



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ESTRATEGIAS DE
BIOPROSPECCIÓN**

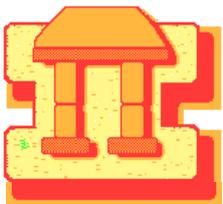
T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

SANDRA ARIZA MANCIO



DIRECTORA DE TESINA: DRA. C. TZASNÁ HERNÁNDEZ DELGADO

TLALNEPANTLA, ESTADO DE MÉXICO, ABRIL 2009.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Claudia Tzasná Hernández Delgado, por su apoyo en la realización y dirección del presente trabajo.

A los profesores que impartieron los diferentes temas durante el seminario

A María Del Carmen Pérez Peña Zamora, por su paciencia y apoyo en todo momento

DEDICATORIA

A Andrea, mi maravillosa y ejemplar madre por su apoyo, amor y tolerancia

A Jesús Gildardo estás siempre en todo lo que hago

A Adriana, Oscar, Armando, Rosario y Hugo, esto es parte de lo que en todo momento compartimos

A Emilio Lauro por tu apoyo, una meta más en común que finalmente alcanzamos

A la Familia Castro Lozano por su apoyo

INDICE GENERAL

Resumen	5
Introducción	6
Clasificación de las estrategias de bioprospección	8
Método de muestreo al azar	8
Método ecológico	9
Método de muestreo quimiotaxonómico (filogenético)	11
Método de muestreo etnofarmacológico o etnodirigido	13
Método genético	15
Método de bioinformática	16
Conclusión	18
Bibliografía	19

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taxol (sesquiterpeno) aislado de <i>Taxus brevifolia</i>	9
Figura 2. Azadiractina (triterpeno), insecticida de origen natural aislado del árbol del Neen (<i>Azadirachta indica</i>)	10
Figura 3. Flavonoides aislados de <i>Lonchocarpus castilloi</i>	12
Figura 4. Cocaína (Alcaloide) aislada de <i>Erythroxylon coca</i>	12
Figura 5. Conocimiento tradicional	14
Figura 6. Obtención de insulina a partir de semillas de alazor, genéticamente modificadas	15
Figura 7. Interfaz del software	17

Resumen

Hoy en día la búsqueda de nuevos fármacos incluye la búsqueda de moléculas derivadas de la biodiversidad microbiana, así como también, de la diversidad de moluscos y otros organismos marinos. Sin duda la mayor apuesta de la industria en la última década ha sido por la química combinatoria. A pesar de ello, si la bioprospección vegetal representa todavía el 10% de los esfuerzos de descubrimiento de nuevos fármacos, es por que todavía no ha rendido un grado de diversidad química estructural comparable a la que se encuentra en la naturaleza. Desde los orígenes de la civilización, las plantas ha sido siempre una fuente tradicional de nuevos fármacos.

La bioprospección vegetal consiste en la recolección sistemática de material vegetal, extracción y fraccionamiento de la diversidad química, y tamizado funcional de los extractos para usos terapéuticos (utilizando bioensayos o ensayos químicos). La elucidación o caracterización química de principios activos completa la fase de descubrimiento.

Existen diferentes métodos de bioprospección para la obtención y búsqueda de metabolitos activos, utilizados para el tratamiento de diferentes padecimientos: muestreo al azar, ecológico, filogenético, etnodirigido, y bioinformático. Siendo el método etnodirigido una de las estrategias más utilizadas, que se concentra en los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas sobre el uso de de diferentes recursos naturales.

Introducción

La bioprospección es definida por varios autores como la búsqueda de materiales biológicos silvestres con el fin de encontrar nuevos productos económicamente importantes. La bioprospección implica la aplicación de tecnologías avanzadas para desarrollar nuevos productos farmacéuticos, agroquímicos, cosméticos, saborizantes, fragancias y otros productos a partir del empleo de la biodiversidad (Artuso, 2002; Aguilar-Stoquen et al., 2006).

La bioprospección, en el amplio sentido de la palabra es una actividad que ha sido desarrollada por el hombre desde hace décadas. La utilización de diversos microorganismos para la producción de alimentos o en la producción de antibióticos son solo algunos ejemplos conocidos de esta actividad. (www.dna.gov.ar)

Sin embargo, en los últimos años, el enorme avance logrado por las técnicas de Biología Molecular y el desarrollo de la Biotecnología han incrementado el interés en los programas de bioprospección, los cuales no se limitan actualmente a la extracción de los productos generados por los seres vivos, sino también a la búsqueda de los genes responsables de alguna actividad de potencial interés industrial.

