

Título de la experiencia

## **EXPERIENCIAS ESCOLARES DE LABORATORIO CON COLORANTES VEGETALES**

Campo temático

### **CIENCIAS EXPERIMENTALES**

Profesores participantes

Antonio Quirante Candel  
Carlos Abrisqueta García  
Vicente Monserrat Delgado  
Antonio Martínez Pujalte  
Antonio Rodríguez Buendía

### **1) Introducción**

El objetivo de esta comunicación es mostrar las posibilidades didácticas que un grupo de colorantes vegetales fácilmente asequibles presentan como material a utilizar en prácticas de laboratorio de Química de E. Secundaria.

El grupo de sustancias utilizado lo constituye la familia de los flavonoides, compuestos de una determinada estructura química que se encuentran ampliamente difundido en el reino vegetal, donde son los responsables en muchos casos de las coloraciones de flores y frutos.

La naturaleza polifenólica(1) confiere a este tipo de compuestos la capacidad de intervenir en diverso tipo de reacciones iónicas en medio acuoso (ácido-base, complejación, precipitación y redox)(2) que los hace especialmente útiles para llevar a cabo en el laboratorio sencillas demostraciones prácticas de los tipos de reacciones anteriormente indicados que cubren una parte apreciable del temario de Química de 2º de bachillerato, así como a otros tipos de actividades de laboratorio adaptadas a cualquier nivel de la materia Física y Química de E. Secundaria.

El núcleo fundamental de los flavonoides(3) lo constituye una cadena básica de 15 átomos de carbono distribuidos en dos grupos bencénicos unidos por una cadena de 3 átomos de carbono formando una cadena C6-C3-C6 en la que el grupo intermedio puede formar un tercer ciclo. La estructura básica y nomenclatura se muestra en la siguiente figura 1

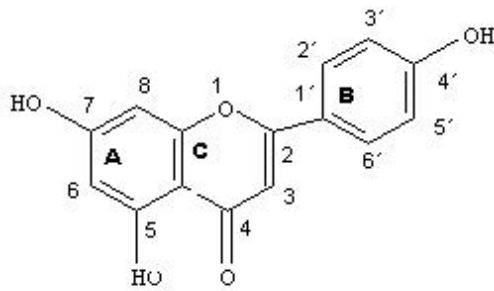


Figura 1. Estructura base de los flavonoides

Ligeras variaciones dentro de esta estructura dan origen a distintas familias de flavonoides conocidas como flavanonas, flavonas, flavonoles y antocianinas (entre otros)(4). Dentro de cada familia la posibilidad de formar compuestos se amplía variando el número y posición de grupos OH y sus correspondientes éteres metálicos y glucosídicos.

Los espectros de absorción ultravioleta-visible muestran en términos generales 2 bandas de absorción una en el ultravioleta lejano (banda II en torno a los 260nm) y otra en el ultravioleta próximo (banda I en torno a los 360 nm)(5) con desplazamientos característicos para cada familia, afectados en menor grado por diferentes sustituyentes. Las reacciones iónicas en las que intervienen los flavonoides dan lugar a variaciones del espectro de absorción que en muchos casos se traducen en cambios de coloración directamente visibles.

En particular el carácter ácido-base de estos compuestos origina un desplazamiento en medio básico de la banda I hacia longitudes de onda más largas. En el caso de las antocianinas este desplazamiento se traduce en los cambios de color del rojo al azul que muestran muchos extractos de flores y frutos al pasar del medio ácido al básico (azul de tornasol). Cuando la banda I se encuentra algo más alejada del visible puede apreciarse en algunos casos un cambio de coloración de incoloro a amarillo.

