



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE
MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

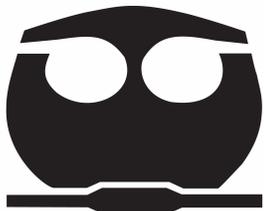
TESIS

**Estudio de carotenos contenidos en el chile mulato,
sus posibles aplicaciones, así como el papel de los
carotenos en la fotosíntesis.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
Químico Farmacéutico Biólogo

Presenta

Ruiz Trejo Juan Carlos



MEXICO, D.F

2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Dr : Federico Alfredo García Jiménez

VOCAL: Dr : Yolanda Caballero Arroyo

SECRETARIO: M. C. : José Manuel Méndez Stivalet

1er. SUPLENTE: Dr : Maria del Carmen Wachter Rodarte

2° SUPLENTE: Profesor: Hermilo Leal Lara

**INSTITUTO DE QUÍMICA , LABORATORIO 2-2 CIRCUITO EXTERIOR
DELEGACIÓN COYOACAN C.P. 04510 UNAM.**

Dr : Federico Alfredo García Jiménez

ASESOR

Juan Carlos Ruiz Trejo

SUSTENTANTE

INDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. OBJETIVOS**
- 3. HIPÓTESIS**
- 4. LOS CAROTENOS**
- 5. LA FOTOSÍNTESIS**
- 6. LA VITAMINA A**
- 7. RADICALES LIBRES**
- 8. ESPECTROFOTOMETRIA**
- 9. HISTORIA DEL CHILE**
- 10. PRINCIPALES VARIEDADES DE *capsicum annuum***
- 11. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**
- 12. RESULTADOS**
- 13. CONCLUSIONES**
- 14. BIBLIOGRAFIA**

1. INTRODUCCIÓN

La fotosíntesis es el proceso en el cual las plantas terrestres y las algas secuestran por procesos químicos la energía de la luz, manteniendo así la vida en nuestro planeta tal como la conocemos hoy en día. Este proceso consiste en la transformación de la materia inorgánica (CO_2 y agua) en materia orgánica siendo el adenosin trifosfato (ATP) la molécula donde queda almacenada la energía, con la cual se podrán sintetizar moléculas orgánicas más grandes y estables.

Gracias a esta capacidad de las plantas de sintetizar materia orgánica partiendo de la luz y de materia inorgánica (CO_2) es como mantiene nuestro planeta el equilibrio biológico ya que a diario se logran fijar en forma de materia orgánica grandes cantidades de carbono inorgánico. Prácticamente todos los organismos heterótrofos dependen de esta conversión ya que la fotosíntesis produce oxígeno y alimento.

En la fotosíntesis la molécula encargada de coleccionar la energía es la clorofila pero se ha descubierto que por si misma no podría obtener la energía suficiente para lograr este proceso y es necesaria la participación de otros pigmentos que son los carotenos.

Los carotenos además de recolectar energía por su estructura química la planta los utiliza para tener un menor estrés producido por radicales libres, cuando hay un exceso de radicales los carotenos mantienen ese equilibrio.

Los carotenos tienen además otras funciones, como la de ser antioxidantes y este papel lo tienen tanto en las plantas como en otros seres vivos como los humanos. Un ejemplo es la vitamina A que tiene un papel importante en la visión.

Un fruto muy consumido en México como el chile que prácticamente se le ha denominado el rey de la comida mexicana aparte de ser un condimento que se encuentra en muchas comidas de los mexicanos no puede faltar en las comidas, también contiene carotenos.

2. OBJETIVOS

1. Identificar los compuestos carotenoides presentes en el chile mulato seco, mediante la espectroscopia en el UV.
2. Destacar la importancia de los carotenos como compuestos antioxidantes en el ser humano y las plantas.
3. Señalar la importancia del consumo de carotenoides en la dieta del humano.

3. HIPÓTESIS

1. Dado que los carotenos tienen una función antioxidante estos adquieren una gran importancia por su presencia y composición en los chiles, que se necesita estudiar con mayor profundidad para resaltar sus funciones y valor nutrimental

4. LOS CAROTENOIDES

Los carotenos son una clase de compuestos y pigmentos presentes en la naturaleza cuya presencia en diversas estructuras de plantas y en gran variedad de animales, algas, hongos y bacterias se ha descrito desde hace décadas y son responsables de los colores no solo de las flores (claveles, rosas orquídea crisantemos, etc) de frutos (jitomates, naranjas, betabel, pimientos, etc.) o para favorecer la polinización y dispersión de semillas, así como dan el color a estructuras de animales como las plumas y picos de algunos pájaros, el exoesqueleto de los crustáceos, el músculo o la piel de algunos peces, por ejemplo la astaxantina además de ser el caroteno más abundante del mundo marino y que se encuentra en el salmón, camarones, y otros mariscos ha exhibido potentes propiedades antioxidantes. Se han considerado compuestos indispensables para la vida fundamentalmente debido a las funciones que llevan a cabo en relación con las plantas y su fotosíntesis como la captación de luz, fotoprotección, disipación de un exceso de energía y desactivación de radicales libres, hasta el punto de que sin ellos la fotosíntesis no se realizaría como hoy en día se conoce Fig. 1 ^[14].

Los carotenos juegan un papel importante en la salud humana, son esenciales para la nutrición ya que poseen una actividad provitamínica A, al actuar como antioxidantes biológicos ya que protegen estructuras celulares como el ADN, los lípidos y proteínas de las membranas celulares de los efectos dañinos de los radicales libres ya que actúan como antioxidantes, por ello son benéficos ya que su presencia podría ayudar a la prevención de enfermedades como el Alzheimer o la enfermedad de Parkinson, aunque existe una controversia en cuanto a estas enfermedades. En cualquier caso las funciones y efectos de estos pigmentos se deben a sus propiedades físico-químicas y su estructura química. Los carotenos importantes y abundantes se componen de un polímero del isopropenilo de alrededor de 40 átomos de carbono y además se destaca por la presencia en la mayoría de ellos de uno o dos anillos de 6 átomos de carbono con o sin grupos carbonilo o hidroxilo, es una estructura que alterna enlaces simples y dobles en su esqueleto, esta particularidad de los enlaces alternados es la responsable de amortiguar el exceso de energía además de ser solubles en grasa (hidrofóbicos) por ello en los humanos se encuentran almacenados en tejido graso y son transportados en la sangre por medio de lipoproteínas, los carotenos que están presentes con mayor frecuencia en el humano son el α y β caroteno, licopeno, luteína, zeaxantina, astaxantina, β -criptoxantina y sus cantidades dependen de la ingesta alimentaria.

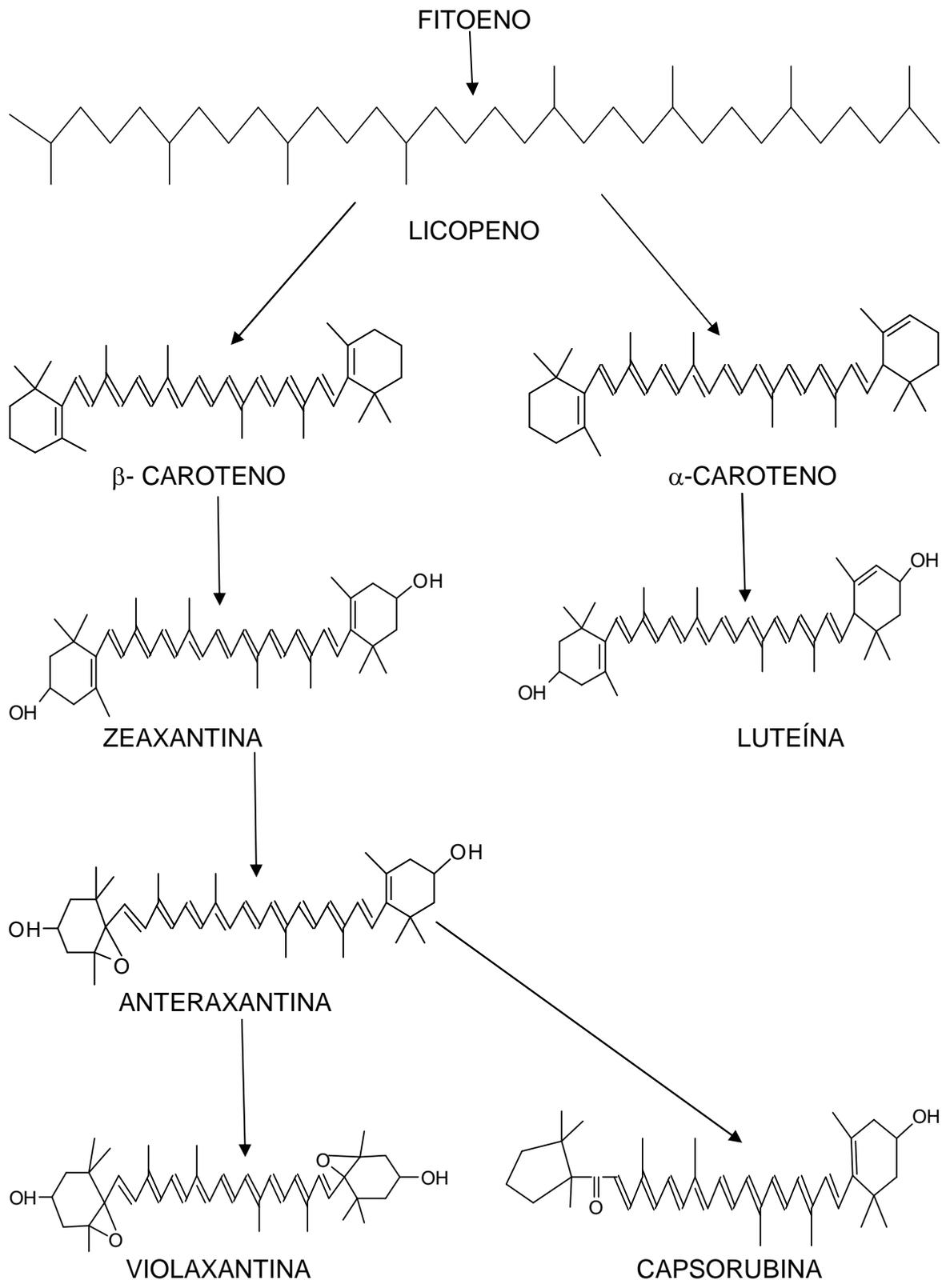
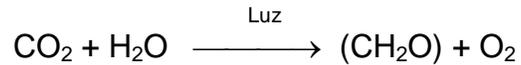


Fig. 1 Esquema de la biosíntesis de carotenoides ^[14] .

5. LA FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis es un proceso que se da en las plantas y cianobacterias que secuestran por procesos químicos la energía de la luz, un proceso conducido por la luz por el cual el CO₂ se fija para generar hidratos de carbono (CH₂O).



Este proceso en el que el CO₂ es reducido y con la participación de H₂O culmina con el desprendimiento de O₂ para generar hidratos de carbono y es esencialmente el inverso del metabolismo oxidativo de los hidratos de carbono. En consecuencia, los hidratos de carbono producidos por fotosíntesis sirven como fuente de energía para el organismo que los produjo y también para otros organismos no fotosintéticos, que en forma directa o indirecta consumen organismos fotosintéticos.

El sitio de la fotosíntesis en los eucariontes (algas y plantas superiores) es el cloroplasto, un miembro de los orgánulos subcelulares membranosos propios de las plantas conocidos como plastidos, los cloroplastos tienen una membrana externa sumamente permeable y una membrana interna casi impermeable separadas por un estrecho espacio íntermembranal.

La membrana interna encierra al estroma, una solución concentrada de enzimas muy similar a la matriz mitocondrial, que también contienen el DNA, el RNA y los ribosomas que participan en la síntesis de varias proteínas del cloroplasto.

El estroma a su vez rodea un tercer compartimento membranoso los tilacoides, Es probable que el tilacoide sea una única vesícula sumamente plegada, aunque en la mayor parte de los organismos parece consistir en apilamientos de sacos con forma de disco llamados granas, que están interconectados por una estroma laminar no empalizada.

