



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO



Licenciatura en Química Farmacéutica Biológica
UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS
LICENCIATURA EN QUÍMICA FARMACÉUTICA BIOLÓGICA

INFORME DE CONCLUSIÓN DE SERVICIO SOCIAL
EFECTO DEL pH EN EL VIRAJE DE EXTRACTOS DE BRÁCTEAS
FLORALES DE *Bougainvillea spp*

ASESOR INTERNO: Dra. Liliana Hernández Vázquez

ASESOR EXTERNO: Dra. Julia Dolores Toscano Garibay

ALUMNA: SALMA ARELI MALDONADO PINEDA

MATRÍCULA: 2182034913

HOSPITAL REGIONAL DE ALTA ESPECIALIDAD IXTAPALUCA

FECHA INICIO: 29 DE AGOSTO DE 2022

FECHA DE TÉRMINO: 01 DE MARZO DE 2023

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Julia Dolores Toscano Garibay y al Lic. José Alberto Montes Briceño por su guía, dedicación y confianza, por compartir sus conocimientos conmigo y brindarme todas las herramientas para realizar este trabajo.

A la Dra. Liliana Hernández Vázquez por su acompañamiento y apoyo en cada una de las etapas de este proyecto.

A la Dra. Beatriz González Hidalgo por su valiosa colaboración al hacer posible la identificación de las especies con las que se realizó este trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	4
General.....	4
Específicos.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS	5
ACTIVIDADES REALIZADAS	6
METAS ALCANZADAS	7
ANÁLISIS DE RESULTADOS	8
CONCLUSIONES	17
RECOMENDACIONES	18
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

PROTOCOLO DE SERVICIO SOCIAL

EFFECTO DEL pH EN EL VIRAJE DE EXTRACTOS DE BRÁCTEAS FLORALES DE *Bougainvillea spp*



Dra. Liliana Hernández Vázquez

Asesora Externa



Dra. Julia Dolores Toscano Garibay

Asesora Interna



Salma Areli Maldonado Pineda

Alumna

INTRODUCCIÓN

Los indicadores de pH son sustancias orgánicas que permiten determinar las características ácidas o básicas de diversas sustancias mediante cambios en su coloración. La mayoría de estos indicadores se obtienen mediante síntesis química, pero también se ha estudiado la obtención de indicadores a partir de fuentes naturales como son los pigmentos presentes en plantas y vegetales (Chavan, H., *et al.*, 2017). La *Bougainvillea spp*, es una planta ornamental originaria de Sudamérica que ha sido utilizada para el tratamiento de tos, acidez estomacal, dolor de garganta, inflamación, diarrea y como antibacteriano. Además, se caracteriza por poseer una amplia gama de colores que se atribuyen a diferentes metabolitos presentes en sus brácteas como compuestos fenólicos (flavonoides y taninos) y compuestos hidrosolubles como alcaloides, saponinas y betalaínas (betacianinas y betaxantinas) (Hernández, P., 2020; Saleem, H., *et al.*, 2020).

La presente investigación está enfocada en determinar el efecto del pH en la coloración de extractos acuosos de brácteas de *Bougainvillea spp* para su posible uso como indicador ácido-base.

ANTECEDENTES

Indicadores ácido-base

Los indicadores de pH son sustancias orgánicas que permiten determinar la característica ácida o básica de otras sustancias, pues reaccionan con ellas, produciendo un cambio de color específico en medio ácido o básico. Los más utilizados son aquellos que se obtienen por síntesis, estos presentan intervalos de viraje bien conocidos y determinados, por ejemplo, rojo y amarillo de metilo, rojo de fenol, fenolftaleína, azul de bromofenol, etc.

También existe otro tipo de indicadores que se pueden obtener de fuentes vegetales, de los que se aprovecha el cambio de viraje que ocurre cuando tienen contacto con sustancias ácidas o básicas. Estos indicadores naturales deben su utilidad a los metabolitos secundarios como las antocianinas, flavonoides, betalaínas, taninos, entre otros (Chavan, H., *et al.*, 2017).

Bougainvillea

Generalidades

Las *Bougainvilleas* son un género de plantas que forma parte de la familia *Nyctaginaceae* y fue descrito y nombrado en 1789 por el botánico francés Philibert Commerson en honor a Louis Antoine de Bougainville, quien la introdujo en Europa desde Brasil. Son nativas de las regiones tropicales de países del sur de América, principalmente de Brasil y Bolivia. Es probable que esta planta haya llegado al Norte de América en 1881 tras ser llevada de Cuba a Florida en los Estados Unidos de Norteamérica y de esta forma haya llegado a México.

Estas plantas se presentan en diferentes colores lo que las hace muy atractivas, además, son de fácil cultivo y florecen durante todo el año, lo que les confiere su valor ornamental. Dentro del género se incluyen árboles, arbustos y bejucos, regularmente con espinas. Las flores de las buganvillas son pequeñas, tubulares, de color amarillo claro o blancas y se encuentran rodeadas por hojas muy coloridas llamadas brácteas, las que se presentan principalmente en color violeta, magenta, rosa, anaranjado, amarillo o blanco (Hernández, P., 2020).

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada por Hernández, P. y sus colaboradores en 2020, existen 17 especies reconocidas y aceptadas de *Bougainvilleas*, sin embargo, se trata de especies poco conocidas, debido a que las buganvillas más comunes son híbridos seleccionados de *Bougainvillea glabra* Choisy y *Bougainvillea spectabilis*.