Desde tiempos antiguos los insectos y algunos productos extraídos de ellos han sido usados como recursos terapéuticos en los sistemas médicos de muchas culturas alrededor del mundo, muchas especies de insectos son usadas vivas, cocidas, molidas, en infusiones, pomadas, emplastos y ungüentos, tanto en medicinas preventivas como curativas y también en rituales mágico-religiosos que favorecen la salud y bienestar físico y mental. En general, los insectos son utilizados para el tratamiento de afecciones respiratorias, renales, hepáticas, estomacales, intestinales, parasitarias, pulmonares, bronquiales, cardíacas, endocrinas, neuronales, circulatorias, dermatológicas, oftalmológicas, del bazo, del páncreas, del aparato reproductor, etc. Los conocimientos y prácticas del uso de los insectos, son transmitidos en gran parte por medio de la tradición oral de generación en generación, no teniendo por ello una difusión general. Aunque el uso de especies de insectos como recursos medicinales es una práctica antigua, aún es relativamente desconocida a nivel académico (Medeiros y Ramos, 2006).

Entre los productos naturales de origen animal, además del descubrimiento de vitaminas, hormonas y neurotransmisores, con las repercusiones que esto ha tenido desde el punto de vista del diseño de nuevos fármacos, las tendencias actuales van encaminadas al estudio de los venenos y toxinas de peces y reptiles. Así la tetrodoxina, aislada del pez globo, bloquea los canales de Na^+ , la α -bungarotoxina, veneno de ciertas especies de serpientes, bloquea receptores de la acetilcolina, mientras que las

batracotoxina, aislada de la piel de ciertas especies de sapos, aumenta la permeabilidad de la membrana celular frente a los iones Na^+ . Este campo, en continua expansión y de gran actualidad, tiende a explorar asimismo especies hasta ahora poco utilizadas con esta finalidad, como son los arácnidos y las esponjas marinas (Delgado et al., 2003)

Por último, los microorganismos constituyen una fuente importante para el descubrimiento de un gran número de productos naturales con interés terapéutico. Basta recordar el papel decisivo que ha representado para el desarrollo de la medicina el descubrimiento de los antibióticos (penicilinas, cefalosporinas, tetraciclinas, cloranfenicol, etc.) (Delgado et al., 2003).

Es difícil estimar el peso que las actividades de bioprospección y los productos industriales que de ellas han derivado tienen actualmente en el mercado mundial, pero puede tenerse una idea de la magnitud considerando que más del 60% de las drogas antineoplásicas aprobadas por la FDA (US Food and Drug Administration) tienen origen natural o han sido diseñadas a partir de productos naturales.

La bioprospección se concentra también en los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas básicamente, sobre el uso de las plantas medicinales. Es bien conocida la utilidad de las plantas, ya que de las 250, 000 especies de plantas superiores de 35,000 – 70,000 son utilizadas para este propósito (Delgado et al., 2003)

En México, se cuenta con una gran riqueza y tradición ancestral acerca del uso de plantas medicinales, y se estima que en la actualidad cerca de 3000 especies son empleadas con esta finalidad (Linares et al., 1990 citado en Hernández et al., 2005).

De acuerdo con estudios etnobotánicos del Instituto de Biología, a lo largo de los últimos cinco siglos se ha perdido mucha información de plantas medicinales mexicanas porque ha faltado investigación o porque la información generada no se ha dado a conocer en el país. En 1888 se creó el Instituto Médico Nacional (antecesor del Instituto de Biología) y 15 años después sus investigadores ya habían documentado 216 especies de plantas medicinales mexicanas. En 1869, un explorador agrícola inglés llamado Edward Palmer comenzó a recolectar especies medicinales mexicanas para el Departamento de Agricultura de Estados Unidos. En 1910 ya tenía registradas 318 especies. Sin embargo, al comparar ambos estudios, se detectaron sólo 19 plantas en común. Es decir, más de 400 no fueron estudiadas por el grupo de investigadores del Instituto Médico Nacional. Además hay aproximadamente 25 especies colectadas por Palmer que nunca han sido registradas en México como plantas medicinales (Bye, 2007).