Se ha establecido con claridad que el evento primario de la fotosíntesis es la absorción de luz por la clorofila, hay dos tipos de clorofila a y b. La estructura de la clorofila es similar a la del grupo hem de la mioglobina, la hemoglobina y los citocromos porque se basa en el anillo de tetrapirrol de las porfirinas. Los espectros de absorción de las clorofilas a y b, ambas absorben luz en la porción roja y azul del espectro visible (600 a 700 nm y 400 a 500 nm), y la presencia de clorofila de ambos tipos garantiza que se absorban más longitudes de onda del espectro visible que cuando está presente solo una de ellas. Además de la clorofila existe otro grupo de pigmentos que también absorben luz que son los carotenoides, que tienen como característica ser cromatóforos (compuestos que absorben luz).

La excitación de la clorofila requiere que un fotón de energía apropiada incida directamente sobre la molécula del pigmento. Dado que la radiación solar es una fuente de energía relativamente diluida, la incidencia de un fotón exactamente sobre la clorofila del fotosistema es un proceso poco probable. La fotosíntesis difícilmente sería capaz de suministrar energía en cantidades suficientes si no se incrementa la probabilidad de excitar a la clorofila, esa es la función de los “complejos antena”. Estos complejos aumentan el rango de longitudes de onda utilizables para la fotosíntesis ya que están compuestos por varios pigmentos que absorben a diferentes longitudes de onda y si no se tuvieran los fotones de energías intermedias (que corresponden a los colores del amarillo al verde) no se obtendría suficiente energía.

Estos complejos antena están formados por la clorofilas y los carotenos que constan de una red de pigmentos que se ubican en las membranas tilacoides del cloroplasto, en estas membranas están los pigmentos (carotenos y clorofilas) Fig. 2, 3 y 4 y su función de los complejos antena es recolectar la mayor cantidad de energía la cual se va a transferir a un centro de reacción fotosintético. La manera de transportar estos electrones es por medio de las cadenas de los carotenos que al tener enlaces conjugados son los puentes por el cual los electrones llegan a los centros de reacción y sin los carotenos la transferencia de electrones sería muy difícil de realizar.

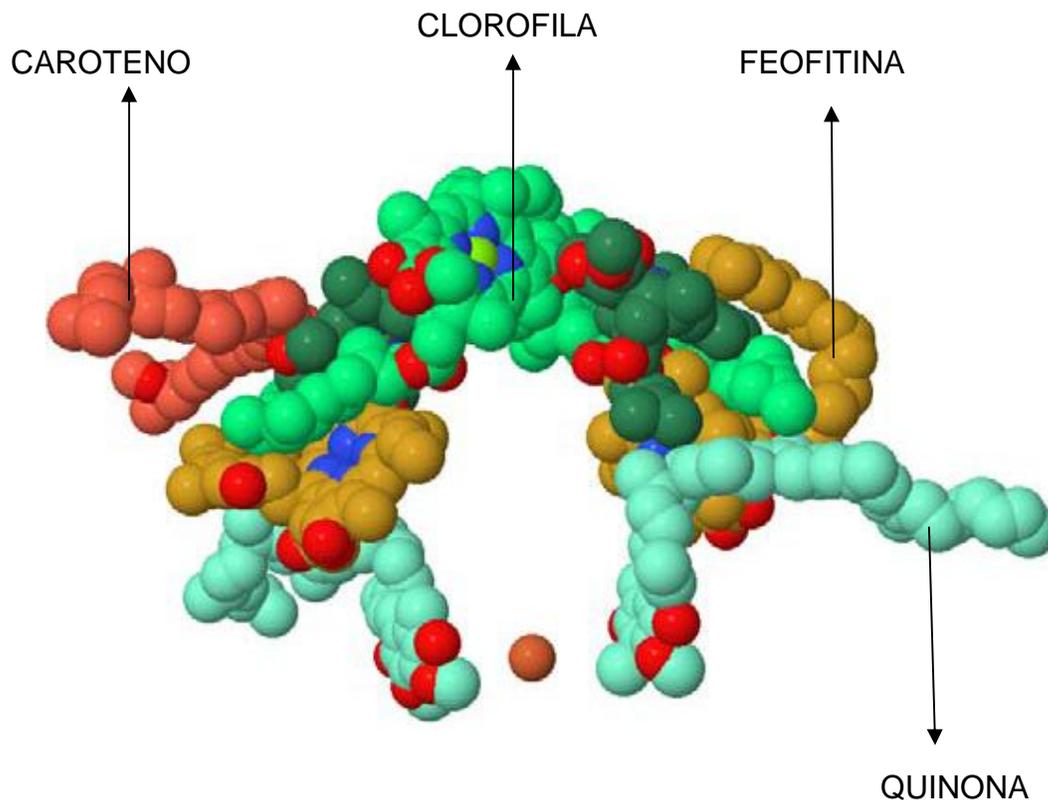


Fig. 2 Fotocentro II

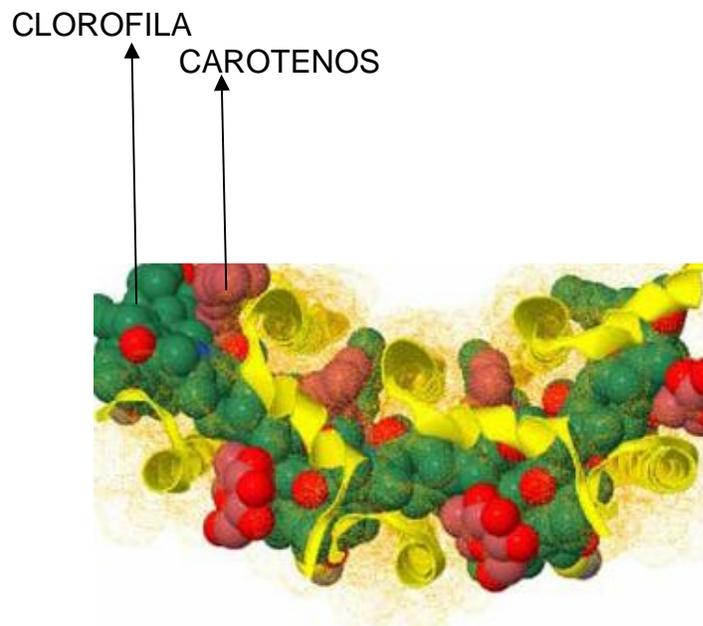


Fig . 3

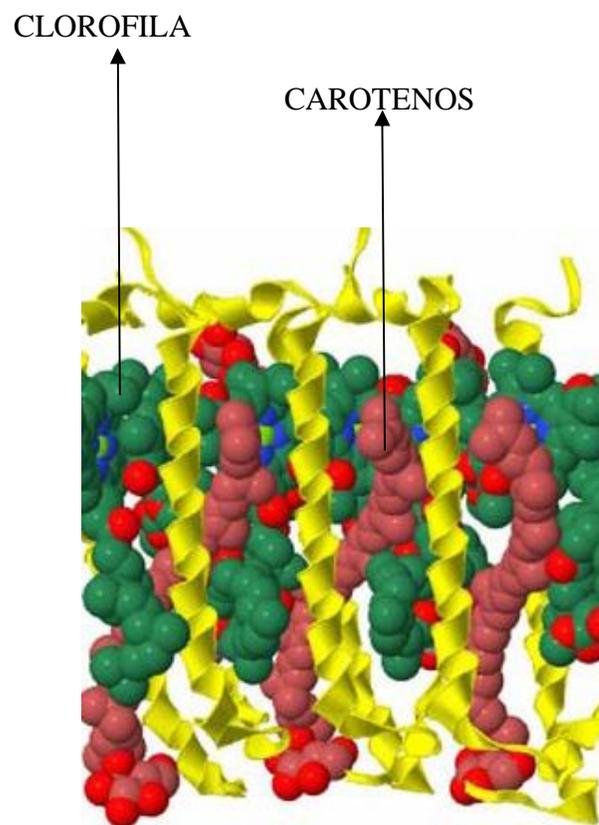


Fig. 4

6. LA VITAMINA A

En Egipto, hacia el año 1500 a. C. se describió por vez primera la ceguera nocturna. Si bien la enfermedad no se relacionó con una deficiencia en la dieta de la vitamina A (aunque en ese momento no se conocía) sin embargo se recomendaba ingerir hígado asado o frito como tratamiento. El descubrimiento de la vitamina A, data de cuando investigaciones en el ganado, indicaban que existían otros factores diferentes a los carbohidratos, proteínas y grasas, que eran necesarios para el mantenimiento de la salud de los animales. En 1913, la vitamina A fue descubierta por Elmer Verner McCollum (1879 – 1967) Marguerite Davis de la Universidad de Wisconsin en 1913 lo llamaron A porque pensaron que era el primer factor (Factor A) en las personas ya que prevenía el ratiqismo consideraron el nombre de la misma en base al descubrimiento previo de un factor soluble en agua factor B (vitamina B), por lo que los investigadores le dieron el nombre de factor liposoluble A (vitamina A) al nuevo factor ^[29, 30].

Una vitamina se define como un compuesto orgánico necesario en la dieta en pequeñas cantidades para mantener la integridad metabólica normal, las deficiencias de las diferentes vitaminas puede conducir a enfermedades, en el caso de la vitamina A, el β - caroteno (Fig. 5) es un caroteno provitamina A dado que se puede obtener retinol (Fig. 6) y retinaldehído (Fig . 7) por acción de la dioxigenasa de caroteno, en el epitelio debe el retinol transformarse a retinol todo-trans (Fig. 6) que se isomeriza hasta 11-cis-retinol (Fig. 8) y se oxida a 11-cis-retinaldehído (Fig. 9) . ^[24, 25]

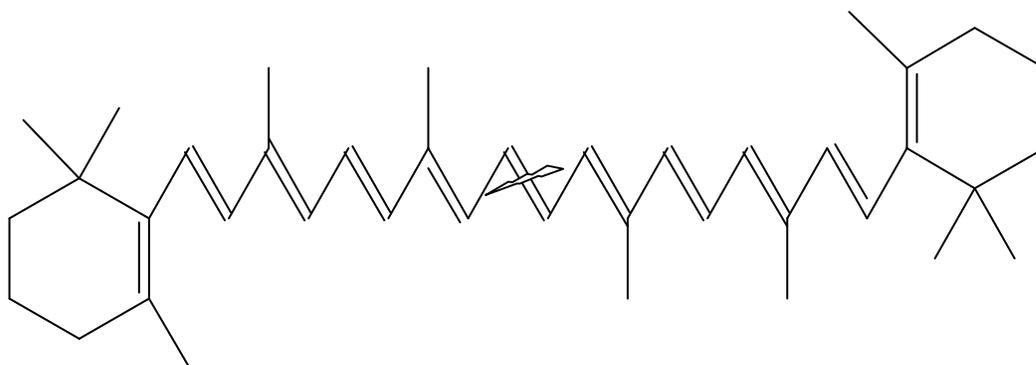


Fig. 5 β - caroteno y el sitio de acción de dioxigenasa de caroteno.()

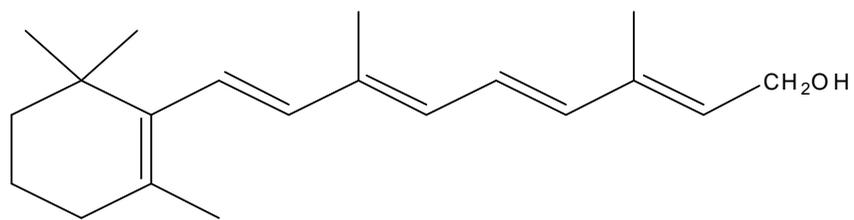


Fig. 6 Retinol

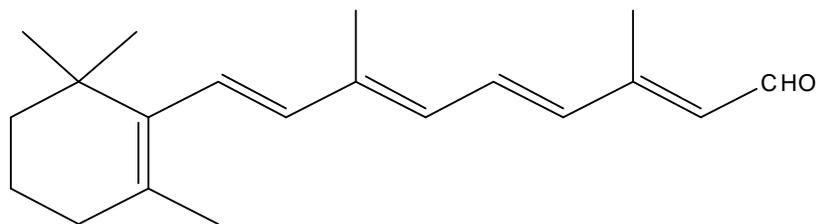


Fig. 7 Retinaldehido

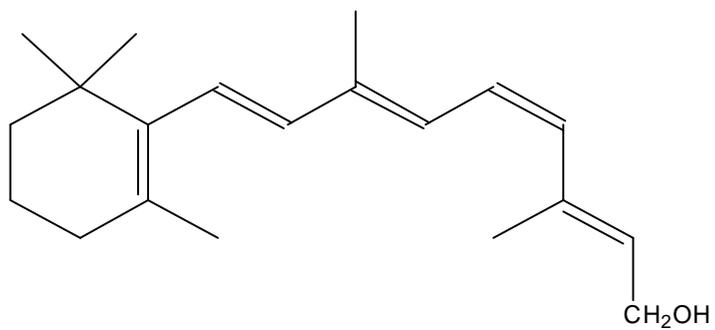


Fig. 8 11-Cis-Retinol

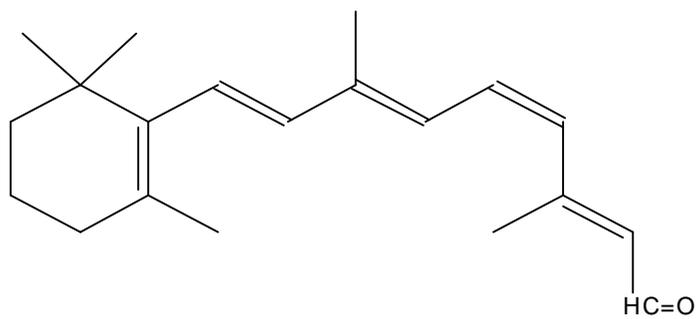


Fig. 9 11-Cis-Retinaldehido

EL OJO HUMANO

El ojo humano es la ventana al exterior , da una visión de nuestro mundo y el ojo así como el mismo humano han evolucionado, el ojo es un órgano que requiere nutrientes de forma continua y utiliza vías metabólicas adecuadas y todas estas actividades se deben realizar sin que interfieran con el proceso visual que depende de ATP a partir del metabolismo aeróbico , el ojo es una extensión del sistema nervioso y al igual que otros tejidos del sistema nervioso central , su combustible metabólico principal es la glucosa.