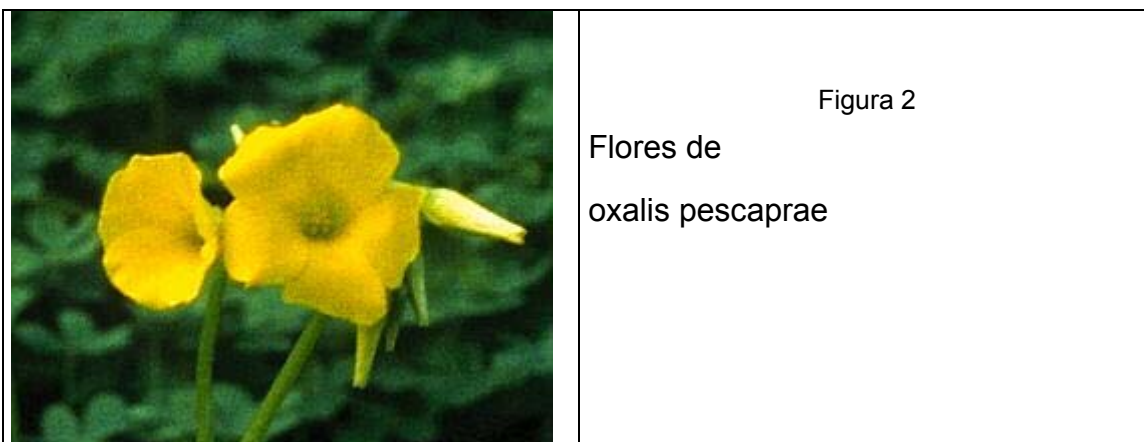
La formación de complejos y precipitados con diferentes iones metálicos también produce desplazamientos del espectro de absorción (y variaciones de color asociadas) características. Las distintas variaciones del espectro asociadas a estas reacciones iónicas se han utilizado como uno de los medios para establecer la estructura química de los flavonoides.

## 2) Actividades a realizar

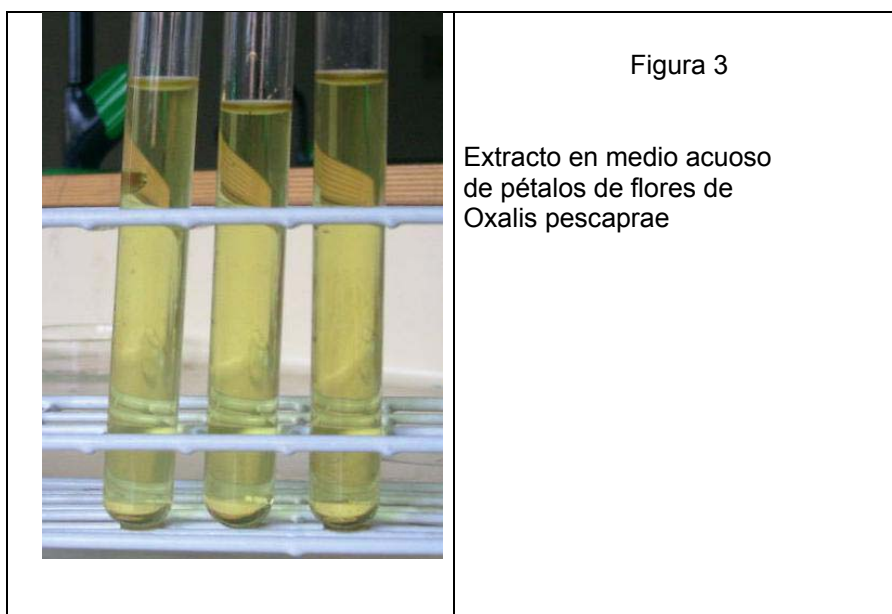
El material de partida para el estudio de distinto tipo de reacciones consiste en extractos en medio ácido acuoso o hidro-alcohólico de diferentes fuentes vegetales de flavonoides (pétalos de flores, pieles y cortezas de frutos) así como determinados productos alimenticios (vino, zumo de frutas y mermeladas). Se requiere el medio ácido para prevenir oxidaciones de los flavonoides a estudiar, muy frecuentes en medio básico.

Como ejemplo concreto de los distintos tipos de reacciones iónicas mostramos a continuación algunas sencillas reacciones a partir de materiales fácilmente asequibles.

El primer extracto a estudiar desde el punto de vista de reacciones iónicas es el extracto en medio alcohol-ácido clorhídrico diluido de pétalos de flores de la especie *oxalis pescaprae* (figura 2) muy abundante en primavera en nuestros campos