En 1992, el laboratorio de etnoecología del CINEVESTAT unidad Mérida, inició un estudio orientado a conocer las plantas medicinales y los saberes de los h-meno'ob (portadores del saber maya). Se inició una colección de plantas medicinales y se realizaron entrevistas con el h-men de la comunidad de Pich. La colección, que consta de más de 1,100 plantas, ha sido analizada parcialmente y se encuentra en el herbario

del Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, en Mérida; la mayoría de los ejemplares ya ha sido identificada con nombres científicos (www.mda.cinvestav).

De los fármacos disponibles en la actualidad, se estima que alrededor de un 50%, procede de un producto natural, especialmente de origen vegetal (Delgado et al, 2003).

Clasificación de las estrategias de bioprospección.

La estrategia para seleccionar a la o las plantas para la investigación y el desarrollo de una droga es crucial y depende de los objetivos planteados en el estudio. Diferentes estrategias se pueden aplicar para obtener un producto herbal o aislar un compuesto activo. De acuerdo con diversos autores (Martín, 1995; Cotton, 1996; Souza, 1996; Rates, 2001) existen tres estrategias de bioprospección para la colecta de plantas para estudios farmacológicos: El Método al azar, el Quimiotaxonómico (Filogenético) y el Etnodirigido. Sin embargo, otros autores como Balick y Cox (1996) clasifican a los métodos usados en la colecta de plantas para estudios farmacológicos en: Muestreo al azar en donde las plantas son colectadas de una región dada sin importar sus afinidades taxonómicas, contexto etnobotánico, etc. y Muestreos dirigidos en donde incluye: a) Estudios filogenéticos (Quimiotaxonómico) en donde se colectan plantas relativamente cercanas que se conoce que presentan un compuesto de interés, b) Estudios ecológicos en donde se colectan plantas que viven en un hábitat particular o con ciertas características (como por ejemplo alguna inmunidad a la depredación de insectos o moluscos) y c) Estudios etnobotánicos (Etnodirigidos)) en donde se colectan plantas que son utilizadas en la medicina tradicional de algún grupo indígena para el tratamiento de sus enfermedades (Balunas y Kinghorn, 2005; Pieters y Vlietnick, 2005).

Método de muestreo al azar

Éste método simplemente involucra el tomar cualquier organismo que se pueda colectar en cantidad y calidad suficiente. Las ventajas de esto es que se puede muestrear un amplio espectro de organismos y hacer un gran número de colecciones rápidamente. La desventaja es que se puede colectar un número pequeño de especies que muestren alguna actividad biológica o farmacológica.

El muestreo al azar solo lo emplean investigadores que tienen presupuesto y facilidades para seleccionar un gran número de especies (Martín, 1995), no obstante sus desventajas.

Cuando se realiza una colecta al azar, es recomendable hacerlo de manera estratificada, cuando el ambiente es heterogéneo y la probabilidad de encontrar a los organismos es diferente, en las diferentes porciones del hábitat.

A través de este método se pueden descubrir nuevos compuestos químicos y proveer una fuente infinita de nuevas estructuras que pueden o no ser empleadas en de manera terapéutica (Souza, 1996).

En la actualidad el taxol (Figura 1), es uno de los fármacos antineoplásicos mas recientes introducidos en terapéutica como resultado de una estrategia de este tipo. (Delgado et al., 2003).

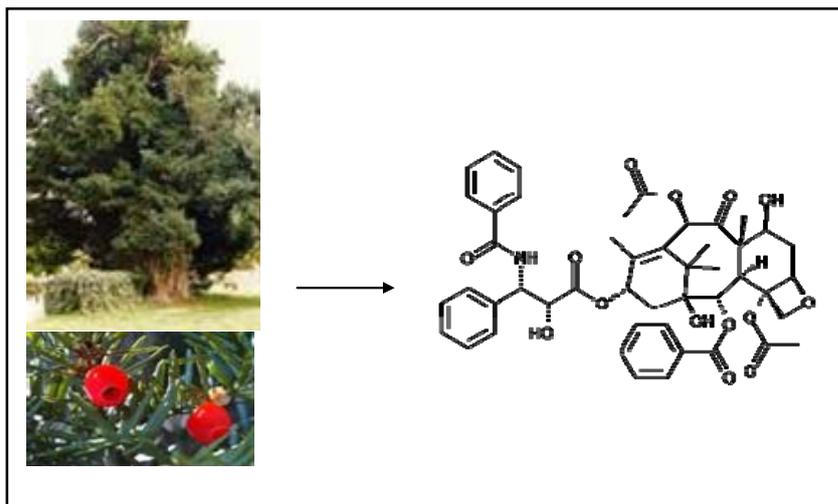


Figura 1. Taxol (sesquiterpeno) *Taxus brevifolia*

Método ecológico.