Usos farmacológicos

Las brácteas de *Bougainvillea* han sido utilizadas para diferentes fines partes, tradicionalmente se emplean para tratar acidez estomacal, tos, dolor de garganta y como antiinflamatorio, antidiarreico y antibacteriano.

Existe evidencia científica de su efecto farmacológico en el tratamiento de algunas de estas afecciones. Su actividad antiulcerosa se ha estudiado a partir de extractos de acetona, etanol y agua en dosis de 200 y 400 mg/kg, empleando omeprazol como control positivo. Los resultados evidenciaron una actividad antiulcerosa significativa También, su potencial antidiarreico se ha comprobado en diferentes estudios en modelos animales, utilizando extractos hidroalcohólicos y loperamida como control positivo, sin embargo, hace falta evidencia sobre los compuestos responsables de esta actividad y el mecanismo por el que actúan. Por otra parte, la actividad

analgésica, antipirética y antiinflamatoria de las brácteas de *Bougainvillea* se demostró en estudios *in vivo* utilizando como fármacos de referencia con pentazocina e indometacina (Saleem, H., *et al.*, 2020).

Metabolitos secundarios en la *Bougainvillea*

Además de las posibles aplicaciones farmacológicas, otros estudios se han enfocado en los pigmentos que presentan en las brácteas de *Bougainvillea* para sus posibles usos como colorantes naturales en la industria alimentaria. Se han identificado diversos metabolitos responsables de la gama de colores de varias especies de *Bougainvillea*, entre estos se encuentran metabolitos secundarios hidrosolubles como las betalaínas, de las cuales se distinguen dos tipos: betacianinas (responsables de las coloraciones rojo-púrpuras) y betaxantinas (responsables de las coloraciones naranja-amarillas). Además, también se encuentran compuestos fenólicos como flavonoides y taninos que producen coloraciones púrpuras, azules y verdosas. También han sido identificados otros metabolitos como los alcaloides y las saponinas (Hernández, P., 2020; Saleem, H., *et al.*, 2020).

OBJETIVOS

General:

Determinar los valores de pH en los que el extracto de brácteas florales de *Bougainvillea* presenta un cambio en su coloración para que pueda ser utilizado como un indicador ácido-base.

Objetivos específicos:

- Realizar extracciones acuosas de los pigmentos de distintas brácteas de *Bougainvillea spp.*
- Exponer los extractos de *Bougainvillea* obtenidos a todos los valores de pH (1-14).
- Establecer los intervalos de viraje de los extractos de *Bougainvillea spp.*
- Realizar una paleta de colores a partir de los extractos de *Bougainvillea spp* sometidos a diferentes valores de pH (1-14).
- Realizar un análisis de espectrofotometría UV-Vis de los extractos tras la exposición a los diferentes valores pH.

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos

Ácido nítrico, Hidróxido de sodio, agua bidestilada proporcionados por el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca, Estado de México.

Instrumentos

Las brácteas florales se pesaron utilizando una balanza analítica Nimbus, Adam Equipment.

Los extractos fueron centrifugados en un equipo ZEIGEN CEN-6T.

La determinación de los virajes de color de los extractos se realizó con un Colorímetro ColorSnap Match®

Los espectros de absorción de los extractos se determinaron usando un espectrofotómetro UV/vis Biotek® ELx800 y un espectrofotómetro de fibra óptica para luz visible de software abierto GaudiLabs.

Por otra parte, las lecturas de pH se realizaron con un potenciómetro Bante 210.

Recolección del material vegetal

Se recolectaron brácteas florales de Bugambilia de 6 colores diferentes de distintas direcciones dentro de jardines públicos del norte de la Ciudad de México durante los meses de agosto y septiembre de 2022 y que fueron taxonómicamente identificadas como *Bougainvillea aff. peruviana* Humb. & Bonpl, *B. spectabilis* Willd y *B. buttiana* Holttum ex Standl por la Mtra. Beatriz González Hidalgo del Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

Procesamiento del material vegetal

Las brácteas fueron lavadas utilizando agua bidestilada y se deshidrataron a 50 °C durante dos horas y media en un deshidratador de alimentos con sistema de convección de aire caliente SUNIX modelo B08FJ748M6. Las brácteas secas mantuvieron en un lugar oscuro y a 21 °C hasta su uso en el proceso de extracción.

Extracción de pigmentos naturales

Se pesaron 2 g de brácteas deshidratadas y se trituraron con ayuda de un mortero y un molinillo de hierbas; se vertieron en 40 mL de agua bidestilada a 80 °C y se mantuvieron en agitación y temperatura constantes durante 1 h. Posteriormente, se filtró el material vegetal insoluble, se

describieron las características organolépticas del extracto obtenido y se midió el volumen de extracto obtenido.

Realizar dos diluciones de cada extracto obtenido: se tomaron 14 mL del extracto obtenido para constituir la concentración al 5%; se tomaron 7 mL del extracto al 5% y se vertieron en 7 mL de agua bidestilada para obtener una concentración al 2.5%; y se tomaron 7 mL del extracto al 2.5% y se vertieron en 7 mL de agua bidestilada para obtener la concentración al 1.25%

Los extractos, en sus tres concentraciones, se centrifugaron a 3,500 rpm durante 10 minutos. Finalmente, se determinó el valor de pH que presentaron los extractos.

