



**Anales**  
de la Universidad  
de Chile

Tabla de Contenidos

Número Actual

Números Anteriores

Presentación

Reseña Histórica

Numeración y Series

Comité Editorial

Normas Editoriales

## ■ Toxicología

### [Producción de compuestos secundarios como alternativa de cultivos tradicionales]

#### ■ Ciudad Banda, Claudio

Profesor Bioquímica de Alimentos, Dpto. Bioquímica y Biología Molecular. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile / Investigador

#### ■ Cita / Referencia

Ciudad Banda, Claudio. Producción de compuestos secundarios como alternativa de cultivos tradicionales. Anales de la Universidad de Chile. VI serie: N°11, agosto 2000

■ [http://www2.anales.uchile.cl/CDA/an\\_completa/0,1281,SCID%253D3561%2526ISID%253D7%2526ACT%253D0%2526PRT%253D3524,00.html](http://www2.anales.uchile.cl/CDA/an_completa/0,1281,SCID%253D3561%2526ISID%253D7%2526ACT%253D0%2526PRT%253D3524,00.html)

#### ■ Introducción

*La actual globalización del mercado internacional determina una economía de gran dinamismo y fuerte competencia que obliga, en el caso de los productores de alimentos, a estar preparados para sus vaivenes y contingencias, induciéndolos a diversificar sus actividades hacia otros tipos de cultivos más rentables, en un escenario donde se aprovechan las ventajas comparativas de calidad y costos de producción.*

*De acuerdo a esta apreciación, Chile posee una gran gama de condiciones agroecológicas que favorecerían en alguna forma el establecimiento de cultivos no tradicionales, de los cuales es posible obtener materia prima natural de alto valor y de difícil obtención mediante síntesis.*

*Sin considerar la posibilidad, primero, en el plano de la investigación básica, los cultivos in vitro son capaces de producir compuestos secundarios deseados, al permitir experimentos inaccesibles a nivel de la planta intacta, son teóricamente el medio ideal para el estudio de las rutas biosintéticas que conducen a la formación de metabolitos secundarios. Estos cultivos constituyen, además, una excelente fuente de sistemas enzimáticos. Segundo, la vía biotecnológica, conduce a la manipulación genética en las plantas permitiendo seleccionar y mejorar rendimientos de determinadas vías metabólicas con grandes expectativas.*

*Las plantas constituyen la mayor fuente de productos orgánicos que se conoce, entre los cuales se distinguen principios activos para ser usados en: fármacos, alimentos, plaguicidas y otros. Genéricamente hablando, se hace referencia a alcaloides, flavonoides, glicósidos, fitoesteroles, terpenos, aceites esenciales, carotenoides, etc.*

##### Glicósidos:

*Amigdalina, arbutina, cimarina, dafnina, digitoxina, escilareno, florizina, frangulina, lanatósido, prunasina, rutina, salisina, sinigrina y uabaina.*

##### Fitoesteroles:

*Estigmasterol y sitosterol*

##### Alcaloides:

*Pilocarpina, pilocarpidina, pilosina, brucina, ergonovina, ergotamina, fisotigmina, reserpina, estricnina, yohimbina, berberina, cefelina, codeína, eritramina, morfina, papaverina, anagrina, efedrina, anabasina, lupi.nina, espartaina, efedrina, cafeína, teofilina, nicotina, ricinina, trigonelina, cinconina, atropina, cocaína, cevadina y escopolamina.*

##### Aceites esenciales:

*Pineno, mirceno, carvona, tuyona, pulegona, carbacrol, chavicol, safrol, citral y cidronela*

##### Flavonoides:

*Quercetina, miricetina, kaemferol, morfina, isorhamnetina, apigenina, luteolina, catequinas y epicatequinas*

##### Fenólicos:

*Ácido gálico, trans-resveratrol, ácido clorogénico, ácido cumárico y ácido cinámico*

*Todos estos compuestos al ser extraídos de su matriz tienen una utilidad potencial, ya sea como: aditivos de alimentos, fármacos y plaguicidas de origen natural, estos últimos de gran aceptación en los mercados de estas sustancias por ser de probada eficacia y prácticamente inocuos al medio ambiente, como son las piretrinas y sus derivados.*

#### ■ Historia

De acuerdo a Harborne (1977), se conoce unos 30.000 compuestos de metabolitos secundarios de los 400.000 potenciales que pueden existir. Este mismo autor y Baxter (1993), han recopilado una cifra cercana a los 3.000 compuestos naturales de origen vegetal y con actividad biológica.