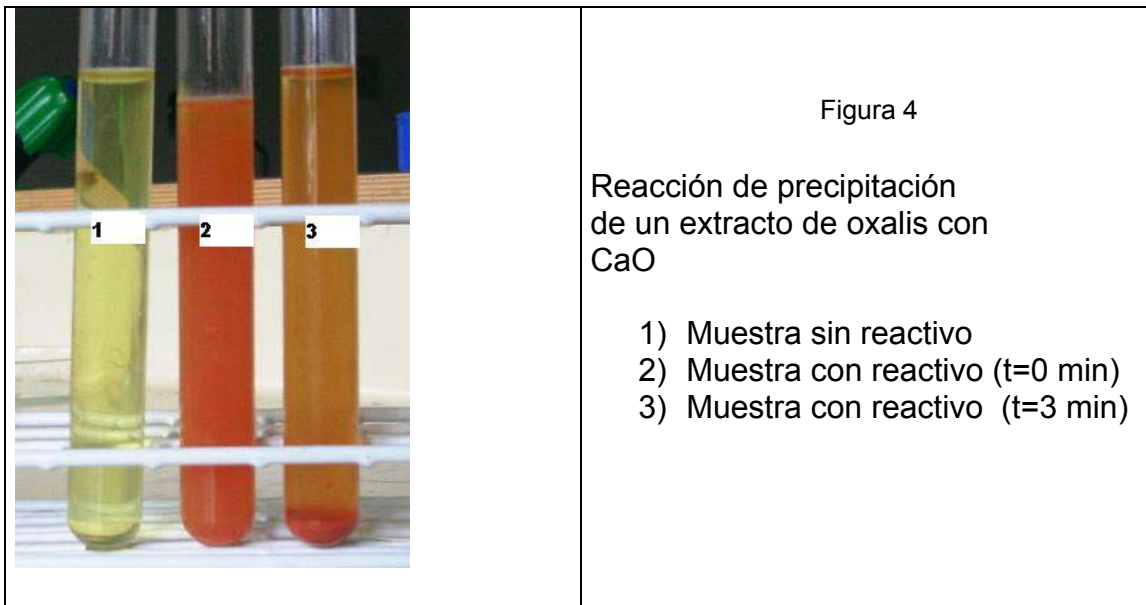


A partir del extracto en medio hidroalcohólico se preparan por dilución en agua tres muestras (figura 3)

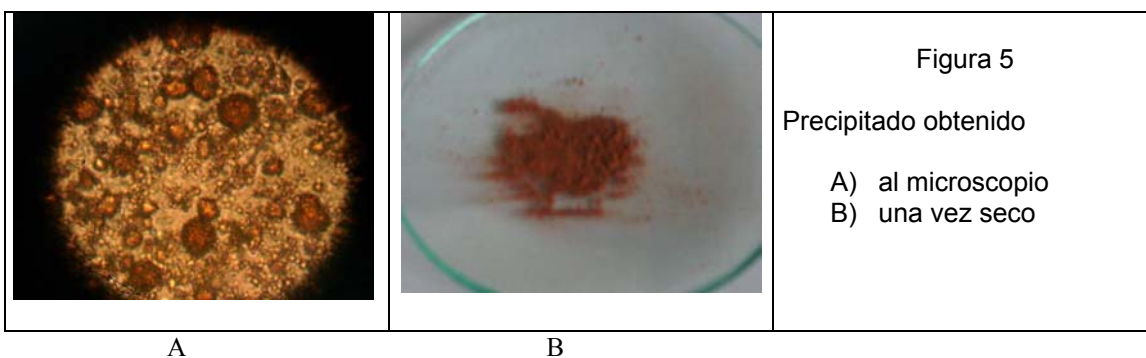


## 2.1 Reacciones de precipitación

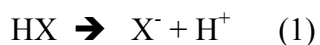
La primera reacción que vamos a mostrar es la precipitación con ion  $\text{Ca}^{+2}$  en medio básico. Para ello añadimos a dos de los tubos que contienen la muestra en tiempos diferentes una pequeña cantidad de  $\text{CaO}$  sólido. Después de agitar y homogeneizar se observa la formación de un precipitado rojo que, con el tiempo se separa en el fondo, tal como se muestra en la figura 4



La figura 5 muestra el precipitado obtenido visto al microscopio (A) y en conjunto después de secado (B)