Las células fotorreceptoras del ojo son los bastones y los conos, cada uno tiene discos aplanados que contienen un pigmento fotorreceptor, este pigmento es la rodopsina en los bastones y yodopsina en los conos. La rodopsina es una proteína transmembranal que se une un grupo prostético, el 11-cis-retinaldehído. Las células sensoriales de la retina reaccionan de forma distinta a la luz y los colores. Los bastones se activan en la oscuridad, y sólo permiten distinguir el negro, el blanco y los distintos grises. Los conos, en cambio funcionan de día y en ambientes iluminados, nos hacen posible la visión de los colores. En el ojo humano hay tres tipos de conos, sensibles a luz de color azul, rojo y verde respectivamente. Cada uno de ellos absorbe la radiación de una determinada porción del espectro gracias a que poseen unos pigmentos llamados opsinas. Las opsinas son unas moléculas que están formadas por una proteína y un derivado de la vitamina A. Mediante las diferentes intensidades de las señales producidas por los 3 tipos de conos, podemos distinguir todos los colores que forman el espectro de luz visible.

Los conos están concentrados en el centro de la retina, mientras que los bastones abundan más en la periferia de la misma. Cada cono está conectado individualmente con el centro visual del cerebro, lo que en la práctica permite distinguir a una distancia de 10 metros dos puntos luminosos separados por sólo un milímetro. Cada ojo humano dispone de 7 millones de conos y 125 millones de bastones (Fig. 10) .

Los bastones son células fotorreceptoras de la retina responsable de la visión en condiciones de baja luminosidad. Presentan una elevada sensibilidad a la luz aunque se saturan en condiciones de mucha luz y no detectan los colores. Se ubican en casi toda la retina exceptuando la fovea (la fovea es una pequeña depresión en la retina , en el centro de la llamada mácula lútea, ocupa un área total un poco mayor de 1 mm cuadrado) . Contienen rodopsina, que es una proteína que presenta una mayor sensibilidad a las longitudes de onda cercanas a 500 nanómetros, es decir, a la luz verde azulada.

Los bastones se conectan en grupo y responden a los estímulos que alcanzan un área general, pero no tienen capacidad para separar los pequeños detalles de la imagen visual. La diferente localización y estructura de estas células conduce a la división del campo visual del ojo en una pequeña región central de gran agudeza y una zona periférica de menor agudeza, pero con gran sensibilidad a la luz.

Así, durante la noche, los objetos se pueden ver por la parte periférica de la retina cuando son invisibles para la fóvea central.

Los bastones son más delgados que los conos, el diámetro de sus segmentos internos es de aproximadamente 2 micras. Los segmentos externos de los bastones están formados por discos membranosos aislados de la membrana plasmática, donde se encuentra la rodopsina. Estos discos están continuamente renovándose. Los discos antiguos se van desplazando hacia la zona del epitelio pigmentario, donde son fagocitados y convertidos en fagosomas durante el ciclo diurno, sobre todo al amanecer. Estas células son muy sensibles, capaces de detectar la energía de un sólo fotón y las responsables por tanto de que sea posible la visión en condiciones de poca luminosidad.

La vitamina A es necesaria para el mantenimiento del tejido epitelial sano. El retinol y / o ácido retinoico son necesarios para evitar la síntesis de moléculas de alto peso molecular de la queratina y el fosfato de retinilo que se requiere para la síntesis de glicoproteínas (un componente importante de la mucosidad segregada por muchos tejidos epiteliales) la falta de secreción de moco lleva a un secado de estas células. La deficiencia de vitamina A puede conducir a la anemia causada por la movilización de deterioro de hierro en el hígado debido a retinol y ácido retinoico que se requiere para la síntesis de la proteína de transferencia de transporte de hierro. Dado que la vitamina A se almacena en el hígado, la deficiencia sólo puede desarrollarse durante periodos prolongados de ingesta inadecuada.^[24]

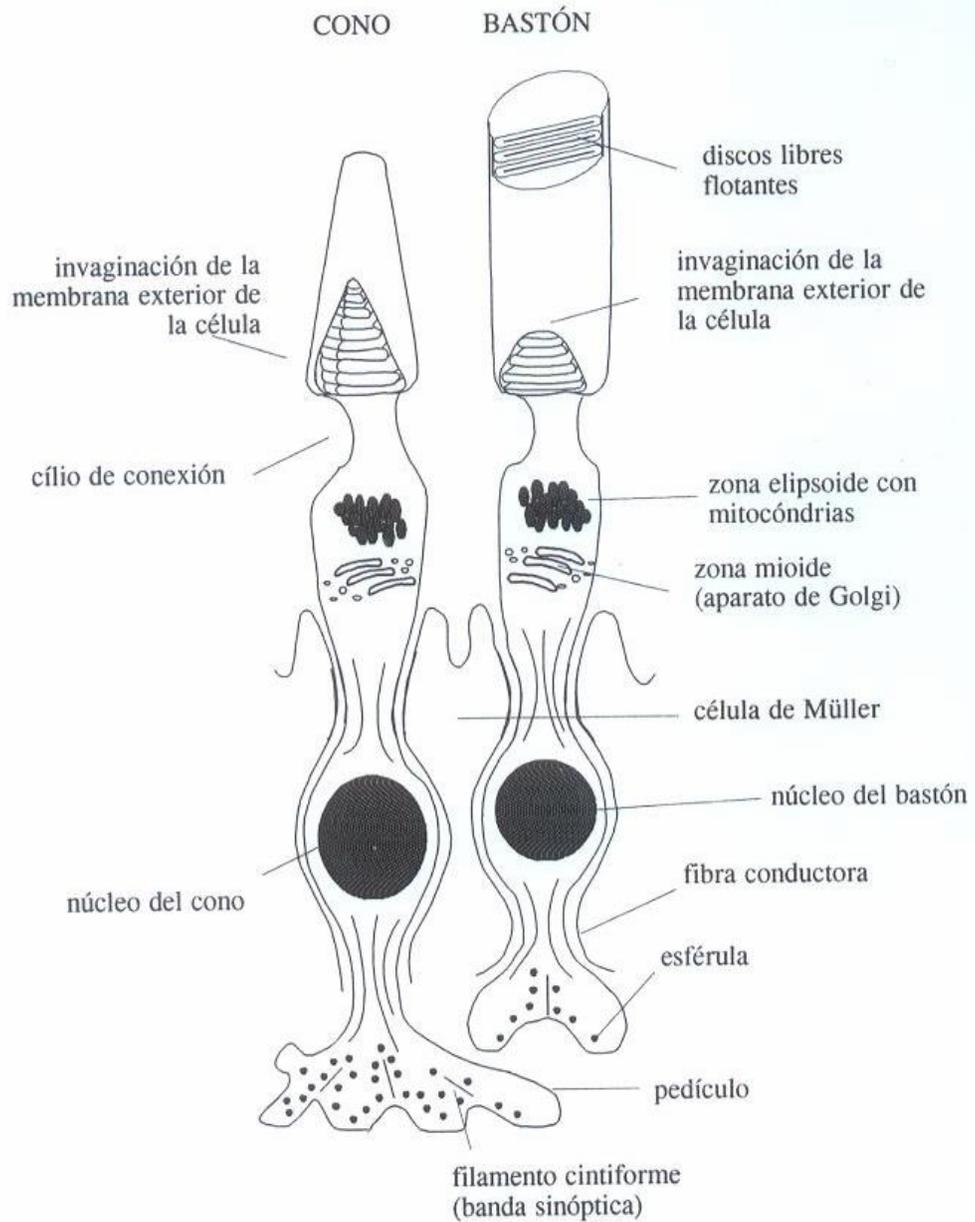


Fig. 10 Composición de los conos y bastones de la retina

7. RADICALES LIBRES

En química, un radical libre es un átomo o grupos de átomos de una especie química (orgánica o inorgánica) que es en general extremadamente inestable que tiene un electrón desapareado con capacidad de aparearse y por tanto tiene un gran poder reactivo. Los seres vivos producen radicales libres pero están regulados en su cantidad y se producen con propósitos específicos por ejemplo con la respiración, cuando se metaboliza el alimento para producir energía, en el sistema inmunológico por medio de los neutrofilos y macrófagos los cuales utilizan cantidades de oxígeno muy altas para producir radicales libres para eliminar a bacterias o virus. Aunque las reacciones químicas con radicales libres se dan constantemente en las células de nuestro cuerpo y son necesarias para la salud, no siempre existe un adecuado equilibrio y en ocasiones el cuerpo tiene que soportar un exceso de radicales que en su mayoría son producidos de manera exterior que penetran en nuestro organismo producto de la contaminación atmosférica por ejemplo, el humo del cigarrillo que contiene hidrocarburos aromáticos polinucleares, así como aldehídos que producen distintos tipos de radicales, el consumo de grasas trans en alimentos fritos, o de las grasas de la carne o la leche, todo esto contribuye al aumento de radicales libres.

Nuestro cuerpo posee una serie de mecanismos biológicos para regular y poder desactivar estos radicales libres y también posee mecanismos para reparar el daño causado por los radicales así como también la renovación celular como las células de la piel o del intestino y ayuda a amortiguar los daños causados ya que en el transcurso de los años pueden provocar una alteración genética sobre las células disminuyendo en algunas ocasiones su funcionalidad ya que en algunas células no se da la renovación como en las células del cerebro o riñón ya que los radicales tienen la capacidad de alterar el ADN, los lípidos y proteínas de las membranas celulares

Por lo tanto es necesario consumir alimentos que contengan antioxidantes como los carotenos que se encuentran en las frutas y verduras, para restablecer los niveles de radicales libres que se tienen en el cuerpo, con ello el tema de buena nutrición toma una gran relevancia.

8. ESPECTROFOTOMETRIA

La espectrofotometría UV-visible es una técnica analítica que permite determinar los compuestos y su concentración en solución, el fundamento de la espectroscopia se debe a la capacidad de las moléculas para absorber radiaciones, entre ellas las radiaciones dentro del espectro UV-visible. Las longitudes de onda de las radiaciones que una molécula puede absorber y la eficiencia con la que se absorben dependen de la estructura atómica y de las condiciones del medio (pH, temperatura, fuerza iónica, constante dieléctrica), aunque diversos factores (como pH, concentración de sales y el disolvente), que alteran la carga de las moléculas y que pueden provocar desplazamientos de los espectros UV, contemplando estos parámetros esta técnica constituye un instrumento para la determinación y caracterización de moléculas . Para hacer este tipo de medidas se emplea un espectrofotómetro, en el que se puede seleccionar la longitud de onda de la luz que pasa por una solución y medir la cantidad de luz absorbida por la misma.