Viraje de los extractos en diferentes valores de pH

Se prepararon disoluciones de HNO₃ o NaOH a diferentes pH (1-14). Se expuso el extracto, en sus tres concentraciones, a cada uno de los diferentes pH. Estas reacciones se realizaron por triplicado.

Se determinó el color que presentaron las muestras tras ser expuestas en medios ácidos y básicos utilizando un colorímetro obtener los valores *red*, *green*, *blue* (RGB) y los códigos de color de cada muestra.

Análisis espectrofotométrico de los extractos

Se realizó una espectroscopía UV/vis de los extractos tras la exposición a los diferentes valores de pH utilizando una longitud de onda de 405 nm. Y se determinaron los cambios en la longitud y amplitud de onda de los espectros azul, rojo y verde obtenidos para cada pH y concentración de extracto mediante un espectrofotómetro de fibra óptica para luz visible.

ACTIVIDADES REALIZADAS

- Recolectar, lavar, deshidratar y triturar flores de *Bougainvillea spp.*
- Extraer pigmentos naturales de flores de *Bougainvillea spp* (moradas, rojas y rosas).
- Caracterizar organolépticamente (color, olor, apariencia, etc.) los extractos obtenidos.
- Preparar buffers de calibración para potenciómetro.
- Calibrar potenciómetros y leer valores de pH de los extractos naturales obtenidos.
- Centrifugar los extractos naturales obtenidos.
- Preparar disoluciones a diferentes pH (1-6) utilizando ácido nítrico.

- Preparar disoluciones a diferentes pH (7-14) utilizando hidróxido de sodio.
- Tratar los extractos obtenidos en disoluciones con diferentes pH.
- Analizar por espectrofotometría UV-Vis los extractos sometidos a diferentes valores de pH.
- Analizar por espectrofotometría de fibra óptica los extractos sometidos a diferentes valores de pH.
- Elaborar base de datos con los resultados de los análisis espectrofotométricos de los extractos.
- Etiquetar y almacenar los extractos naturales obtenidos.
- Elaborar inventario de los equipos en resguardo dentro del Lab. de Investigación para la Salud.
- Limpiar y desinfectar congelador Thermo Scientific FFGL 230A20 del Lab. de Investigación para la Salud.

METAS ALCANZADAS






Se lograron obtener seis extractos acuosos de *Bougainvillea spp*, utilizando el equipo de espectrofotometría UV-Vis se realizó su análisis y se construyó una base de datos con los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Extracción de pigmentos naturales

Se obtuvieron seis extractos acuosos de brácteas de *Bougainvillea* con diferentes características, las que se describen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Características de los extractos de *Bougainvillea* spp obtenidos.

Variedad	Características					
	Volumen	Color	Olor	Turbidez	pH	
Morada	22 mL	Morado	Dulce	Ligera	6.71	
Rosa	26 mL	Rojo/guinda	Dulce	Media	5.78	
Roja	27 mL	Rojo	Dulce	Media	5.84	
Fucsia	26 mL	Rosa fuerte	Dulce	Media	6.34	
Amarilla	27 mL	Ámbar	Dulce	Media	5.72	

Blanca	26 mL	Amarillo claro	Dulce	Media	6.54	
--------	-------	----------------	-------	-------	------	---

Viraje de los extractos en diferentes valores de pH

Tras exponer los extractos en tres concentraciones diferentes a disoluciones ácidas y básicas (pH 1-14) se pudieron observar cambios de color evidentes en algunas muestras. Por lo que se determinó el color que presentaron las muestras y sus valores RGB correspondientes.

Tabla 1. Color del extracto de *Bougainvillea sp* (morada) en cada valor de pH.

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A														
RGB	117, 2, 57	157, 2, 67	183, 3, 74	177, 3, 73	182, 5, 77	178, 2, 72	233, 0, 159	243, 0, 167	229, 2, 154	233, 9, 151	233, 0, 159	220, 1, 135	185, 76, 111	158, 149, 101
Código	#750239	#9D0243	#B7034A	#B10349	#B6054D	#B20248	#E9009F	#F300A7	#E5029A	#E90997	#E9009F	#DC0187	#B94C6F	#9E9565
B														
RGB	151, 3, 73	219, 3, 90	215, 3, 89	211, 3, 87	208, 6, 88	211, 3, 87	255, 79, 252	255, 78, 227	253, 75, 229	255, 83, 235	255, 78, 227	253, 75, 229	178, 151, 151	182, 176, 139
Código	#970349	#DB035A	#D70359	#D30357	#D00658	#D30357	#FF4FFC	#FF4EE3	#FD4BE5	#FF53EB	#FF4EE3	#FD4BE5	#B29797	#B6B08B
C														
RGB	214, 4, 104	252, 24, 122	243, 3, 100	239, 3, 99	247, 7, 104	247, 2, 102	255, 137, 255	255, 143, 255	255, 154, 255	255, 137, 255	255, 137, 255	255, 151, 243	227, 194, 188	212, 205, 149
Código	#D60468	#FC187A	#F30364	#EF0363	#F70768	#F70366	#FF89FF	#FF8FFF	#FF9AFF	#FF89FF	#FF89FF	#FF97F3	#E3C2BC	#D4CD95

Tabla 2. Color del extracto de *Bougainvillea sp* (rosa) en cada valor de pH.