Las plantas producen un vasto y diverso número de compuestos orgánicos, y la gran mayoría al parecer no participan directamente en su crecimiento y desarrollo. Éstas sustancias, tradicionalmente llamadas metabolitos secundarios, a menudo están diferencialmente distribuidos entre un limitado grupo taxonómico dentro del reino vegetal. Su función en muchos de ellos aun es desconocida y en la actualidad se está trabajando en su elucidación. El reconocimiento de las propiedades biológicas de éstos metabolitos se está enfocando principalmente en la búsqueda de nuevas drogas, antibióticos, insecticidas, herbicidas, etc. Los diversos efectos biológicos producidos por los metabolitos secundarios han incitado a la reevaluación de los posibles roles que éstos compuestos juegan en las plantas, especialmente en el contexto de interacciones ecológicas. En la actualidad se ha demostrado que los metabolitos secundarios tienen un significado adaptativo importante en la protección contra herbívoros e infecciones microbianas, como atrayentes para polinizadores y animales dispersores de semillas, así como agentes alelopáticos (químicos que influyen en la competencia entre especies

de vegetales). Estas funciones ecológicas afectan profundamente la supervivencia de las plantas (Croteau, 2000).

El método ecológico se basa principalmente en la observación de los efectos de las interacciones, entre los organismos, los cuales pueden ser de la misma o diferentes especies, éstas interacciones incluyen a la herbivoría, patogenicidad, alelopatía, atrayentes, repelentes y venenos lo que ha provocado una proliferación de metabolitos secundarios como terpenos, alcaloides, compuestos fenólicos, etc. que son usados como agentes de defensa en la lucha de las plantas por sobrevivir (Figura 2).

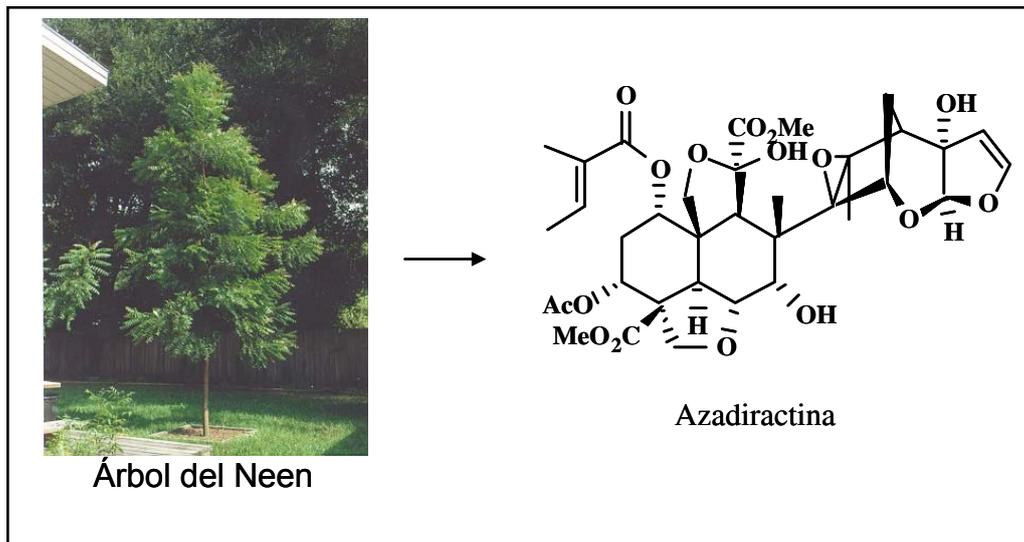


Figura 2. Azadiractina (triterpeno), insecticida de origen natural aislado del árbol del Neen (*Azadirachta indica*).

Los metabolitos secundarios en las plantas son importantes para funciones ecológicas y éstos compuestos de bajo peso molecular son aquellos que exhiben bioactividad y sirven como medicamentos para los humanos (Stepp y Moerman, 2001).

El 35 % de las drogas que son empleadas en la actualidad provienen de las plantas y es a través del estudio de las interacciones que se dan entre éstas con animales, insectos y otras plantas lo que ha permitido el descubrimiento de una gran cantidad de metabolitos secundarios que las plantas emplean entre muchas otras cosas para defenderse y son aprovechados por los seres humanos con fines medicinales (Balick y Cox, 1996; Gutiérrez, 2002).