La región UV se define como el rango de longitudes de onda de 195 a 400 nm. Es una región de energía muy alta. Provoca daño al ojo humano así como quemaduras comunes. Los compuestos con dobles enlaces aislados, triples enlaces, enlaces peptídicos, sistemas aromáticos, grupos carbonilos y otros heteroátomos tienen su máxima absorbancia en la región UV, por lo que ésta es muy importante para la determinación cualitativa y cuantitativa de compuestos orgánicos. La fuente de radiación ultravioleta es una lámpara de deuterio.

En la región del visible apreciamos el color de una solución y que corresponde a las longitudes de onda de luz que transmite, no que absorbe. El color que absorbe es el complementario del color que transmite. Por tanto, para realizar mediciones de absorción es necesario utilizar la longitud de onda en la que absorbe luz la solución coloreada. La fuente de radiación visible suele ser una lámpara de tungsteno y nos proporciona suficiente energía por debajo de 320 nm.

La absorción de la radiación ultravioleta o visible provoca la excitación de los enlaces electrónicos en consecuencia los picos de absorción se pueden relacionarse con los tipos de enlace que existen en las moléculas a estudiar , por tanto es un instrumento valioso para la identificación de los grupos funcionales de una molécula, sin embargo presenta una limitación la energía usada (UV) para excitar los electrones también puede provocar cambios vibracionales y rotatorios, aunque no es muy común es posible tener interferencias y puede tener errores que pueden tener un error del 1 al 3 % por lo cual la técnica tiene una incertidumbre muy baja , otra de las ventajas que tiene esta técnica que a pesar de que existen instrumentos sofisticados , es posible obtener resultados aceptables con espectrofotómetros a un costo aceptable.

La técnica esta basada en la teoría de los orbitales moleculares, esta teoría se basa en el enlace que forman dos átomos y los orbitales de cada átomo que se combinan para formar dos orbitales moleculares que pueden ser de alta o baja energía y estos compuestos orgánicos tienen electrones involucrados en orbitales moleculares σ (sigma) (enlaces sencillos C-C), en orbitales moleculares π (pi) (enlace doble C=C) y en electrones no compartidos. Los niveles energéticos de estos orbitales moleculares no son idénticos y cuando irradiamos la muestra con luz UV se producen tránsitos electrónicos desde niveles de menor energía hasta niveles de mayor energía, por ello su espectro de UV de cada una de los compuestos químicos es como una huella digital ya que no importa que tanto se asimilen las moléculas estas siempre tendrán enlaces o átomos que diferencien sus espectros.

Aunque algunas sustancias no se podrán determinar por este método, es posible determinar un gran número de sustancias como son: ácido ascórbico, fructosa, glicerol, ácido l-glutámico, lactosa, galactosa, maltosa, glucosa, rafinosa, d-sorbitol, etanol, ácido acético, etc. En la (fig. 11) tenemos el caso de el naftaleno y el antraceno que son incoloros a diferencia del tetraceno que es de color naranja que a pesar de que las estructuras son muy similares sus espectros de UV son característicos ya sea por la cantidad o localización de los picos o valles, ya que la conjugación de los dobles enlaces en las moléculas tiene un efecto en el desplazamiento de los picos^[27 , 28]

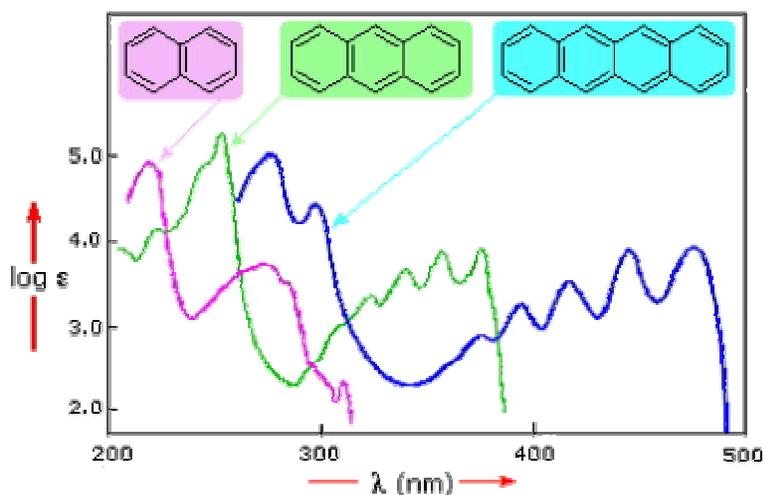


Fig. 11

En color lila esta el naftaleno, en verde esta el antraceno y en azul el tetraceno

9. HISTORIA DEL CHILE

Los chiles fueron domesticados en México. Hace alrededor de 6,000 años, los chiles rojos fueron utilizados en el trópico de Sudamérica como una especia para disfrazar el sabor de la comida blanda o desabrida. Los chiles se llaman Chile en México y Centroamérica y ají en Sudamérica y las Indias Occidentales. Los Chiles son indispensables en la cocina mexicana. Desde la época Prehispánica se cultivaban y consumían, se crearon recetas que hasta nuestros días se utilizan. Los Prehispánicos creían que los Chiles tenían propiedades medicinales y nutritivas, en nuestros días los nutriólogos han confirmado esto. Cristóbal Colón se llevó chiles a Europa donde rápidamente se hicieron populares, en varias lenguas occidentales el capsicum lleva un nombre relacionado con la pimienta, en inglés chili pepper en francés, piment enrage o poiure rouge, en italiano peperone y pimiento picante en portugués. Las variedades de chile, de las cuales hay cientos, usualmente se clasifican como dulces o picantes. Los chiles también varían según su forma, sabor, picante, color y utilización culinaria. El encurtir, moler, asar, secar o congelar los chiles puede influir en el sabor. Todos los pimientos verdes pertenecen al género *Capsicum annum*. Los chiles picantes pueden pertenecer a varios otros géneros. Las variedades C. Chinese habanero y Scotch Bonnet se consideran las más picantes.

Los términos cococ, cocopatic y cocopalatic en náhuatl se utilizaban desde la época prehispánica, para categorizar la gran variedad de chiles según su grado de pungencia: picantes, muy picantes y picantísimos. Hoy día, la diversidad de formas, tamaños y los diferentes sabores picantes de estos peculiares frutos, nos dan la posibilidad de saborear deliciosos platillos como los chiles en nogada, los exquisitos moles y no se diga las salsas. En muchos guisos sencillos o complejos los chiles son ingredientes que no pueden faltar.

Junto con la calabaza, el maíz y el frijol, el chile (*Capsicum annum*) fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica, que es su lugar de origen y donde se considera fue domesticado. La historia del uso prehispánico del chile ha quedado registrada en algunos textos: entre los escritos acerca de las comidas de los mexicas, fray Bernardino de Sahagún reseñó desde los manjares exclusivos del emperador hasta los más modestos bocados de los plebeyos, y en ese abanico de platillos el ingrediente común era el chile. Este producto también figuró entre los tributos fijados por el tlatoani de México antes y durante los primeros tiempos de la Conquista, según se aprecia en el Códice Mendocino. Los tributarios, en su mayoría vasallos, entregaban "cargas" de chile en cestos, tenates, etc., a inspectores oficiales quienes las recibían y depositaban en las bodegas imperiales e incluso, en las épocas de sequía, el chile seco seguía figurando en la lista de los productos almacenados.

En México existen más de 40 variedades de chiles. La diversidad y la riqueza de los platillos preparados con este producto son impresionantes. Desde los típicos y consistentes moles de Puebla, Oaxaca y Yucatán, por hablar sólo de los más conocidos, hasta las refinadas salsas y adobos del estado de México, Guadalajara o San Luis Potosí; la variedad de gustos, sabores e ingredientes que en las cocinas del país se emplean en conjunción con los diferentes chiles, ha permitido el desarrollo de una gastronomía característica, exótica e incitante, de un gusto peculiar y sugerente, que no obstante las transformaciones y las influencias, conserva una tónica particular, debida, justamente, a la variedad de formas y maneras en que en nuestro país se consume el chile.

Todos los chiles son del género *Capsicum* de la familia de las Solanáceas. Los estudios taxonómicos coinciden en que son cinco las especies más cultivadas: *Capsicum baccatum*, *C. chinense*, *C. pubescens*, *C. frutescens* y *C. annum*, de las cuales ésta última es la más importante. *C. annum* agrupa la mayor diversidad de chiles, ya sean cultivados o silvestres.

México destaca a nivel mundial por tener la mayor variabilidad genética de *Capsicum annum*, que ha dado origen a un gran número de variedades o tipos de chiles, el serrano, jalapeño, ancho, pasilla, guajillo y de árbol. Entre los más populares destacan el guajillo o mirasol, el piquín, el de árbol, el serrano, el jalapeño, el poblano, y el chilaca, de los cuales los tres últimos, una vez secados, se denominan chipotle, ancho o mulato y pasilla, respectivamente. El cultivo de *C. annum* se adapta a los diversos climas y tipos de suelo del país, en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2500 m. El chile habanero (*C. chinense*) y el manzano (*C. pubescens*) son originarios de Sudamérica pero en nuestro país son ampliamente conocidos, especialmente en las regiones donde se cultiva: el habanero en Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Tabasco; el manzano, también conocido como ciruelo o perón, sólo prospera en lugares altos que superen los 2000 msnm (*metros sobre el nivel del mar*) como en la Sierra de Puebla, en Veracruz, en Chiapas y en algunas zonas de Michoacán. En algunos estados del país se destinan superficies al cultivo del chile para deshidratarlo principalmente, y en otros se destinan principalmente como producto fresco y encurtido^[32].

Los chiles secos son un componente económico importante para el consumo nacional. Hay estados y regiones productoras, especializadas en la producción de chiles secos en donde el productor ha ido adaptando e innovando a sus condiciones, mecanismos y procesos que le han permitido ofertar una amplia gama de chiles. Esta condición de chiles deshidratados, permite almacenar el producto por varios meses y así buscar mejores oportunidades de mercadeo.

Actualmente también se usa para extraer los pigmentos rojos que se emplea para colorar embutidos, como chorizo y salami, y en la industria avícola se mezcla con los alimentos balanceados para producir huevos con yema de color más rojizo, e incluso en la elaboración de cosméticos.

CLASIFICACION CIENTÍFICA

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Subfamilia	Solanoideae
Tribu	Capsiceae
Genero	Capsicum L.

ESPECIES

Capsicum angulosum Mill.
Capsicum annuum L.
Capsicum pendulum
Capsicum minimum
Capsicum baccatum Buch.-Ham. ex Wall.
Capsicum abbreviatum
Capsicum anomalum Franch. & Sav.
Capsicum breviflorum
Capsicum buforum
Capsicum brasilianum
Capsicum campylopodium
Capsicum cardenasii
Capsicum chacoense
Capsicum chinense
Capsicum chlorocladium
Capsicum ciliatum
Capsicum coccineum
Capsicum cordiforme
Capsicum cornutum
Capsicum dimorphum
Capsicum dusenii
Capsicum exile
Capsicum eximium
Capsicum fasciculatum
Capsicum fastigiatum
Capsicum frutescens
Capsicum flexuosum
Capsicum galapagoensis
Capsicum geminifolium

Capsicum hookerianum
Capsicum lanceolatum
Capsicum leptopodum
Capsicum luteum
Capsicum microcarpum
Capsicum minutiflorum
Capsicum mirabile
Capsicum parvifolium
Capsicum praetermissum
Capsicum pubescens
Capsicum schottianum
Capsicum scolnikianum
Capsicum stramonifolium
Capsicum tetragonum
Capsicum tovarii
Capsicum villosum
Capsicum violaceum

Tabla 1. Clasificación científica del chile y sus especies

10. PRINCIPALES VARIEDADES DE *Capsicum annuum*

Piquín: Es el más pequeño y el más picante. En su época de producción, logra desplazar del mercado a otros tipos de chile. Es el ancestro silvestre de *C. annuum*.

Jalapeño: Tiene gran aceptación en el mercado nacional e internacional. Cuando está maduro se somete a un proceso de secado y ahumado con el que se obtiene el chile que conocemos como chipotle.

Serrano: También se le nombra simplemente chile verde, ya que se consume exclusivamente fresco en salsas y en encurtidos.