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A														
RGB	207, 75, 88	208, 86, 78	212, 65, 65	210, 66, 65	208, 65, 67	203, 68, 70	255, 107, 104	255, 110, 105	255, 73, 77	255, 93, 91	243, 69, 64	239, 69, 67	136, 43, 37	197, 144, 44
Código	#CF4B58	#D0564E	#D54141	#D24241	#D04143	#CB4446	#FF6B68	#FF6E69	#FF494D	#FF5D5B	#F34540	#EF4543	#882B25	#C5902C
B														
RGB	242, 173, 174	255, 212, 197	252, 148, 152	253, 167, 157	252, 149, 159	249, 157, 149	209, 106, 111	214, 102, 107	220, 119, 117	215, 111, 110	211, 102, 100	221, 108, 91	141, 71, 34	205, 164, 67
Código	#F2ADAE	#FFD4C5	#FC9E8E	#FDA79D	#FC9F95	#F99D95	#D16A6F	#D6666B	#DC7775	#D76F6E	#D36A64	#DD6C5B	#8D4722	#CDA443
C														
RGB	234, 196, 192	243, 234, 217	245, 191, 179	248, 192, 182	246, 189, 182	242, 189, 185	255, 203, 199	253, 186, 181	249, 182, 176	219, 166, 157	210, 150, 133	210, 143, 118	165, 125, 75	192, 165, 89

Código	#EAC4C0	#F3EAD9	#F5BFB3	#F8C0B6	#F6BDB6	#F2BDB9	#FFCBC7	#FDBAB5	#F9B6B0	#DBA69D	#D29685	#D28F76	#A57D4B	#C0A559
--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Tabla 3. Color del extracto de *Bougainvillea sp* (roja) en cada valor de pH.

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A														
RGB	171, 11, 13	190, 11, 7	201, 9, 4	199, 11, 6	193, 11, 8	208, 18, 9	218, 20, 31	203, 22, 35	176, 12, 17	163, 12, 14	178, 18, 21	180, 12, 15	87, 12, 8	212, 147, 38
Código	#AB0B0D	#BE0B07	#C90904	#C70B06	#C10B08	#D01209	#DA141F	#CB1623	#B00C11	#A30C0E	#B21215	#B40C0F	#570C08	#CA9326
B														
RGB	227, 61, 45	241, 53, 27	234, 51, 21	243, 51, 21	237, 48, 19	247, 54, 26	255, 83, 89	255, 63, 63	240, 46, 42	227, 43, 37	233, 55, 47	231, 47, 40	143, 50, 39	231, 190, 100
Código	#E33D2D	#F1351B	#EA3315	#F33315	#ED3013	#F7361A	#FF5359	#FF3F3F	#F02E2A	#E32B25	#E9372F	#E72F28	#8F3227	#E7BE64
C														
RGB	218, 113, 97	234, 112, 91	239, 110, 86	241, 111, 87	234, 102, 81	237, 111, 91	233, 109, 87	227, 96, 77	214, 85, 71	215, 83, 65	215, 99, 75	215, 80, 61	186, 137, 98	221, 188, 115
Código	#DA7161	#EA705B	#EF6E56	#F16F57	#EA6651	#ED6F5B	#E96D57	#E3604D	#D65547	#D75341	#D7634B	#D7503D	#BA8962	#DDBC73

Tabla 4. Color del extracto de *Bougainvillea sp* (fucsia) en cada valor de pH.

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A														
RGB	180, 14, 50	204, 15, 45	203, 13, 39	200, 17, 40	200, 13, 38	189, 20, 43	239, 18, 57	223, 21, 53	229, 31, 67	223, 56, 77	205, 27, 51	201, 26, 43	98, 12, 19	245, 174, 47
Código	#B40E32	#CC0F2D	#CB0D27	#C81128	#C80D26	#BD142B	#EF1239	#DF1535	#E51F43	#DF384D	#CD1B33	#C91A2B	#620C13	#F5AE2F
B														
RGB	233, 26, 135	244, 60, 120	243, 54, 94	239, 52, 83	242, 54, 89	234, 51, 89	245, 31, 97	240, 31, 87	224, 38, 81	224, 42, 83	242, 42, 81	234, 47, 75	119, 25, 23	249, 200, 56
Código	#E91A87	#F43C78	#F3365E	#EF3453	#F23659	#EA3359	#F51F61	#F01F57	#E02651	#E02A53	#F22A51	#EA2F4B	#771917	#F9C838
C														
RGB	238, 121, 178	253, 171, 197	253, 155, 183	252, 103, 149	251, 103, 151	249, 101, 151	241, 101, 156	243, 82, 140	234, 93, 137	225, 87, 131	223, 68, 106	239, 69, 108	178, 102, 62	255, 232, 109
Código	#EE79B2	#FDABC5	#FD9BB7	#FC6795	#FB6797	#F96597	#F1659C	#F3528C	#EA5D89	#E15783	#DF446A	#EF456C	#B2663E	#FFE86D