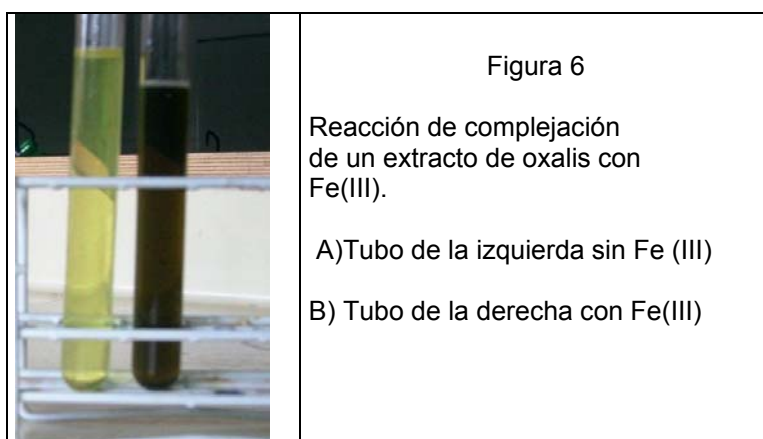
El precipitado rojo obtenido es soluble en medio ácido, volviendo a regenerar en la disolución el color amarillo de la muestra original. Esta reacción puede servir de ejemplo cualitativo de desplazamiento del equilibrio de precipitación de una sal poco soluble de un ácido débil, en la misma forma que en manuales de laboratorio de Química general se utiliza la precipitación de oxalato cálcico. Como en este caso se explica cualitativamente el fenómeno por la existencia de los siguientes equilibrios



donde  $MX(s)$  representa el precipitado,  $M^+$  el ion metálico,  $X^-$  la forma básica del flavonoide y  $HX$  la forma ácida. El precipitado se forma en medio básico mientras que un medio ácido (elevada concentración de  $H^+$ ) provoca un desplazamiento de los dos equilibrios anteriores hacia la izquierda y la disolución del precipitado

## 2.2 Reacciones de complejación

Con otra muestra de extracto de la misma especie puede observarse una reacción de complejación con  $Fe(III)$ , añadiéndole unas gotas de una disolución de cloruro férrico 0,1M. Se forma una coloración oscura muy intensa tal como se muestra en la figura 6

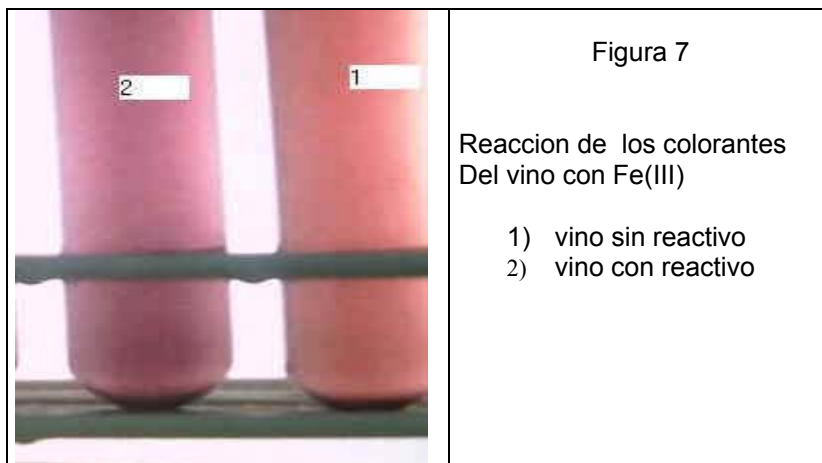


Si al tubo de ensayo que contiene el complejo oscuro de  $Fe(III)$  se le añade ácido se debilita la coloración virando hacia el amarillo inicial lo que pone de manifiesto que este complejo se forma con una especie que forma parte de un sistema ácido-base.

La formación de complejos de  $Fe(III)$  por los polifenoles naturales es un hecho bastante general. Una experiencia muy sencilla demostrativa al respecto consiste en añadir a una muestra de vino tinto unas gotas de  $FeCl_3$  0,1 M. Se produce una variación de color apreciable tal como muestra la figura 7

## 2.3 Reacciones ácido-base

Se ha señalado ya anteriormente que los flavonoides por su carácter polifenólico tienen carácter ácido-base y que las variaciones de pH vienen acompañadas de cambios en su espectro de absorción. Cuando estos cambios entran dentro del espectro visible las sustancias resultan ser indicadores ácido-base. Es el caso de las antocianinas, grupo de flavonoides ampliamente disperso por el reino vegetal, responsables de las coloraciones rojas y azules de gran número de flores y frutos.



El indicador azul de tornasol es un ejemplo de este tipo de compuestos. Como él una extensa variedad de extractos vegetales muestran un color que, en términos generales, varía del rojo en medio ácido al azul en medio básico.