Pasilla: Chile fresco, color verde-negruzco, brillante de forma alargada algo plana y retorcida, carnoso, es picante y en ocasiones extremadamente picante, generalmente mide entre 15 y 23 cm de largo y unos 2 o 3 cm de ancho. Cuando se seca se pone negro y se llama Pasilla, la gran mayoría se deja secar. Principalmente se cultiva en los estados de Jalisco, Nayarit y Michoacán. La Chilaca se utiliza principalmente en el centro del país, generalmente se asa y se pela antes de emplearlo. En la Capital es un Chile común, se hace en rajas o se integra picado a muchos guisos. En Michoacán es un Chile muy importante, lo llaman Chile Cuernillo o Chile para deshebrar, este último nombre se debe a que comúnmente lo deshebran, es decir, lo hacen tiras o rajas delgadas: lo utilizan en platillos regionales como la carne de puerco con uchepos (bolitas de masa tipo tamal) o sobre corundas.

OTRAS ESPECIES CULTIVADAS EN MÉXICO

Habanero (*C. chinense*): Se cultiva en Campeche, Quintana Roo y Yucatán donde suele formar parte de ciertos platillos regionales. Es característico por sus colores amarillo, rojo y naranja brillantes.

Manzano (*C. pubescens*): Se le conoce también como perón y ciruelo, es originario de los Andes de América del Sur y en México se cultiva en pequeña escala. Se distingue del resto de los chiles por tener semillas negras. Al igual que el habanero, este chile no se puede secar o deshidratar, por lo que se consume solamente fresco. Sus colores son rojos o amarillos. Se produce sólo en tres localidades ubicadas por encima de los 2000 msnm: la Sierra de Puebla, Veracruz, Chiapas y en algunas regiones de Michoacán.

Chile güero. Nombre genérico que se aplica a cualquier Chile de color amarillo rubio o verde amarillento y largo. En diferentes regiones de México se tienen Chiles güeros totalmente distintos es forma, tamaño, sabor, intensidad de picor y utilización. Entre ellos el Chile caribe, carricillo, trompita, x cat ik y el Chile amarillento para rellenar.

Miradol: Se le conoce como guajillo. Al igual que otras variedades que se consumen secas, son deshidratados en hornos especiales que utilizan diesel como combustible

Chile Guajillo.

Chile seco de color café rojizo, de piel tersa y con forma triangular alargada, mide en promedio unos 10 cm de largo y 3 cm en su parte más ancha. Cuando es fresco el Chile Marisol, es comúnmente usado como Chile seco, ya que fresco su consumo es sumamente bajo, pues casi todo se destina para secar. Este Chile junto con el Chile Ancho son posiblemente los más utilizados en todo el país. Su empleo es en todo tipo de guisos con puerco, pollo, res o cualquier otra carne, es parte de moles, adobos, salsas picantes etc. Casi siempre se usa mezclado con otros Chiles, porque solo no produce una buena salsa. Se distinguen tres variedades de este Chile: Guajillo Ancho, que no es picoso, Guajillo Chico, que es de picor moderado, y el Guajillo Puya, que es muy picoso Fig. 12.



Fig. 12

ESPECIE A ESTUDIAR

Chile poblano.

Chile fresco, carnosos, de tamaño grande, de forma cónica aplanada con algunas ondulaciones, generalmente verde oscuro con piel brillante, aunque algunas variedades pueden ser más claras. No se considera exactamente picoso, tiene sabor definido, en ocasiones puede ser picoso. El Poblano de primera mide en promedio unos 12 cm de largo y 6 cm en su parte más ancha. Es el Chile más utilizado en todo el país y del que más hectáreas se siembra. Este Chile es muy utilizado en las cocinas de los estados del centro del país. Entero es el favorito para rellenar, con el se hace famoso el Chile relleno y los Chiles en Nogada, entre otros. Es muy común hacerlos en rajas con crema y queso, también se añaden a la salsa de jitomate de guisos de carne de puerco. También se muele con crema o salsa blanca para hacer la llamada salsa o crema Poblana que se acostumbra sobre las crepas de Huitlacoche (hongo del elote). Para rellenar este Chile se debe de pelar, por lo general se asa, se pone a sudar en una bolsa de plástico y se le retira la piel, se abre y se sacan las semillas. Este Chile casi siempre se utiliza cuando es de color verde, al madurar torna a color rojo intenso, cuando se deja secar se convierte en el Chile Ancho. El Chile Mulato también se obtiene de una variedad de Chile Poblano que es de verde muy oscuro cuando es fresco. El nombre de este Chile viene de los valles de Puebla que es donde se cree empezaron los primeros cultivos.

MULATO FRESCO



Fig. 13

El chile Mulato fresco es un tipo de chile poblano muy oscuro y por lo general este tipo de chile poblano no sale a la venta cuando es fresco

Fig. 13.

Este es uno de los chiles más importantes para la preparación de los moles, especialmente para el *Mole Poblano*. Aunque físicamente es muy parecido al chile ancho, no se puede sustituir por este pues los sabores son muy diferentes.

El chile mulato fresco al igual que muchos otros chiles, es uno de los tantos que cultivan los productores de chile del estado de Guanajuato, y de los que protegen, a través de el Consejo Estatal de Productores de Chile, Guanajuato, el cual es una asociación de agricultores de dicho estado, que se formó para promover y apoyar la producción de este fruto.

MULATO SECO



Fig. 14

Generalidades

El Chile seco, es de color café negrusco, con forma y color parecido al Chile Ancho, pero diferente, tiene en promedio 12 cm de largo y unos 7 cm de ancho, su sabor es un tanto dulce con sabor ligeramente parecido al Chocolate, algunas veces resulta ser un poco picoso, tiene la piel un tanto gruesa Fig. 14.

Usos

Este es uno de los Chiles más importantes para la preparación de los moles, especialmente para el Mole Poblano.

Aunque físicamente es muy parecido al Chile Ancho, no se puede sustituir por este pues los sabores son muy diferentes.

11. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Los especímenes fueron obtenidos por un distribuidor de la central de abastos de la marca San Lázaro de los cuales se pesaron 376.0 gramos y se colocaron en un matraz de bola 5 litros previamente desvenados y cortados.
2. Se les agregó 3 litros de una mezcla de disolventes de acetona con acetato de etilo 1:1 para realizar la extracción de los carotenos del chile se dejó reposar por un día y posteriormente se realizaron otras 3 extracciones cambiando la mezcla a hexano, acetato de etilo 1:1 vol/vol (esta mezcla se utilizó por tener la polaridad adecuada para la extracción).
3. Esta extracción del matraz que se obtuvo tenía un color café rojizo, a la mezcla obtenida mediante el rotavapor se le eliminó el disolvente a la mezcla de colorantes.
4. Al extracto que contiene estos colorantes se separaron por medio de una cromatografía en columna utilizando como fase estacionaria sílica gel (Kieselgel 60 GF₂₅₄) y como fase móvil una mezcla de hexano : acetato de Etilo 2:1 y 3:1.
5. A estas muestras se les realizó un barrido en el espectro en un rango de 350-500nm en un espectrofotómetro marca Shimadzu mod UV160U (las lecturas fueron a temperatura ambiente) y en el mismo aparato se obtuvieron los datos de la segunda derivada.
6. Con los datos obtenidos se compararon con los datos de la literatura para determinar cada uno de los carotenos existentes en el Chile.

12.RESULTADOS

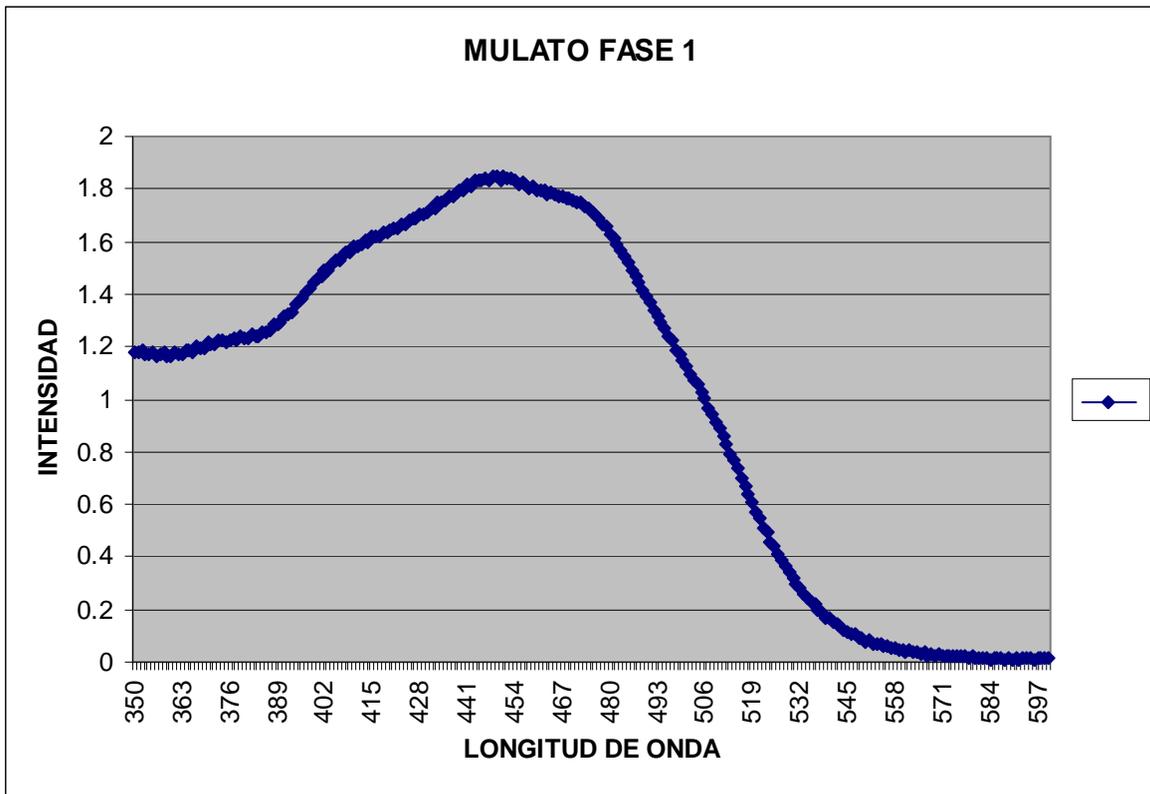
Después de extraer los carotenos por medio de una mezcla de disolventes la cual fue una mezcla de Hexano : Acetato de Etilo 1 : 1 vol/vol se utilizo esta mezcla de disolventes ya que esta mezcla en esta proporción por medio de pruebas es la que tiene una polaridad adecuada para poder extraer los carotenos , hay otras mezclas que se pudieron utilizar por ejemplo la mezcla de disolventes de hexano, etanol, acetona, y tolueno (HEAT) en una proporción 10:6:7:7 vol/vol/vol/vol , pero no se utilizo ya que se puede desproporcionar fácilmente y puede tener efectos secundarios para la salud humana .Después de haber obtenido el extracto de los chiles se procedió a separarlos por medio de una cromatografía en columna utilizando como fase estacionaria silica gel (Kieselgel 60 GF ₂₅₄) y como fase móvil una mezcla de acetato de Etilo : hexano 1:2 , 1 :3 ya que se buscaba separar los pigmentos por medio de su polaridad y por medio de estas dos mezclas se separaron.

En la separación también se obtuvo clorofila pero esta no se ocupo en este trabajo .

Nombre	Absorción descrita	Absorción experimental
1.- β -caroteno	(415),450,469	(420), 450, 470
2.- α -caroteno	422, 445, 473	423, 447, 473
3.- Luteína	421, 445, 474	418, 447, 470
4.- Violaxantina	416, 446, 470	414, 446, 468
5.- Cucurbitaxantina A	412, 430	409, 433
6.- Prolicopeno	414, 436	413, 434
7.- β -caroteno 5,8 epóxido	407, 428, 452	409, 429, 451
8.- Latoxanthina	398, 421, (448)	404, 422, (450)
9.- β -zeacaroteno	403, 427	404, 428

Tabla 2

En la tabla 2 se tienen los máximos descritos (obtenidos de la literatura) ^[6] de los picos y hombros en las graficas de los carotenos en esta tabla se comparan con los máximos obtenidos experimentalmente que en algunos casos tienen diferencias (mínimas) pero en cada caso se explicarán.