Hasta ahora la mayor parte de la actividad de bioprospección se ha desarrollado en tierra firme, pero el número de compuestos nuevos encontrados en los ecosistemas terrestres ya empieza a decaer, motivo por el que los especialistas en esta materia han

puesto sus miras en un recurso desaprovechado en gran medida: los océanos (www.neomundo).

Las especies de esa región han desarrollado una serie de propiedades fisiológicas y bioquímicas para sobrevivir en el severo medio ártico, y los científicos confían en dar con material de utilidad clínica. Científicos de diversas especialidades así como PYME (pequeñas y medianas empresas) del sector farmacológico colaboran en estos momentos en la selección de organismos marinos árticos con el fin de encontrar sustancias útiles para la fabricación de medicamentos novedosos y de gran interés. La primera etapa del proceso de investigación consiste en la recogida de muestras, para lo cual se valdrán de un buque de investigación. Cada muestra se registra y marca con información sobre la especie correspondiente y las condiciones ambientales del lugar donde se obtuvo. Estos datos son importantes dado que, por ejemplo, una misma especie podría producir sustancias distintas a distintas temperaturas. Una vez en el laboratorio, los organismos de mayor tamaño se diseccionan y se comparan con otros de la misma especie (www.neomundo).

Hasta ahora los investigadores han recabado muestras de alrededor de quinientos organismos (invertebrados en su mayoría).

Método de muestreo quimiotaxonómico (filogenético).

Éste método considera las semejanzas del metabolismo secundario entre especies filogenéticamente relacionadas. Mediante su uso se puede incrementar la proporción de plantas que muestren alguna propiedad biológica ahorrando tiempo y dinero (Abreu y Cuellar, 2007).

La presencia de diferentes compuestos como marcadores biosintéticos es empleada por los botánicos en sus estudios de taxonomía; pero también sirve como herramienta en la selección exitosa de familias, subfamilias y géneros para ser investigados en función de los metabolitos que se prevé producen. Es por ello que se pueden seleccionar especies bien relacionadas filogenéticamente de plantas con actividad conocida o plantas que contienen el mismo tipo de entidad química conocidas por su actividad (Abreu y Cuellar, 2007).

Por ejemplo, los flavonoides (Figura 3) son comunes en las *Leguminosae*, aunque se pueden encontrar en algunas otras familias. De los 5500 tipos de alcaloides conocidos, muchos están confinados a un simple género o subfamilia (Figura 4). Sólo un tipo de alcaloide ha sido encontrado en muchas especies de *Bombacaceae*, mientras que las *Solanaceae*, *Rubiaceae* y *Ranunculaceae* son la fuente de cientos de distintas formas de alcaloides.

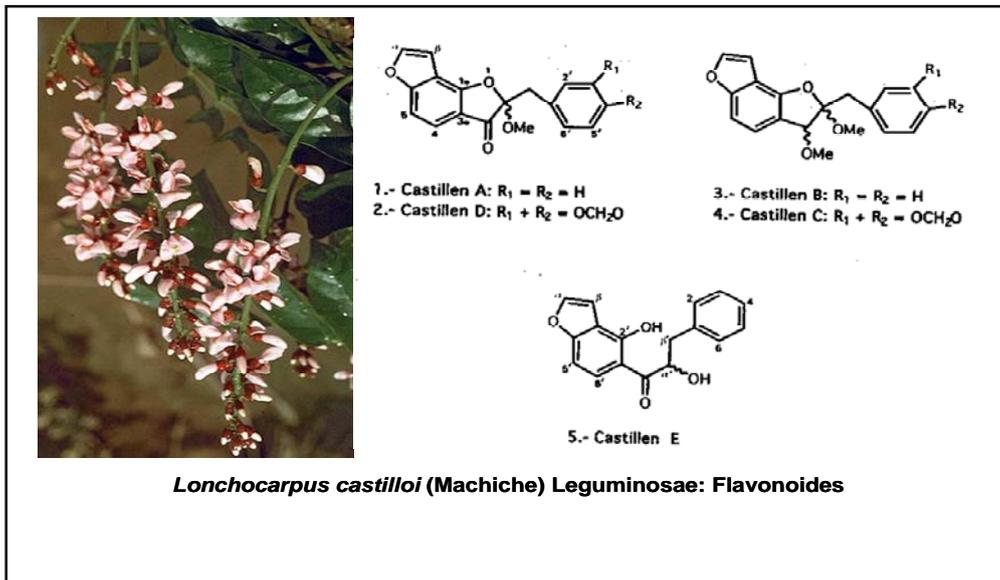


Figura 3. Flavonoides aislados de *Lonchocarpus castilloi*.