Tabla 5. Color del extracto de *Bougainvillea sp* (amarilla) en cada valor de pH

pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A														
RGB	228, 130, 54	226, 132, 55	222, 103, 35	213, 101, 36	221, 107, 38	222, 108, 46	231, 122, 34	232, 119, 29	238, 128, 38	237, 144, 64	242, 144, 57	237, 131, 53	104, 53, 20	231, 122, 34
Código	#E48236	#E28437	#DE6723	#D56524	#DD6B26	#DE6C2E	#E77A22	#E8771D	#EE8026	#ED9040	#F29039	#ED8335	#683514	#E77A22
B														
RGB	251, 204, 146	241, 189, 121	247, 179, 97	247, 175, 87	245, 171, 82	245, 170, 83	254, 179, 78	240, 158, 61	225, 146, 56	227, 165, 85	234, 173, 85	252, 181, 75	112, 62, 21	241, 198, 79
Código	#FBCC92	#F1BD79	#F7B361	#F7AF57	#F5AB52	#F5AA53	#FEB34E	#F09E3D	#E19238	#E3A555	#EAAD55	#FCB54B	#703E15	#F1C64F
C														
RGB	248, 226, 183	251, 230, 179	251, 221, 166	253, 222, 147	246, 208, 141	248, 213, 144	234, 191, 139	237, 191, 128	238, 194, 130	237, 196, 140	223, 185, 133	213, 169, 101	123, 79, 32	187, 152, 74
Código	#F8E2B7	#FBE6B3	#FBDDA6	#FDDE93	#F6D08D	#F8D590	#EABF8B	#EDBF80	#EEC282	#EDC48C	#DFB985	#D5A965	#7B4F20	#BB984A

Tabla 6. Color del extracto de *Bougainvillea sp* (blanca) en cada valor de pH.

pH	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14
A													
RGB	-	-	-	-	-	-	-	-	255, 240, 213	253, 243, 214	255, 241, 208	253, 220, 105	255, 229, 67
Código	-	-	-	-	-	-	-	-	#FFF0D5	#FDF3D6	#FFF1D0	#FDDC69	#FFE543
B													
RGB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	251, 241, 219	255, 245, 205	254, 228, 100	255, 229, 99
Código	-	-	-	-	-	-	-	-	-	#FBF1DB	#FFF5CD	#FEE464	#FFE563
C													
RGB	-	-	-	-	-	-	-	-	254, 237, 214	253, 236, 208	253, 238, 178	255, 239, 121	255, 241, 120
Código	-	-	-	-	-	-	-	-	#FEEDD6	#FDECD0	#FDEEB2	#FFE7F9	#FFF178

Se observa que los extractos de las *Bougainvillea spp* Morada, Rosa, Roja y Fucsia (Tablas 1-4, respectivamente) muestran un viraje notorio solo en pH alcalinos (12, 13 y 14 principalmente) en las tres concentraciones (A, B y C), mientras que en los extractos de *Bougainvillea sp* Amarilla (Tabla 5) el viraje es principalmente a pH 13, en todas las concentraciones.

Finalmente, para las brácteas blancas (Tabla 6), la coloración no pudo ser detectada por el colorímetro debido a la cristalinidad que presentaron las muestras desde pH 1 hasta pH 9 para las concentraciones A y C, mientras que para la concentración B fue desde pH 1 hasta pH 10, sin embargo, a los pH 13 y 14 se pudo notar que el color se intensificó respecto a los presentados en los pH 10-12, en las 3 concentraciones.

De acuerdo con la literatura (Hernández, P., 2020; Saleem, H., *et al.*, 2020), los cambios en la coloración a pH alcalino se deben a la presencia de metabolitos secundarios hidrosolubles como las betalaínas: betacianinas y betaxantinas.

Análisis espectrofotométrico de los extractos

En la Figura 1 se presentan tres gráficos en los que se observa un incremento en la absorbancia correspondiente a los valores de pH en los que se presentó el viraje de color en los extractos de las 6 clases de *Bougainvillea spp* así como una relación entre el incremento de la absorbancia en función de la concentración de las muestras de extracto, particularmente para las brácteas amarillas, fucsia y rosa que presentan los picos de absorbancia más altos en las 3 concentraciones.

Los datos obtenidos a partir del análisis por espectrofotometría de fibra óptica de los extractos permitieron determinar la intensidad de luz que absorben las muestras a diferentes concentraciones de los extractos de *Bougainvillea spp* en 3 áreas del espectro de luz visible: azul (450-485 nm), verde (500-565 nm) y rojo (625-750 nm). Se observa que las muestras de los 6 tipos de brácteas presentan diferentes tendencias a disminuir o incrementar el % de intensidad en función del pH al que las muestras fueron sometidas, sin embargo, en el intervalo de pH en el que se presentó el viraje de color en cada una de las muestras, se observó un cambio drástico en la tendencia de las curvas de cada muestra, según lo que se observa en los gráficos a las

concentraciones 1.25 % (a) y 2.5 % (b). Por otra parte, a mayor concentración el % de intensidad máxima observada en cada extracto es más evidente, por lo que es más simple hallar el valor en el que se observa el viraje, pues a mayor concentración, mayor es la absorbancia de la muestra y por lo tanto los valores de intensidad leídos son menores. Es decir, estas gráficas muestran el efecto de la concentración en las lecturas, sobre los parámetros espectrofotométricos.