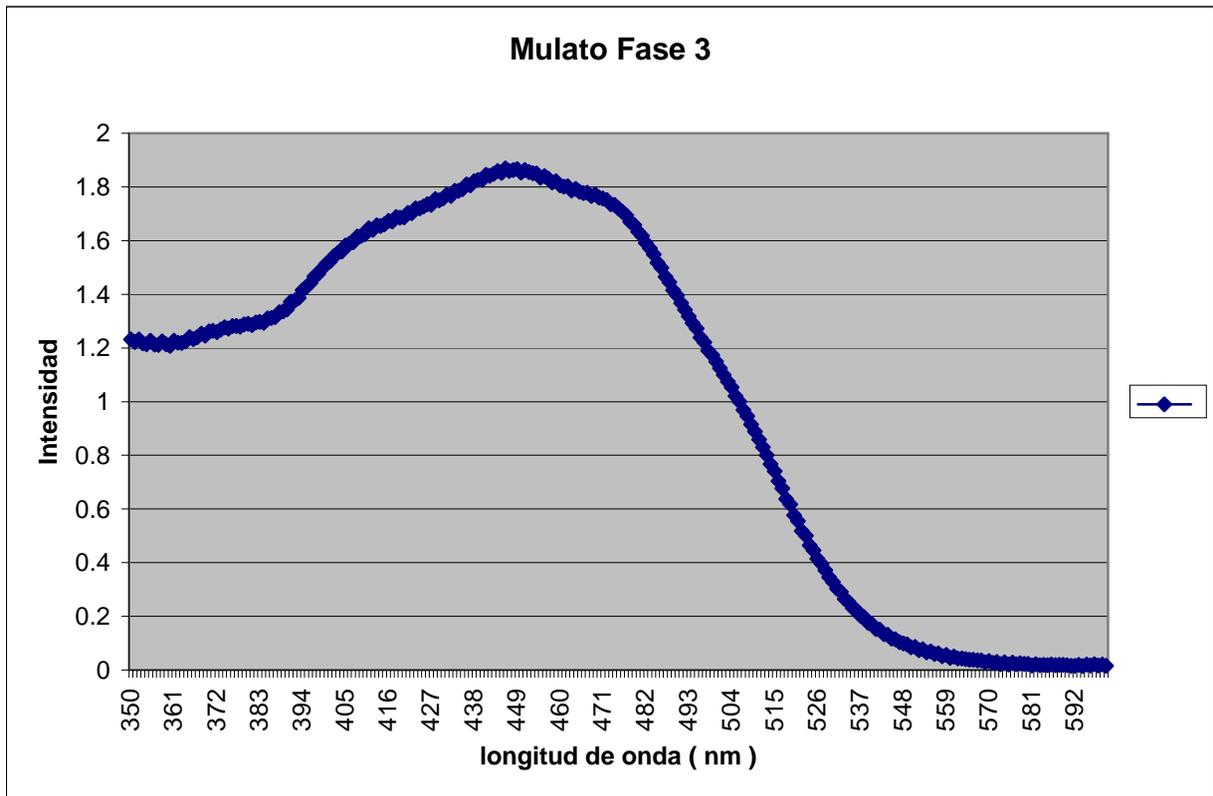


Gráfica 1

En la tabla 2 se tiene el dato 1 que corresponde a la gráfica 1 para el β -caroteno y se tienen los máximos que corresponde a 450 , 470 nm y un hombro el cual es 420 nm la cual está en paréntesis denotando que no es un máximo , y estos datos se comparan con los máximos descritos en la literatura los cuales son 450 , 469 y (415)^[6] que se tienen dos datos prácticamente iguales y a pesar que el dato de 415 es similar pero no igual se debe a que puede tener la muestra alguna impureza la cual hace que el hombro en la grafica no concuerde exactamente con el valor reportado, esto debido a alguna impureza en la muestra o los disolventes .

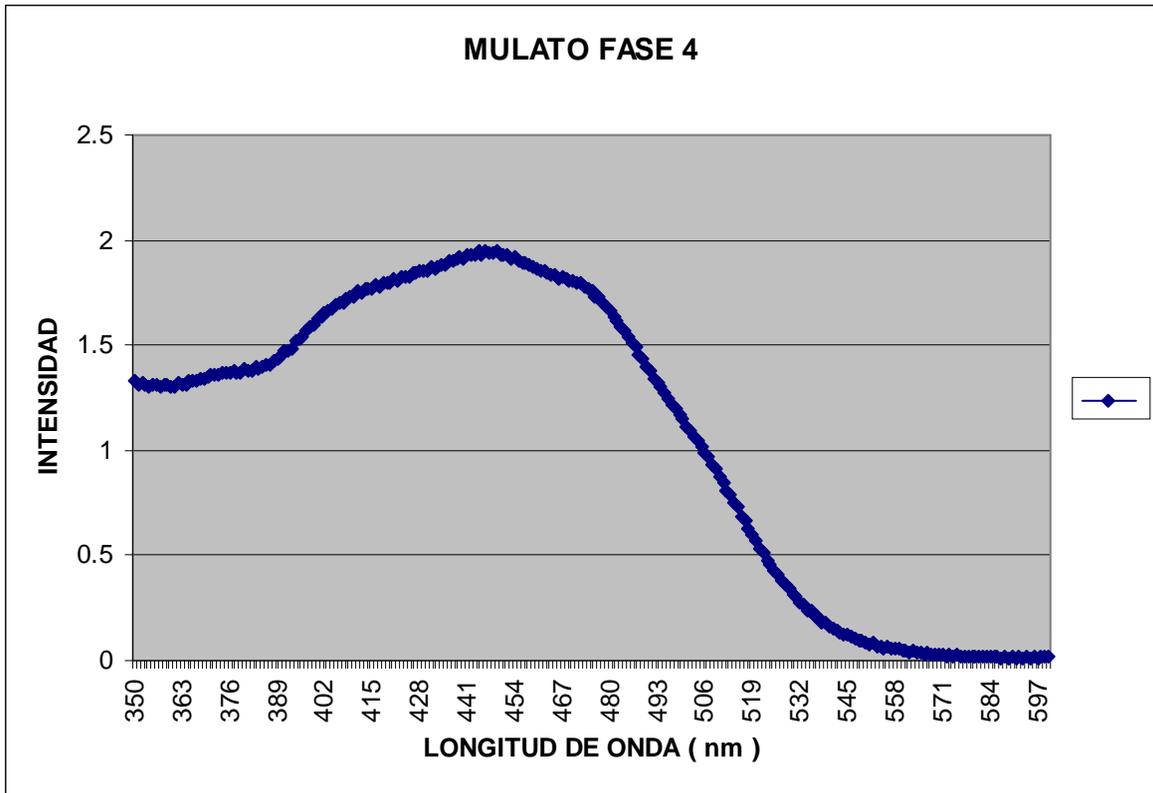
Prácticamente en los nueve carotenos obtenidos su espectro de UV es como una huella digital lo que hace que esta técnica tenga un gran valor para obtener datos confiables ya que cada compuesto tendrá un espectro en particular, en algunos casos este tendrá la misma forma pero los valores de los picos y valles no corresponderán por ello es que en cada una de las muestras se cotejaron los datos experimentales con los datos reportados en la literatura.

Además en el espectro también se obtuvieron los datos de la segunda derivada que sirvieron para determinar máximos que no eran tan evidentes .



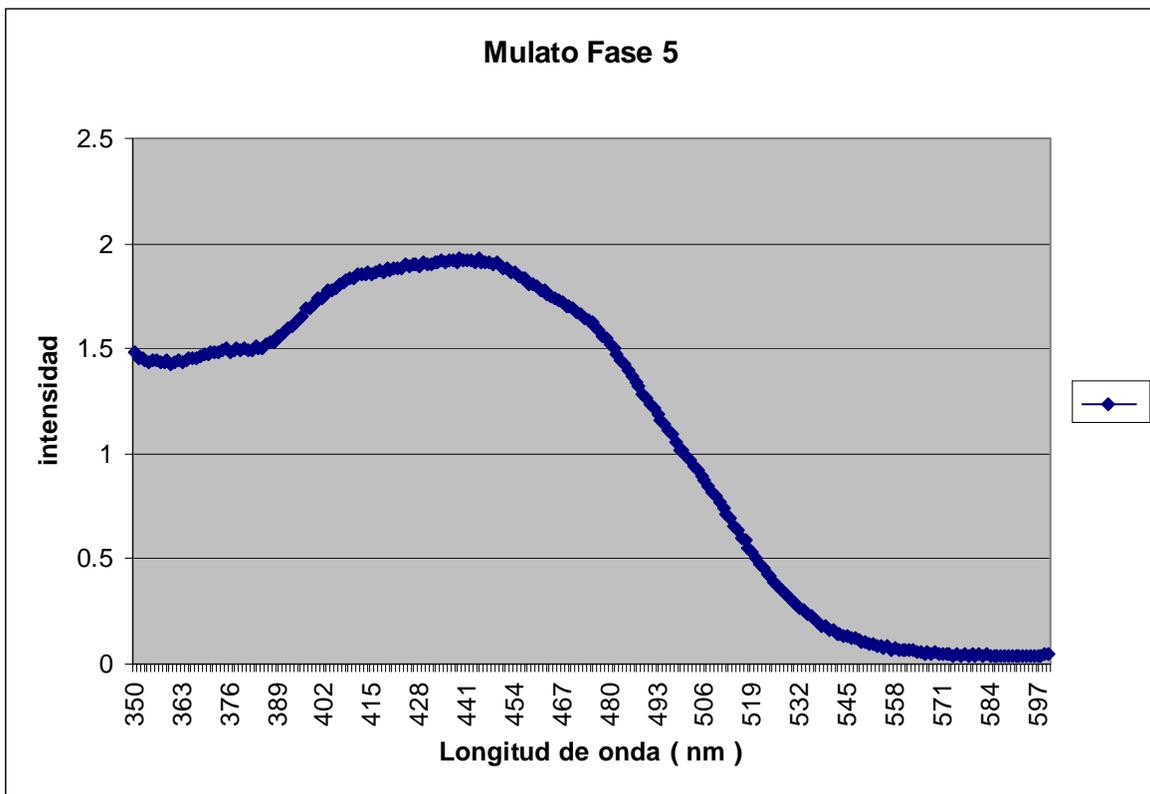
Gráfica 2

En el caso de la gráfica 2 que corresponde a la luteína los máximos reportados son 421,445 y 474 (nm) ^[6] y los máximos encontrados fueron 418, 447 y 470 (nm) de los cuales los datos no empalman exactamente pero esto es por las impurezas que puede haber.



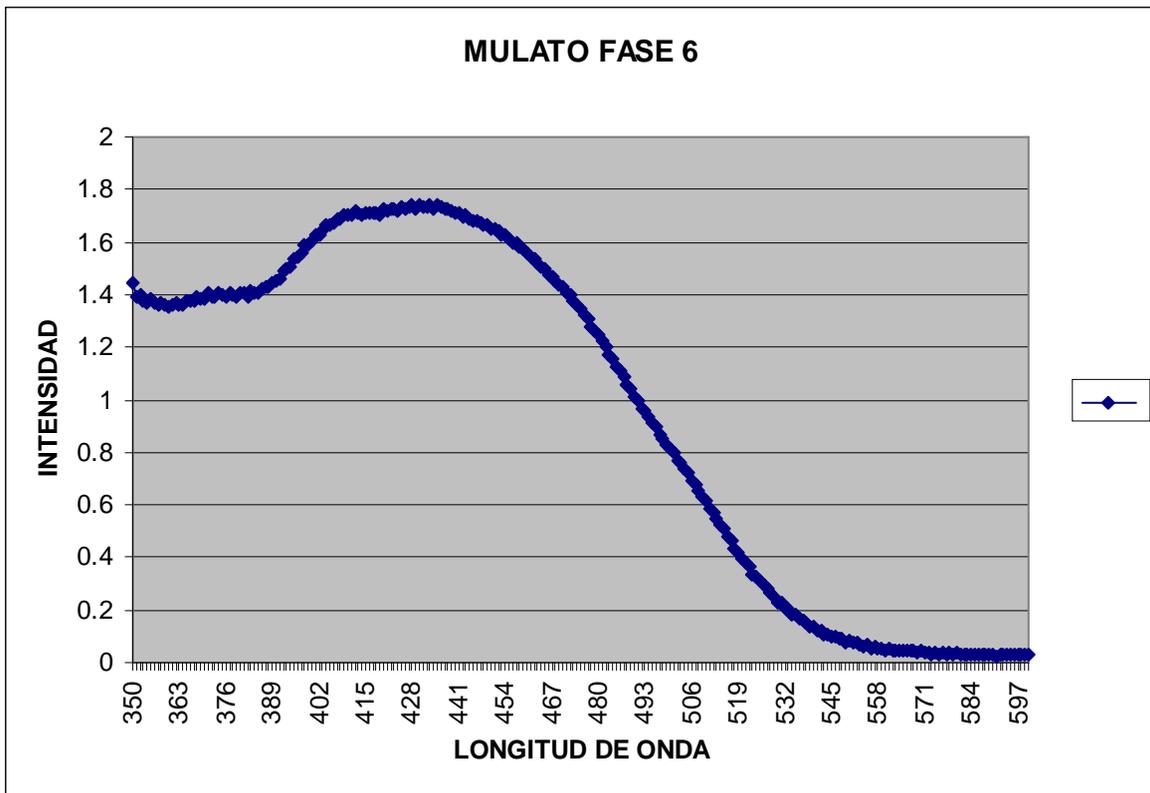
Gráfica 3

En el caso del α -caroteno grafica 3 ,los máximos reportados que son 422, 445, 473 nm^[6] con respecto a los máximos obtenidos que son 423, 447, 473 nm , los datos no tienen una mayor discrepancia y cada una de las gráficas a pesar de ser similares guardan cada una de ellas una diferencia muy perceptible.