La utilidad más sencilla de los extractos hidroalcohólicos de estas fuentes vegetales consiste en su uso directo como indicadores ácido-base, pasando, en una segunda etapa a la comparación del comportamiento como indicador ácido-base con la de un indicador convencional.

Otra actividad de laboratorio sencilla e interesante consiste en la preparación y uso de papel indicador ácido-base, lo que se consigue sencillamente impregnado de la forma más homogénea posible una hoja de papel de filtro con estos extractos. Una vez seco pueden utilizarse pequeños trozos de este papel para estudiar su comportamiento como indicador ácido-base.

También pueden utilizarse los papeles de filtro impregnados con extractos vegetales para el estudio de las reacciones de complejación y precipitación vistas anteriormente

Las actividades anteriores pueden llevarse a cabo con alumnos de cualquier nivel desde 4º de la ESO a 2º de Bachillerato.

Por otra parte si se dispone de un pHmetro puede estudiarse la variación del color con el pH de una serie de disoluciones al objeto de estudiar las propiedades de viraje del colorante

## 2.4 Estimaciones cuantitativas

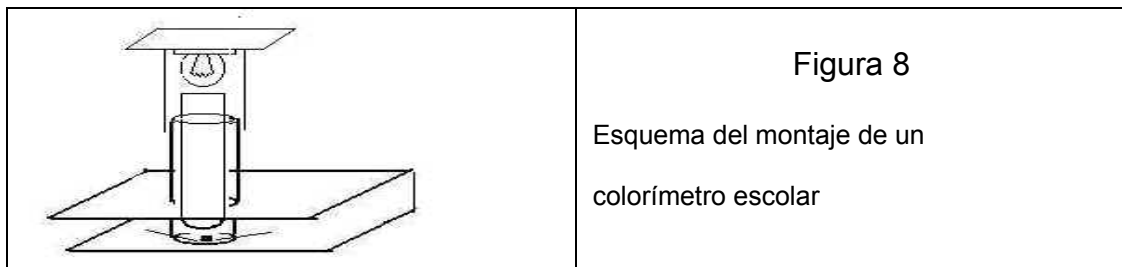
Los cambios de color asociados a reacciones iónicas de los extractos de colorantes vegetales pueden traducirse en datos cuantitativos por apreciación visual directa o mediante sencillos dispositivos eléctricos,

Por apreciación visual directa puede conseguirse una estimación de la relación de concentraciones de una especie coloreada supuestamente única responsable de la

coloración. Para ello basta comparar las alturas de sendos tubos de ensayo que producen la misma sensación visual de intensidad decoloración.

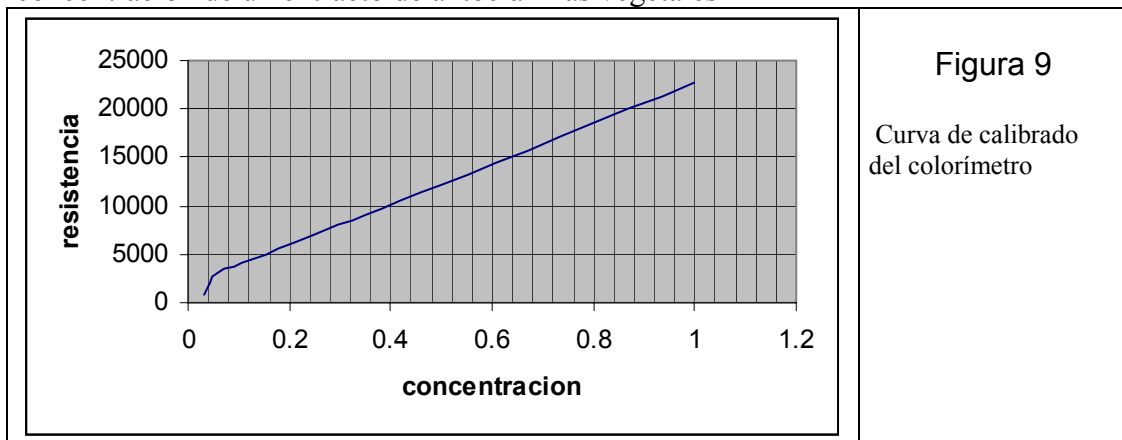
Con ayuda de una fotorresistencia y un polímetro es posible construir sencillos dispositivos para la estimación cuantitativa del color

A) Uno de ellos es un colorímetro escolar cuyo esquema de montaje se muestra en la figura 8.