En la Figura 2, que corresponde a la zona azul del espectro, se observa que las muestras de brácteas fucsias, rosas y amarillas presentan una tendencia decreciente en el % de intensidad, sin embargo, en el intervalo de pH 12-14 se observa una disminución considerable en la intensidad de estas muestras, mismos valores de pH en los que las muestras presentaron el viraje de color y que es más evidente en la gráfica donde se analizan las muestras concentradas al 5 % (c).

Por otra parte, en la Figura 3, donde se resumen los resultados de la zona verde del espectro, los extractos de brácteas amarillas y fucsias presentaron un decremento progresivo en el % de intensidad en función del incremento del pH, cuando este alcanzó un valor de 7, el decrecimiento fue drástico y se observó un pequeño repunte hasta que la intensidad alcanzó un punto máximo y volvió a decrecer levemente en el intervalo de pH 7-12, a partir de este pH, ambas muestras presentaron un aumento en el % de intensidad y coincidió con el valor de pH en el que se presentó el viraje en ambas muestras. El extracto de brácteas moradas presentó un fenómeno similar, en el intervalo de pH 1-7 el % de intensidad fue aumentando en función del pH, pero en el intervalo de pH 7-12, la intensidad se mantuvo estable hasta que a pH 13 (valor de pH a partir del cual pudo observar el viraje), incrementó súbitamente la intensidad, estos cambios pueden corresponder a la absorbancia de las betalaínas dentro del extracto (Wu, Qiang, *et al.*, 2022).

Finalmente, la Figura 4 que corresponde a los resultados de la zona roja del espectro, los picos de la mayoría de los extractos siguen una tendencia a disminuir lentamente en su porcentaje de intensidad conforme el pH aumenta, excepto por el extracto morado, que se mantiene entre el 20 y 40 % hasta el pH 6 a partir del cual aumenta su intensidad drásticamente. Es en los pH más básicos 12-14 donde las muestras presentaron los virajes más notorios.

Los resultados obtenidos de los análisis de espectrofotometría UV-Vis se ven confirmados y respaldados con los cambios de color que se observaron a simple vista de los extractos y con el posterior análisis de los colores que presentaron cada uno.

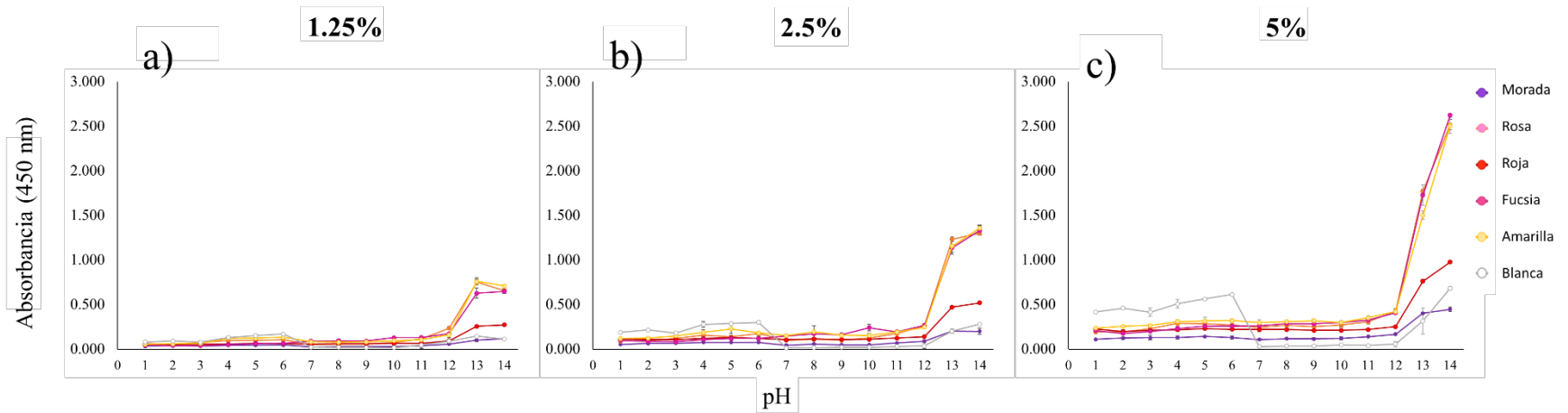


Figura 1. Absorbancias promedio a 405 de los extractos de *Bougainvillea spp* en cada valor de pH para cada concentración.