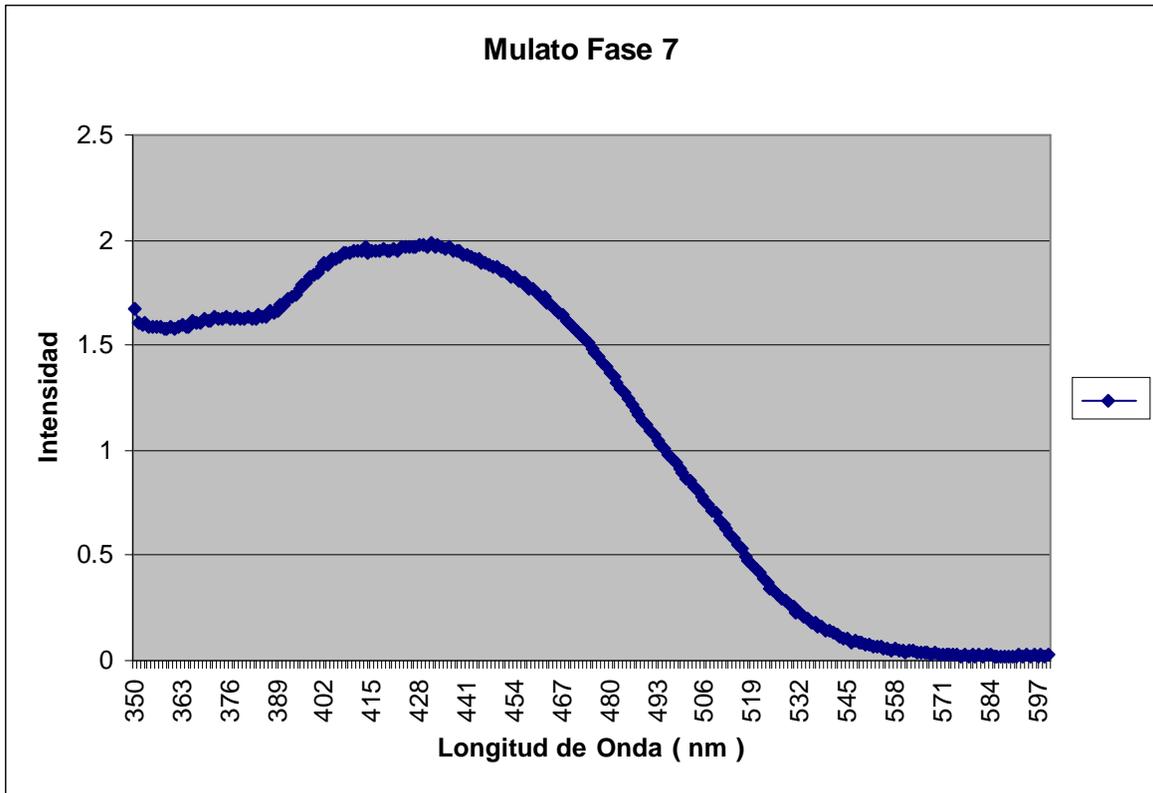
Gráfica 4

En la gráfica 4 se obtuvieron los máximos experimentales que corresponde a la violaxantina que son 414, 446 y 468 , los cuales se compararon con los máximos reportados que son 416,446 y 470 ^[6], con lo cual se tiene una coincidencia muy alta lo cual indica que no se tienen impurezas, por lo tanto esto hace que las lecturas no difieran .



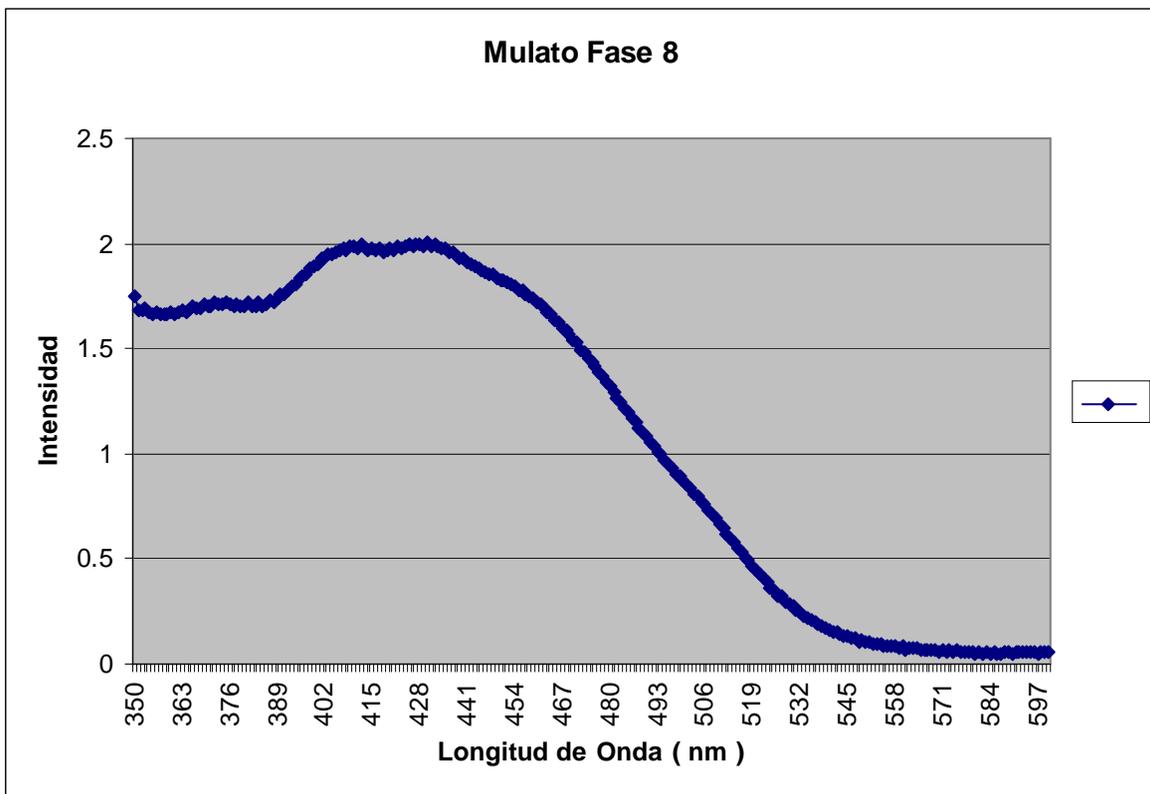
Gráfica 5

En el caso de Cucurbitaxantina A gráfica 5, la grafica presenta dos máximos los cuales son 412 y 430 nm^[6] reportados en el caso de esta muestra los máximos obtenidos fueron 409 y 433, en este caso los dos datos hay un pequeño corrimiento pero como ya se a dicho es provocado por alguna impureza que se tiene aunque no tiene máximos bien definidos si se tiene valores que lo determinan.



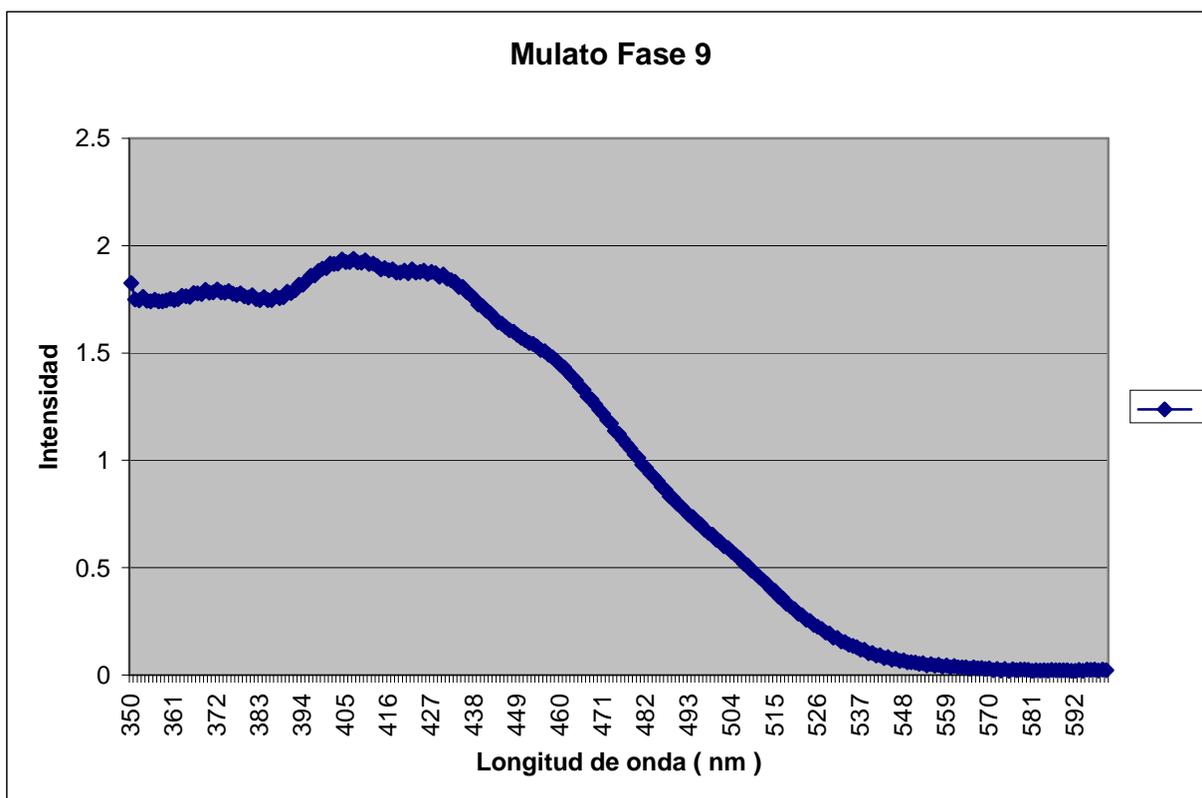
Gráfica 6

En la gráfica 6 que corresponde al caroteno prolicopeno donde se tienen los máximos reportados que corresponde a 414 y 436 nm^[6] que se compararon con los datos obtenidos que son 413 y 434 nm, donde en este caso son iguales lo que permite determinar el pigmento de una forma adecuada.