Desde la antigüedad, el uso de extractos de plantas, ya sea, por su acción medicamentosa o su acción plaguicida,

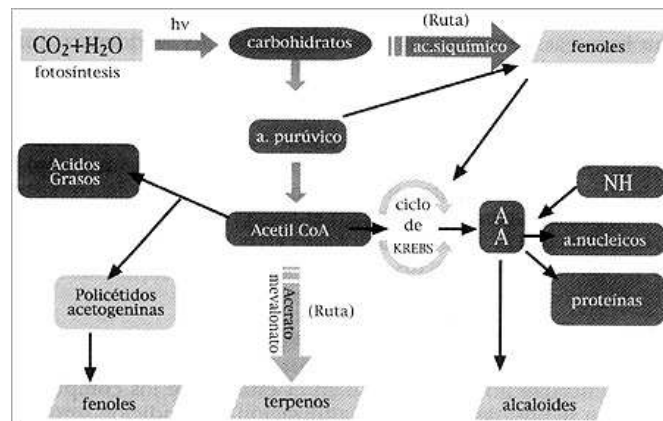
apareció en el primer manuscrito verdadero perteneciente a la farmacia y la medicina llamado «papiro de Ebers», que data del siglo XVI antes de Cristo. En este mismo sentido, se tienen antecedentes de la época del Imperio Romano (Cato 200 años antes de Cristo), Plinio, en su Historia Natural, propuso algunas recetas con arcanos de origen vegetal.

En el siglo XVII existen antecedentes del uso de insecticidas como extractos de hojas de tabaco, cuyo principio activo es la nicotina y después, en el siglo XIX, el empleo de piretrinas naturales extraídas del crisantemo (*piretrum*). Sólo a partir del año 30, de este siglo, se produjeron los avances más importantes en la invención de plaguicidas sintéticos usando como modelos piretrinas, cuasina, rotenona y nicotina, seguida por la invención de orgánicos sintéticos: clorados, fosforados y carbamatos. Algunos de los cuales ya están retirados del mercado por ser de alta toxicidad o simplemente, inconvenientes a la armonía ambiental.

### 1. Bioquímica y origen de los compuestos secundarios

Las plantas, a diferencia de los animales, mediante el proceso de fotosíntesis son capaces de elaborar materia orgánica a expensas de la luz solar, utilizando como materia prima anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) (Figura 1).

Figura 1. Metabolismo de compuestos secundarios [volver](#)



Esta materia orgánica rica en energía, principalmente carbohidratos, es la base de sustentación de todos los procesos bioquímicos que ocurren en las células.

El proceso de utilización y transferencia de masa y energía que permite la vida en la célula de todos los seres vivos, ya sea de animales o vegetales, es lo que se llama genéricamente metabolismo. Involucra el *metabolismo de compuestos primarios* que sintetiza compuestos esenciales y de presencia universal en todas las especies, como sacáridos, aminoácidos, ácidos grasos, ácidos orgánicos, ácidos nucleicos y bases nitrogenadas, los que, a su vez, dan lugar a moléculas más grandes poliméricas: proteínas, glúcidos y ácidos nucleicos.

Se puede asegurar, en general que los *compuestos primarios* en las plantas se producen en grandes cantidades utilizándose comercialmente y que tienen un bajo valor agregado, tal es el caso de aceites de oleaginosas, ácidos orgánicos de frutas y hortalizas, proteínas de leguminosas e hidratos de carbono provenientes de gramíneas y tubérculos; que por lo demás, son la base de la alimentación de todos los animales y constituyen la razón de ser de la agricultura y su tecnificación.