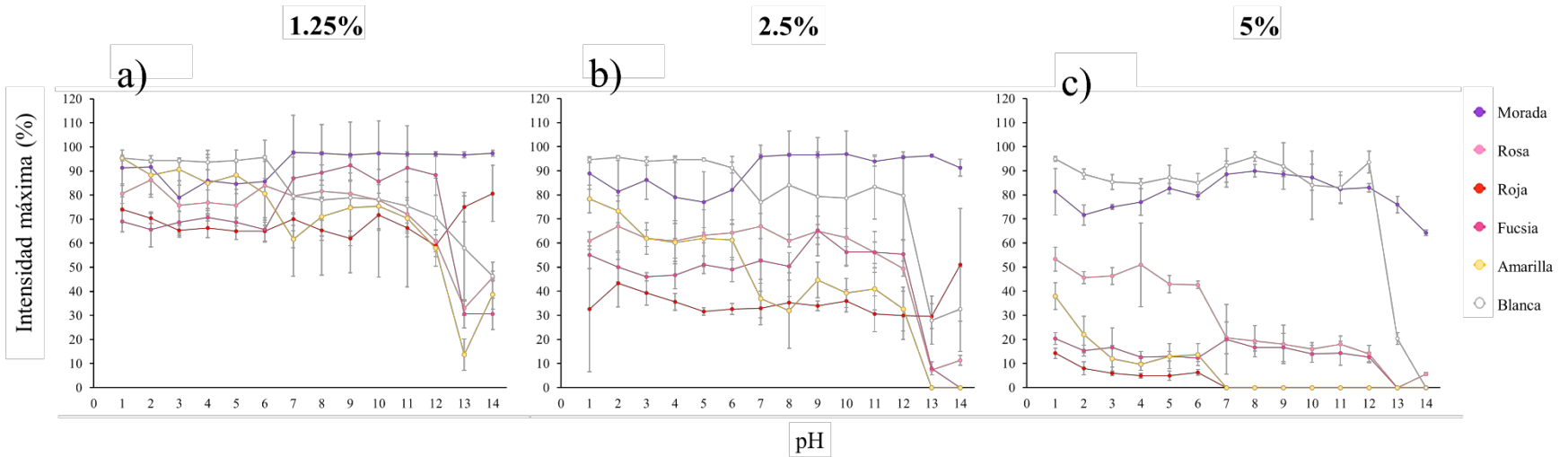


Figura 2. Parámetros obtenidos del análisis espectrofotométrico de fibra óptica (Zona azul) de los extractos de *Bougainvillea spp* en todos los valores de pH para cada concentración.

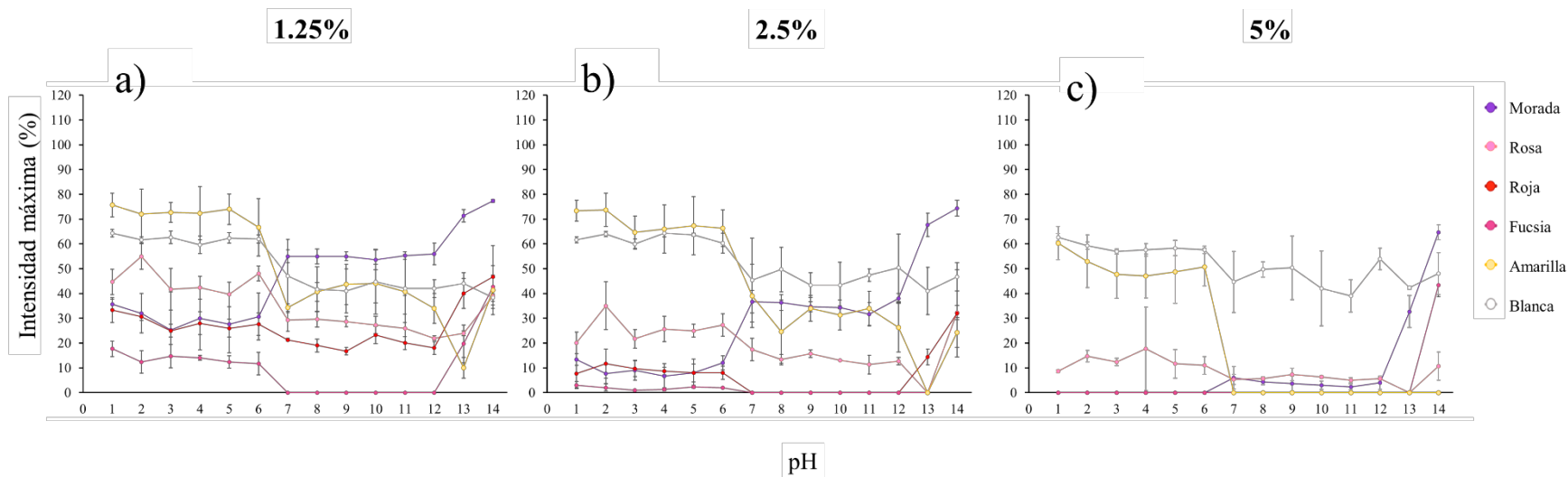


Figura 3. Parámetros obtenidos del análisis espectrofotométrico de fibra óptica (Zona verde) de los extractos de *Bougainvillea spp* en todos los valores de pH para cada concentración.