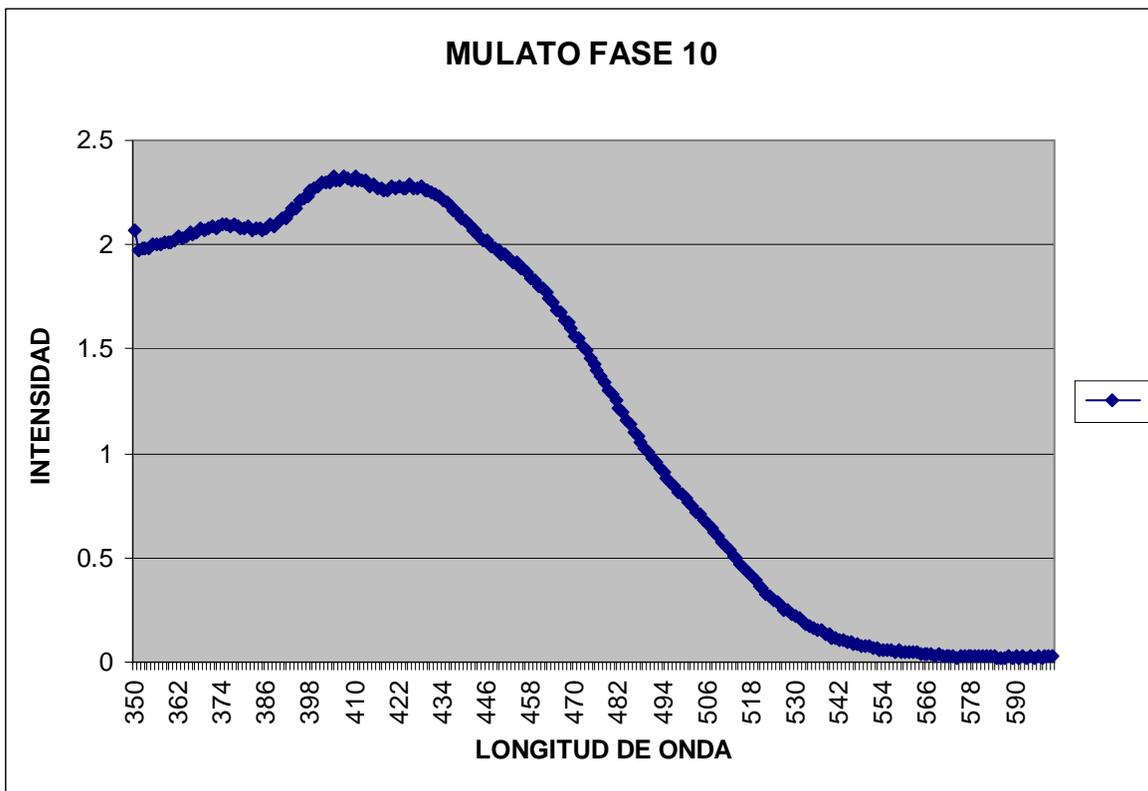
Gráfica 7

En la gráfica 7 que corresponde a β -caroteno 5,8 epóxido que a pesar de tener una gran similitud con el β -caroteno tienen máximos totalmente diferentes mientras que para el β -caroteno los máximos reportados son (415) ,450 y 469 nm en el caso del β -caroteno 5,8 epóxido los máximos reportados son 407,428 y 452^[6] en el caso de los máximos obtenidos son 409,429 y 451 nm , que en este caso los picos también corresponden con lo cual las impurezas no afectaron los datos obtenidos.



Gráfica 8

En el caso de latoxantina gráfica 8, los máximos reportados que son 398,421 y un hombro de (448) ^[6] se compararon con los máximos experimentales los cuales son 404,422 y (450) de los cuales también hay una gran similitud que al igual que en los otros casos las impurezas no interfieren de gran manera lo cual se tiene máximos prácticamente iguales.



Gráfica 9

En el caso del β -zeacaroteno gráfica 9, que es el dato 9 de la tabla 2 es otro de los carotenos que tiene datos prácticamente iguales con lo cual es fácil determinar el caroteno en cuestión, ya que los máximos descritos son 403 y 427 nm^[6] con respecto a los encontrados los cuales son 404 y 428 nm respectivamente.

En el caso de los carotenos que se obtuvieron en este trabajo a pesar de ser muy similares por tener cadenas de carbonos conjugados no fue una limitante para poder identificarlos entre uno y otro o que se tuviera confusión de cual podría ser cada uno de ellos por tener picos similares ya que la técnica de espectrofotometría UV tiene la cualidad de poder determinar cada uno de los carotenos a pesar de su relativa similitud estructural ya que cada molécula tiene un espectro en particular a pesar de tener estructuras muy parecidas estas tendrán un espectro totalmente característico .

13. CONCLUSIONES

1. Al utilizar la mezcla de disolventes Hexano ,Acetato de Etilo en la proporción 1: 1 vol / vol , se pueden extraer los carotenos de chile con una buena eficiencia comparado con la mezcla de disolventes ,Hexano / Etanol/ Acetona / Tolueno (HEAT) en la proporción 10:6:7:7 vol/vol/vol/vol , ya que esta mezcla tiene la desventaja de desproporcionarse muy fácilmente , y además de tener tolueno que es nocivo para la salud.
2. En la extracción de carotenos de chile mulato en este trabajo se encontraron nueve carotenos de los cuales valdría la pena seguir estudiando para determinar si estos nueve carotenos independientemente de las condiciones de cultivo (temperatura, altitud, etc.), son los carotenos que el chile mulato siempre produce y que solo puede cambiar la cantidad por estas condiciones de cultivo.
3. En base a la información recopilada los carotenos son los responsables de los colores de muchos de los seres vivos (animales , frutos y flores) , así como su capacidad antioxidante para evitar daños a nivel celular , y en el caso de la fotosíntesis los carotenos tienen la función de capturar energía de una manera mas eficiente, amortiguar los radicales libres y una de las mas recientes es que al ser una cadena conjugada favorecen el transporte de electrones para que lleguen al centro de reacción de una manera mas eficiente.
4. Los carotenos al ser compuestos con una cadena de átomos conjugados tienen propiedades antioxidantes y de colorantes, lo que los hace valiosos para la industria alimentaría, los emplea en embutidos y en la industria avícola, también son empleados en la industria cosmética como colorantes. Ambas propiedades antioxidantes y colorantes los hacen versátiles en la industria ya que la estructura conjugada les da la capacidad de amortiguar los radicales libres, por ello son tan apreciados en la industria farmacéutica, alimentaría y cosmética.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. **Alicia Marin, Federico Ferreres , Francisco A. Tomas S-Barberan N, and Maria I. Gil** : Characterization and Quantitation of Antioxidant Constituents of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) *J. Agric. Food Chem.*, 52, (2004).
2. **Alison Telfer** : What is b-carotene doing in the photosystem II reaction centre? *Biological sciences* January 14, (2011).
3. **Angela Wai-Man See a, Margaret Clagett-Dame** : The temporal requirement for vitamin A in the developing eye: Mechanism of action in optic fissure closure and new roles for the vitamin in regulating cell proliferation and adhesion in the embryonic retina *Developmental Biology* 325 pp 94–105 (2009).
4. **Antonella Rosa, Monica Deiana, Viviana Casu, Stefania Paccagnini, Giovannil Appendino, Mauro Ballero , and M. Assunta Dessia** : Antioxidant Activity of Capsinoids *J. Agric. Food Chem.*, 50, (2002).
5. **Baranska malgorzata, Baranski malgorzata y Schulz Hartwig y Nothangel Thomas**: tissue-specific accumulation of carotenoids in carrot rotos . *Planta* 224, pp 1028-1037 (2006).
6. **Britton G., Liaaen-Jensen S. Y Pfander H** : “Carotenoids” *Handbook* . (2008).
7. **Cara A. Tracewell and Gary W. Brudvig** : Two Redox-Active β -Carotene Molecules in Photosystem II *Biochemistry*, 42, pp 9127-9136 (2003).
8. **Chao-Ping Hsu, Peter J. Walla, Martin Head-Gordon, and Graham R. Fleming** : The Role of the S1 State of Carotenoids in Photosynthetic Energy Transfer: The Light-Harvesting Complex II of Purple Bacteria *J. Phys. Chem. B*, 105, pp 11016-11025 (2001).

- 9. Davies B.H., Matthews Susan y Kirk T.O.:** The nature and biosynthesis of the carotenoids of different colour varieties of *Capsicum annum* . *Phytochemistry* 9 pp 797 – 805 (1970) .
- 10.Edge Ruth y Truscott George:** Carotenoids Radicals in the interaccion of Carotenoids with Active Oxygen Species pp. 223- 234 Ed. Kluwer Academic Publishers, Holanda, (1999) .
- 11.Enzell Curt :** Biodegradation of Carotenoids – an important route to aroma compounds. *Pure&App. Chem.* 57 pp 693-700 (1985) .
- 12.Eshbaugh Hardy :** Genetic and Systematic Studies of Chilies Peppers *Bulletin of Torrey Botanical Club* . 102, pp 396-403, (1976) .
- 13.Galindo G. H., Martinez O.J., Rosales G.E., y Guevarab .I. :**
La capsaicina, el principio pungente del chile ; su naturaleza , absorción, metabolismo y efectos farmacológicos.*Ciencia* 46 , pp 84-102 , (1995) .
- 14.Harry A. Frank and Gary W. Brudvig :** Redox Functions of Carotenoids in Photosynthesis biochemistry *Volume 43, Number 27 July 13, (2004).*
- 15.Harry A. Frank, Veeradej Chynwat, Rue1 Z. B. Desamero, Roya Farhoosh, Joy Erickson and James Bautista:** On the photophysics and photochemical properties of carotenoids and their role as light-harvesting pigments in photosynthesis *Pure&App/. Chem.*, Vol. 69, No. 10, pp. 2117-2124, (1997).
- 16.J. L. Herek,T. Polivka, T. Pullerits, G.J.S. Fowler,C. N. Hunter,and V. Sundstro"m :** Ultrafast Carotenoid Band Shifts Probe Structure and Dynamics in Photosynthetic Antenna Complexes *Biochemistry Volume 37, Number 20 May 19, (1998).*
- 17.Jana Cela, Laia Arrom, Sergi Munne -Bosch:** Diurnal changes in photosystem II photochemistry, photoprotective compounds and stress-related phytohormones in the CAM plant, *Aptenia cordifolia* Plant Science 177 pp 404–410 (2009).

- 18. Larazoe Liza, Zuñiga-Hansen Maria E.** : Phenolic Antioxidant Extraction from Selected Agroindustrial Residual Source . *Journal of Biotechnology*. pp 193-194, (**2007**) .
- 19. Matsufuji Hiroshi , Ishikawa Keiko Nunomura Osamu , Chino Makoto y Takeda Mitsuharu** : Anti-oxidant Content of Different Coloured sweet Peppers , white, green , yellow , orange and red (*capsicum annuum* L.) *International Journal of Food Science and Technology*, 47 , pp 1482-1488, (**2007**) .
- 20. MCGraw Kevin:** The antioxidant function of many animal pigments: Are there consistent health benefits of sexually selected colorants? *Animal Behavior* 69, pp 757 – 764 , (**2004**) .
- 21. Roberta Croce, Milena Mozzo, Tomas Morosinotto, Alessandro Romeo, Rainer Hienerwadel, and Roberto Bassi** : Singlet and Triplet State Transitions of Carotenoids in the Antenna Complexes of Higher-Plant Photosystem I *Biochemistry*, 46, pp 3846-3855 (**2007**).
- 22. Smith Paul y Heisser B. Jr.** : Taxonomia and Genetic studies on the cultivated peppers , *capsicum annuum* L. and *C. Frutescens* . *American Journal of Botany* .38 , pp 362 – 368 , (**1951**) .
- 23. Stryer Lubert:** Biochemistry. Ed. WH Freeman and company. 4ed. pp 653 – 680 (**1995**) .
- 24. Thomas M. Devlin:** Biochemistry , with clinical correlations Ed. Wiley-Liss. 5 ed. pp 1002-1016 (**2002**) .
- 25. Tom Brady** : Nutritional Biochemistry Ed Academic Press Inc pp 355-482 (**1994**) .
- 26. Votava Eric J., Baral Jit B. Y Bosland Paul** : Genetic Diversity of Chile (*Capsicum Anuum* Var. *Anuum* L.) Landraces from Northern New Mexico, Colorado and Mexico. *Economic Botany* 59, pp 8- 17 (**2005**)

PAGINAS ELECTRONICAS CONSULTADAS

- 27.** <http://www.uhu.es/quimiorg/uv2.html> (consultada 12 /4 / 2011 3:15 pm)

- 28.** http://www.fq.uh.cu/dpto/qf/docencia/pregrado/estruc_2/uv/descargas/uv_1.pdf (consultada 12 /4/ 2011 4:00 pm)

- 29.** http://es.wikipedia.org/wiki/Vitamina_A (consultada 15 / 4 / 2011 2:00 pm)

- 30.** <http://etimologias.dechile.net/?vitamina> (consultada 15 / 4 / 2011 2:30 pm)

- 31.** <http://es.wikipedia.org/wiki/Capsicum> (consultada 15/ 4 / 2011 2:50 pm)

- 32.** <http://gruponikkol.es.tripod.com/gn/id2.html> (consultada 15/ 4 / 2011 3:20 pm)

- 33.** <http://www.oab.org.ar/Downloads/PlantasTeoricoModulo3.pdf>
(consultada 15 / 4 / 2011 5:15 pm)

- 34.** http://eprints.ucm.es/9233/1/Fisiologia_Vegetal_Aspectos_basicos.pdf
(consultada 18 / 4 / 2011 3:15 pm)