Consiste en una fotorresistencia situada en la parte inferior de un tubo de ensayo, que contiene la muestra a medir, iluminado en su parte superior con una lámpara. La fotorresistencia se conecta a un polímetro activado en función de ohmímetro relacionando el valor de la resistencia obtenida con la concentración de la muestra.

La figura 9 muestra una curva de calibrado de la resistencia frente a la concentración de un extracto de antocianinas vegetales



B) Para la estimación cuantitativa del color o del grado de absorción de la luz en el caso de reacciones en papel de filtro puede utilizarse el dispositivo que se muestra en la figura 10.

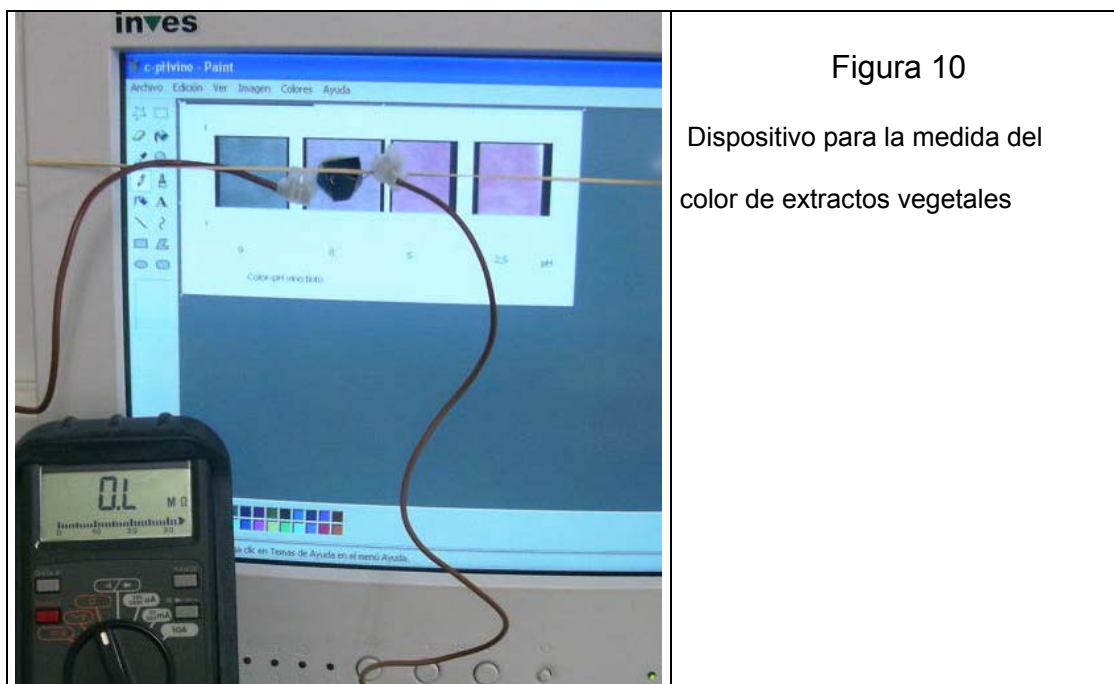


Figura 10

Dispositivo para la medida del color de extractos vegetales

Consiste fundamentalmente en una fotorresistencia iluminada por la luz de la imagen de una muestra en el ordenador. Como en el caso anterior la fotorresistencia se conecta a un ohmímetro y el valor de la resistencia obtenido se relaciona en la forma que se estime conveniente con las condiciones de la reacción a ensayar

#### Referencias bibliográficas

- (1) Kurkin Vladimir A. 1998 The study of the physical-chemical properties of the flavonoids contained 5,8-dihydroxygrouping. . *2nd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-2)*, <http://www.mdpi.org/ecsoc/>
- (2) BOUDET A.C, et al.. 1998. *2nd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-2)*, <http://www.mdpi.org/ecsoc/>
- (3) **Alejandro Martínez M, 2001.** <http://www.indofinechemical.com/flav.htm>
- (4) Markham K.R. 1982, Techniques of flavonoid identification, *Academic Press*
- (5) Bartolomé, E. R. 1987. ; REV. LATINOAMER. QUIM. 18 (1) 6-8