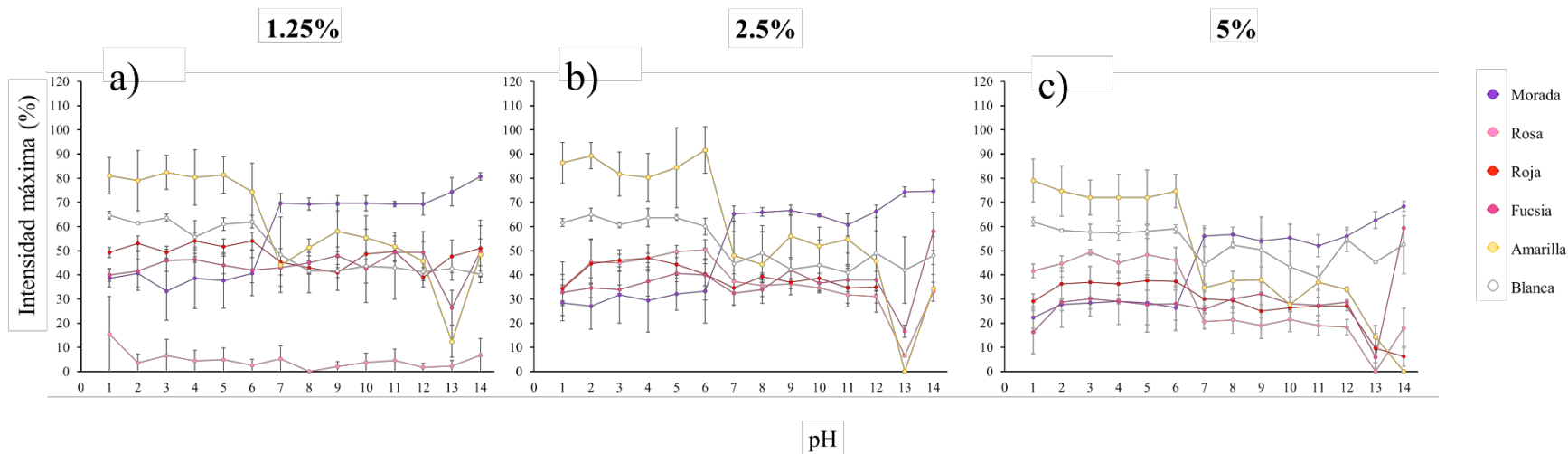


Figura 4. Parámetros obtenidos del análisis espectrofotométrico de fibra óptica (Zona roja) de los extractos de *Bougainvillea spp* en todos los valores de pH para cada concentración.

CONCLUSIONES

- Se obtuvieron extractos acuosos de 6 clases de *Bougainvillea spp* de a partir de 2 g de brácteas en 40 mL de agua (5%) y se realizaron diluciones al 2.5 y 1.25%.
- Se expusieron a los extractos de 6 clases de *Bougainvillea spp* a valores de pH 1-14 para determinar los valores de pH en que ocurre el viraje de color.
- Se estableció que el intervalo de viraje de color es de pH 12 a 14 en los extractos de los 6 tipos de brácteas utilizadas.
- Se establecieron 6 paletas de colores correspondientes a cada tipo de bráctea utilizada para la extracción, en función a la coloración obtenida a partir del tratamiento a diferentes pH.
- Se realizó un análisis espectrofotométrico UV/Vis para determinar el cambio en la absorbancia (nm) de las muestras en función del pH al que las muestras fueron sometidas a distintas concentraciones de extracto de brácteas.
- Se realizó un análisis espectrofotométrico de fibra óptica para determinar el % de intensidad de luz que absorben las 6 muestras de brácteas (a diferentes concentraciones del extracto) en tres zonas del espectro de luz visible (azul, verde y rojo) en función del pH.
- Los resultados obtenidos de la exposición de los extractos a diferentes valores de pH que fueron observados a simple vista, la determinación del color de cada una de las muestras y su análisis por espectrofotometría UV-Vis se ven confirmados y respaldados entre sí y señalan que los virajes de color más evidentes y significativos se dieron en los pH más básicos, desde el pH 12. Estas observaciones son similares a las de otros autores que sugieren que podrían corresponder a cambios en la concentración y estabilidad de las betalaínas en el extracto.
- Según los resultados obtenidos, los extractos de brácteas florales de *Bougainvillea spp* estudiados podrían ser utilizados como un indicador ácido-base, ya que se observó que la mayoría de las muestras presentaron un cambio de color en valores de pH específicos.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas analíticas para determinar los metabolitos secundarios presentes en los extractos de *Bougainvillea spp.*
- Realizar pruebas para determinar la estabilidad de los extractos de *Bougainvillea spp.*
- Comprobar la eficiencia de los extractos de *Bougainvillea spp* como indicadores ácido-base.
- Comparar los extractos de *Bougainvillea spp* frente a otros indicadores ácido-base comerciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijos, J., & Cedeño, R. (2019). Relación del contenido de fenoles totales, flavonoides y la capacidad antioxidante en brácteas de *Bougainvillea glabra* Choisy. Unidad Académica de Ciencias Químicas y de la Salud. Universidad Técnica de Machala. Recuperado 14 de agosto de 2022, de http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14135/1/T-887_ARMIJOS%20AGUILAR%20JUAN%20CARLOS.pdf
- Chavan, H., Shirodkar, P., Dhake, A. S., & Jadhav, A. G. (2017). Natural Indicators as Alternative to Syntheticacid Base Indicators. *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(11), 4078–4082. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1048226>
- Hernández, P. (2020). Bugambilias: muchos colores en pocas especies. *Elementos* 120, 1(1), 43–46. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000005615.pdf>
- Saleem, H., Usman, A., Mahomoodally, M. F., & Ahemad, N. (2020). *Bougainvillea glabra* (Choisy): A comprehensive review on botany, traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicity. *Journal of Ethnopharmacology*, 113356. doi:10.1016/j.jep.2020.113356
- Wu, Qiang & Fu, Xueying & Chen, Zhuo & Wang, Hua-Feng & Wang, Jian & Zhu, Zhixin & Zhu, Guopeng. (2022). Composition, Color Stability and Antioxidant Properties of Betalain-Based Extracts from Bracts of *Bougainvillea*. *Molecules*. 27. 5120. 10.3390/molecules27165120.