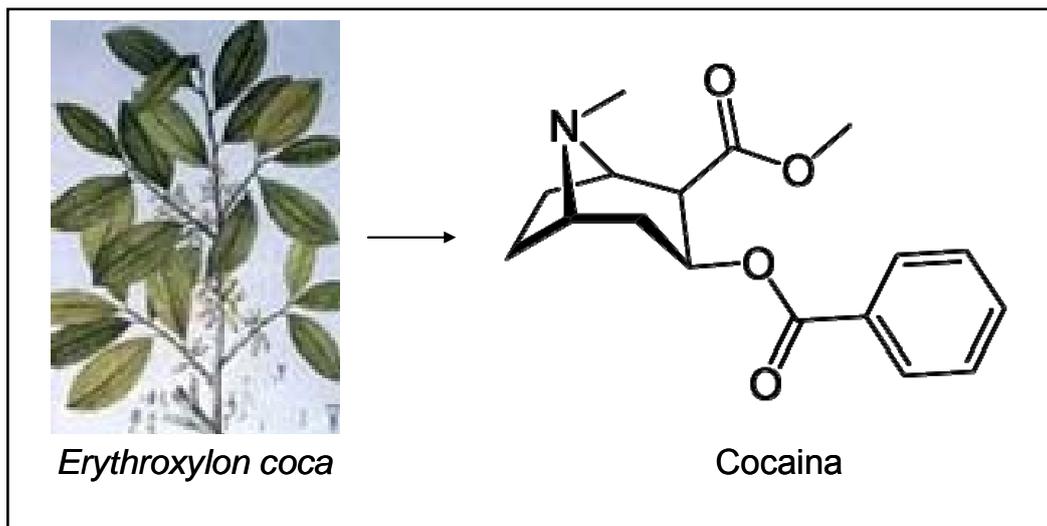


Figura 4. Cocaina (Alcaloide) aislada de *Erythroxylon coca*.

Con éste enfoque se puede incrementar la eficiencia del muestreo conociendo la distribución de los metabolitos secundarios de interés. Así, si se sabe que un tipo de terpeno está presente solo en las *Asteraceae* el muestreo se limitará a esta familia. Si, por otra parte se encuentra un tipo de alcaloide interesante en una especie de *Rubiaceae*, entonces la investigación se deberá enfocar a especies estrechamente relacionadas, de no encontrarse en éstas últimas los compuestos de interés, la

búsqueda se podrá dirigir a otras especies del género, aunque no estén estrechamente relacionadas o incluso ampliar el muestreo a especies de otros géneros relacionados con el género de interés (Martín, 1995).

La vasta diversidad estructural de los metabolitos secundarios de origen microbiano, combinada con su reconocida capacidad para interactuar con sistemas biológicos, debería hacer a hongos y bacterias una fuente atractiva de compuestos para los programas de descubrimiento de fármacos en la industria.

Sin embargo, debido a la fuerte competencia de la química de síntesis y a las dificultades asociadas a la investigación en productos naturales, es evidente que este tipo de programas han perdido el favor de la industria farmacéutica. Las desventajas comúnmente asociadas a los productos naturales van desde los altos costos y el tiempo requerido para aislar y elucidar las estructuras de los compuestos activos (Peláez y Genilloud, 2004).

La ventaja de este método es que favorece la adquisición de sustancias químicas conocidas de fuentes nuevas o inexploradas (Souza, 1996).

Método de muestreo etnofarmacológico o etnodirigido.

Mediante el uso de este método se incrementa el rango de éxito eligiendo plantas que son usadas como medicinales por la gente de una localidad, este método es el empleado por la mayoría de los etnobotánicos, ya que es la manera más eficiente de probar si pueden corroborarse la seguridad y efectividad de la medicina local a través de análisis fitoquímicos y farmacológicos. Este método ofrece la oportunidad de descubrir estructuras novedosas con actividades nuevas (Souza, 1996).

