintéticos de alto costo, ampliamente utilizados tanto en la educación de Bachillerato y universitaria en Ecuador.

Los estudiantes de Bachillerato y de Educación Superior en la actividad experimental identificación y diferenciaron a nivel macroscópico sustancias de carácter ácido, básico y neutro; vinculando de esa manera la teoría recibida en el aula de clases con el medio que les rodea.

Finalizada la actividad experimental los estudiantes establecieron que el vinagre, yogur natural, agua de uso doméstico, ácido clorhídrico (ácido muriático) y el jugo de limón son sustancias ácidas; la leche y el agua embotellada son sustancias neutras y finalmente que las soluciones de hidróxido de sodio (sosa cáustica) y bicarbonato de sodio son sustancias básicas en base al cambio de coloración del indicador obtenido del maíz morado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera, M., Reza, M., Chew, R. y Meza Velázquez, J. (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 13(2), 16-22. Recuperado de <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/viewFile/81/75>
- Artdej, R., Ratanaroutai, T., Coll, R. & Thongpanchang, T. (2010). Thai Grade 11 students' alternative conceptions for acid-base chemistry. *Research in Science and Technological Education*, 28, 167-183. doi: 10.1080/02635141003748382
- Brown, T., LeMay, E., Bursten, B. & Burdge, J. (2004). *Química. La ciencia central*. México: Pearson Educación.
- Castillo, M. (2015). *Elaboración de una bebida a partir del maíz morado (Zea mays L.) como alternativa para el consumo diario* (tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12719/1/TESIS_MA%c3%8dZ_MORADO.pdf
- Coello, E., Blanco, N. y Reyes, Y. (2012). Los paradigmas cuantitativos y cualitativos en el conocimiento de las ciencias médicas con enfoque filosófico-epistemológico. *Edumecentro*, 4(2), 137-146. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-28742012000200017&lng=es&tlng=es.
- EcuRed. (2017). *Maíz Morado*. Recuperado de https://www.ecured.cu/Ma%C3%ADz_morado
- Elias, J. y Gamero, D. (1988). *Obtención de colorante a partir del maíz morado* (tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Recuperado de http://repositorio.uni.pe/bitstream/uni/1469/1/elias_sj.pdf
- Fukamachi, K., Imada, T., Ohshima, Y. & Tsuda, H. (2008). Purple corn color suppresses Ras protein level and inhibits 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced mammary carcinogenesis in the rat. *Revista Cancer Sc*, 99 (9), 1841-1846. doi: 10.1111/j.1349-7006.2008.00895.x
- Furió, C., Calatayud, M. y Bárcenas, S. (2000). Deficiencias epistemológicas en la enseñanza de las reacciones ácido-base y dificultades de aprendizaje. *Revista Tecné Episteme y Didaxis: TED*, (7). doi: <https://doi.org/10.17227/ted.num7-5652>
- Gallego, A., Garcinuño, R., Morcillo, M. &

- Vásquez, M. (2018). *Química básica*. Madrid: UNED.
- Guamán, A. (2013). *Validación técnica del proceso de producción de las chichas (jora y morada), elaboradas por la fundación andinamarca, Calpi-Riobamba*. (tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2619/1/56T00391.pdf>
- Guillén, J., Mori, S. y Paucar, L. (2014). Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. *Revista Scientia Agropecuaria*, 5(4), 64-74.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: Editorial McGraw-will/interamericana editores, S.A. de C.V.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Quirón.
- Jiménez, F, Molina, M. y Carriazo, J. (2015). Investigación de las Concepciones Alternativas sobre Ácidos y Bases en Estudiantes de Secundaria. *Scientia et Technica*, 20(2), 188-194.
- Marquez, C. (30 de mayo de 2016). Sariv cree en la chicha de maíz morado. Líderes. Recuperado de <https://www.revistalideres.ec/lideres/sariv-chicha-maizmorado-riobamba-intercultural.html>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2017). *Maíz Morado, Purple corn, fact sheet*. Recuperado de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/f-taxonomia_plantas/f01-cultivo/maiz_morado.pdf
- Ñaupas, H., Mejía, E., Noboa, E. y Villagomez, A. (2011). *Metodología de la investigación científica y asesoramiento de tesis*. Lima, Perú: CEPREDIM.
- Otiniano, R. (2012). *Actividad antioxidante de antocianinas presentes en la coronta y grano de maíz* (tesis de grado). Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú.. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/186380674/TESIS-CAPACIDAD-ANTIOXIDANTE>
- Pérez, H. (2014). *Utilización de la antocianina del maíz morado (Zea Mays y stevia (Stevia Rebaudiana Bertoni) en la elaboración de un producto tipo mermelada y su aceptabilidad* (tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3857/P%C3%A9rez_sh.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinto, M. y Abad, A. (2017). Valor cultural del maíz y tecnologías ancestrales en la parroquia Cayambe de Ecuador. *Chakiñan*, (2), 47-60. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6294870>
- Quispe, F., Arroyo, K. & Gorriti Gutiérrez, A. (2011). Morphological and chemistry characteristics from three cultivars of purple corn (*Zea mays* L.) *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(3), 205-217. Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000300006&lng=es&tlng=en
- Ringuelet, J. y Viña, S. (2013). *Productos naturales y vegetales*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata.
- Sotomayor, R. (2013). Extracción y cuantificación de antocianinas a partir de los granos de *Zea mays*. L. (maíz morado). *Ciencia y Desarrollo*, 16(1), 69-74. doi: <http://dx.doi.org/10.21503/CienciayDesarrollo.2013.v16i1.06>
- Urquiza, E. & Fiallos, M. (2017). El laboratorio como ambiente motivador para el aprendizaje de química, en las unidades educativas Fiscales de la ciudad de Riobamba. En J. C. Arboleda (ed.). *Educación Contemporánea, Calidad Educativa y Buen Vivir*. Estados Unidos:

REDIPE.

Whitten, K., Dawis, R., Peck, M. & Stanley, G. (2014). Química. México: Cengage Learning.

Yanangómez, L. (2018). *Evaluación del requerimiento hídrico del cultivo de maíz morado (Zea mays l.) en la parroquia Malacatos sector "San José"* (tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21176/1/LUIS%20VICENTE%20YANANG%C3%93MEZ%20AGILA.pdf>