Por el contrario, los productos finales del metabolismo de naturaleza anabólica en las plantas, son los *compuestos secundarios*, propios de cada especie, no son esenciales ni de presencia universal, pero sí, cumplen funciones estratégicas diversas, como:

1. Defensa frente a potenciales predadores y patógenos. Todo el ecosistema contiene una gran variedad de bacterias, hongos, nematodos, insectos y animales herbívoros, incluso otras plantas. Por su naturaleza las plantas no pueden evitar el ataque por movilización o traslado, sino, por un lado, utilizan barreras de protección, como la cutícula y periderma, cortezas duras, espinas, pelos cáusticos, hojas duras o correosas, y por otro, emplean sustancias químicas tóxicas y/o deterrentes, que repelen a herbívoros, insectos y microorganismos.
2. Adaptación al estrés ambiental; sustancias alelopáticas que impiden el crecimiento de otras plantas en una competencia por la subsistencia; pigmentos protectores implicados en el desarrollo y fotosíntesis; sustancias aromáticas en las flores involucradas en la polinización que son atrayentes o repelentes de insectos.

### 1.1. Rutas metabólicas de los compuestos secundarios

Para adentrarse adecuadamente en el estudio de los compuestos secundarios en su posible obtención y utilización, es condición sine qua non, examinar y conocer el metabolismo de estas sustancias con sus roles fisiológicos y ecológicos.

Como se ha visto, los compuestos secundarios que se originan en la célula y que se ubican específicamente en los diferentes tipos de tejido vegetal, ya sean, hojas, flores, semillas, tallos y raíces o planta entera, derivan o están relacionados con los productos o metabolitos primarios de la glicólisis (Figura 1). Se conocen genéricamente tres rutas bioquímicas que los sintetizan y tres familias orgánicamente identificables, a saber:

- *Ruta ácido siquímico*, a través del fosfoenolpiruvato y la eritrosa 4 fosfato que interactúa con el ciclo de los ácidos tricarboxílicos o ciclo de Krebs para dar aminoácidos aromáticos y aminoácidos alifáticos, que en definitiva generan dos familias de compuestos secundarios Alcaloides y Fenólicos.

- *Ruta ácido mevalónico*, es la otra ruta que viene de la conjunción del acetil CoA para dar una familia de compuestos secundarios: Terpénicos.

- *Ruta de los policétidos* (acetogeninas), también por conjunción del acetil CoA vía acetato para dar Fenólicos.

### ■ Algunas plantas que poseen compuestos secundarios de interés

Como se ha mencionado, son casi 3.000 las especies en el ámbito agrícola, a las que se les conoce sus potencialidades para generar este tipo de compuestos y que por lo tanto, pueden ser explotados con fines agroindustriales para obtener, ya sea, Terpenos, Fenoles y compuestos nitrogenados (alcaloides, glucósidos cianogénicos, glucosinolatos y aminoácidos no proteicos).

A manera ilustrativa sólo se hará referencia a aquellos casos más conocidos como:

**Cuadro 1.** Algunas especies productoras de compuestos secundarios

PLANTA	Nombre científico	Ruta metabólica
Acacio	<i>Acacia nilolitica</i>	Fenoles
Ají	<i>Capsicum annum</i>	Alcaloides
Alcarabeo	<i>Carum carvii</i>	Terpenos
Amapola	<i>Papaver somniferum</i>	Alcaloides
Anís	<i>Pimpinella anisum</i>	Terpenos
Arbol nemm	<i>Azadirachta indica</i>	Terpenos
Artemisina	<i>temisia annua</i>	Terpenos
Azahar	<i>Citrus limoneae</i>	Terpenos
Belladona	<i>Atropa belladonna</i>	Alcaloides
Bergamota	<i>Citrus bergamia</i>	Terpenos
Calafate	<i>Berberis buxifolia</i>	Terpenos
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i>	Terpenos
Cinchona	<i>Cinchona succirubra</i>	Alcaloides
Clavelón	<i>Tagetes minuta</i>	Terpenos
Crisantemo	<i>Chrysanthemum</i>	Terpenos
-	<i>Cinerarifolium</i>	-
Digital	<i>Digitalis purpurea</i>	Alcaloides
Estramonio	<i>Datura stramonium</i>	Alcaloides
Inula	<i>Inula helenium</i>	Terpenos
Lavándula	<i>Lavandula officinalis</i>	Terpenos
Maqui	<i>Aristotelia chilensis</i>	Terpenos
Menta	<i>Mentha suaveolens</i>	Terpenos
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	Terpenos
Pimienta	<i>Piper nigrum</i>	Terpenos
Portulaca	<i>Portulaca oleracea</i>	Acidos grasos
Raps	<i>Brassica oleracea</i>	Alcaloides
Raufolia	<i>Raufolia serpentina</i>	Alcaloides
Rotenona	<i>Derris elliptica</i>	Terpenos, Comp. 2° N
Sabadilla	<i>Veratrum savadilla</i>	Comp. 2° N
Sésamo	<i>Sesamum indicum</i>	Fenoles, Terpenos
Tapioca	<i>Manihot esculenta</i>	Terpenos
Tomatillo	<i>Lycopersicum hirsutum</i>	Terpenos, Fenoles

### ■ Avances de investigación

Obviamente como es de suponer, el establecimiento exitoso de cultivos con potencialidad para generar compuestos secundarios de calidad superlativa, implica, necesariamente, llevar a cabo inicialmente, una sólida planificación estratégica integral que incluya ensayos de campo con apoyo logístico de investigación como, introducción de variedades, mejoramiento genético, evaluación de condiciones agroecológicas adecuadas, prácticas agronómicas, procesos y técnicas extractivas y evaluación analítica de principios activos.

Es en este sentido que en el *CRI LA PLATINA*, se ha iniciado un trabajo conjunto de colaboración entre el Laboratorio de Bioquímica y Fisiología Vegetal y los programas de Hortalizas y Fruticultura que apunta a seleccionar variedades de distintas especies. Es así que se ha comenzado con ají *Capsicum annum* con un alto contenido de alcaloide, principalmente, capsaicina, principio activo que determina el poder pungente que posee esta leguminosa.

También se está trabajando en seleccionar variedades de uvas *viníferas Vitis vinifera*, que posean niveles significativos de flavonoles, como quercetina y miricetina, sustancias que tienen un alto efecto detrimental sobre el estrés oxidativo que pueden sufrir los humanos.

En general, de estos estudios en las plantas es posible concluir:

1.-Los tipos de sustancias que se pueden obtener mediante una extracción adecuada y qué variedades presentan los mayores niveles del principio activo.

2.-También es posible observar cómo las características agroecológicas, fertilización, riego, prácticas culturales, etc. influyen sobre los rendimientos del principio activo y así seleccionar con estos elementos de juicio, aquellas que reúnan características óptimas de cultivo y producción.

### **Lecturas recomendadas**

1. HARBORNE J.B. *Introduction to Ecological Biochemistry*. Academic Press, London., 1977.
2. HARBORNE J.B. & BAXTER H. *Phytochemical Dictionary. A Handbook of Bioactive Compound from Plants*. Taylor & Francis, London 791 pp, 1993.

[Introducción](#) | [Historia](#) | [Bioquímica y origen de los compuestos secundarios](#) | [Rutas metabólicas de los compuestos secundarios](#) | [Algunas plantas que poseen compuestos secundarios de interés](#) | [Avances de investigación](#) | [Lecturas recomendadas](#) | [Versión Completa \(Imprimir\)](#)

Sitio desarrollado por **SISIB - Universidad de Chile**