El método etnofarmacológico se usa particularmente cuando se investigan compuestos que son efectivos en el tratamiento de una enfermedad específica. Por ejemplo Heinrich y col. (1998) al investigar plantas mexicanas usadas en el tratamiento de la malaria y desordenes gastrointestinales, partió de preguntar a la gente de las localidades cuáles plantas eran utilizadas contra las fiebres recurrentes y para las afecciones estomacales como la diarrea (Cotton, 1996). No solo es importante identificar qué plantas utiliza la gente para una determinada enfermedad, sino que es necesario determinar qué parte es usada, cómo se conserva (fresca o seca), como se prepara (cocimiento o infusión) y en casos específicos sus efectos adversos. Este tipo de datos proporcionan información importante para el investigador (biólogo, farmacólogo, etc.) en cuanto a la elección del modelo apropiado para su investigación (Souza, 1996).

Estas investigaciones pueden ser reforzadas a través de la comparación de plantas utilizadas por diferentes grupos étnicos que vivan en la misma región. Es más probable que las especies que son usadas de una manera similar por la mayoría de la gente local contengan una sustancia fisiológicamente activa que aquellas que son usadas por un solo grupo étnico o por una simple comunidad. Muchos investigadores sostienen que

el uso común, si resulta a través del descubrimiento independiente o de interacciones entre las personas de culturas diferentes, está directamente relacionado al grado de efectividad de un remedio. Esta hipótesis debe ser probada en un amplio espectro de plantas y en regiones multiétnicas, antes de ser aceptada. (Martín, 1995)

Hay un acuerdo significativo entre el método etnofarmacológico y el quimiotaxonómico para la selección de organismos. En un estudio realizado sobre las plantas medicinales Mayas, se descubrió que en algunas familias de plantas conocidas presentaban un gran número de compuestos farmacológicamente activos; como *Solanaceae*, *Asteraceae*, *Rosaceae* y *Ranunculaceae* y que están sobrerrepresentadas en la farmacopea Maya comparadas en su abundancia general en la naturaleza. Correlaciones similares se han señalado en otras partes del mundo, significando que ambos métodos se pueden reforzar mutuamente en muchas áreas (Heinrich et al., 1998).

Balick en 1990 (citado en Cotton, 1996) proporcionó evidencias de que el método etnodirigido es más eficiente que el método de muestreo al azar, pues es capaz de identificar un mayor número de plantas con compuestos con la bioactividad requerida (Cotton, 1996).

El resultado del muestreos al azar y etnodirigido en una misma región son de gran interés para los etnobotánicos, porque al comparar los resultados obtenidos en uno y otro no sólo revelan qué plantas medicinales usadas localmente contienen compuestos químicos fisiológicamente activos, sino también la proporción global de plantas con actividad biológica potencial que realmente están siendo utilizadas (Martín, 1995).

El método etnodirigido, es utilizado cuando se investigan compuestos que son efectivos en el tratamiento de una enfermedad específica. De esta manera se conocen las plantas que son utilizadas por la gente local, así como también la parte de la planta empleada, su manera de uso, etc. El conocimiento y el uso de la biodiversidad no son separables de la cultura de los pueblos y comunidades ancestrales (Figura 5) (Abreu y Cuellar, 2008).



Figura 5. Conocimiento tradicional

Método genético

El enfoque genético, es resultado del impacto de las nuevas tecnologías en las ciencias biológicas, se está desarrollando rápidamente a partir de la generación de la información estructural acerca de los genomas, se han implementado aplicaciones hacia la genómica funcional y especialmente los perfiles metabólicos. La obtención de perfiles metabólicos (metabolómica) es el análisis cualitativo y cuantitativo de muchos metabolitos celulares al mismo tiempo. Es un objetivo ambicioso que puede proveer de una herramienta muy poderosa para conocer las rutas biosintéticas, predecir metabolitos secundarios de una planta desconocida, o manipular estas rutas en los sentidos deseados (metabolismo de plantas o ingeniería de rutas), aplicable al estudio de la interacción de plantas con el entorno y de sus potencialidades como medicinal.

Para la producción de compuestos activos considerando las plantas como fábricas, se debe conocer con profundidad los mecanismos moleculares que rigen todas las rutas y las enzimas específicas que se encargan de la producción de metabolitos secundarios (Figura 6).

Otra aplicación prometedora que se prevé de esta nueva herramienta es en el control de la calidad de las plantas medicinales. (Abreu y Cuellar, 2008).

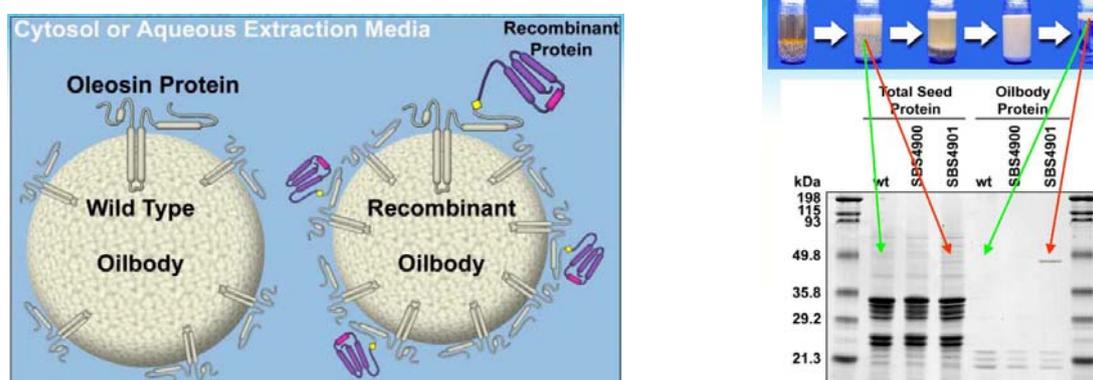


Figura 6. Obtención de insulina a partir de semillas de alazor, genéticamente modificadas

Método de bioinformática

De la necesidad de gestionar adecuadamente toda la información generada en las campañas de bioprospección, surgió la iniciativa desarrollar un software, que garantizara la integración, mantenimiento y gestión adecuada de toda la información del proyecto. El software no almacena únicamente datos de la fase de bioprospección, tal y como hacen algunos de los software actualmente comercializados, su utilidad radica en que integra toda la información recogida desde la toma de muestras botánicas hasta su caracterización funcional mediante ensayos in vitro, pasando por la caracterización química y genética (Malpica y Naiara, 2005).

La novedad de este proyecto reside en el desarrollo de procesos bioquímicos (que conducen al desarrollo de bibliotecas químicas) y moleculares (que conducen al desarrollo de bibliotecas génicas) para la caracterización de muestras derivadas de una fuente de biodiversidad prácticamente inexplorada. Las campañas de bioprospección aportan una gran cantidad de datos que abarcan desde la caracterización botánica de las muestras vegetales recolectadas, procesos de extracción y fraccionamiento de las muestras, características físico-químicas de los nuevos principios activos extraídos de las plantas, e información sobre el posible efecto terapéutico de las nuevas moléculas. El software está estructurado de la siguiente forma:

Módulos de entrada de datos: mediante los diferentes módulos de la aplicación, los distintos grupos de trabajo introducen la información obtenida en cada una de las fases de valorización de recursos naturales. Ejemplos de estos módulos son:

1. Bioprospección: Este módulo gestiona todo el proceso de bioprospección, desde la obtención de muestras botánicas, caracterización taxonómica, conocimiento tradicional, etc.
2. Caracterización Química: Este módulo gestiona todo el proceso de extracción de principios activos a partir de las muestras vegetales.
3. Caracterización Funcional: Módulo que aglutina la información generada en los estudios in vitro de citotoxicidad.
4. Servicios a clientes: interfaz destinada a potenciales clientes que permite acceder a parte de la información contenida en la plataforma. Los servicios están gestionados por el gestor de la misma, quien define el contenido de la información a la que podrán acceder los clientes de la aplicación (Figura 7).

Entre las principales ventajas del software está la posibilidad de ver en todo momento el conjunto de la información relacionada con cada una de las muestras recolectadas, pudiendo seguir la pista desde la muestra hasta el efecto terapéutico de las moléculas extraídas. El software permite planificar cada una de las salidas de campo que se prevé realizar durante la valorización de recursos naturales, especificando el tipo y cantidad de muestras a recolectar, referencias GPS de los lugares de recolección, anotación de datos taxonómicos, etc.

Esta nueva herramienta informática será de gran utilidad para empresas farmacéuticas, organismos públicos y otros centros de investigación implicados en campañas de bioprospección de nuevos organismos y descubrimiento de nuevos principios activos para los sectores farmacéutico, cosmético, entre otros, que requieran de un potente sistema informático para integrar, almacenar y gestionar toda la información asociada a la bioprospección. (Malpica y Naiara, 2005).

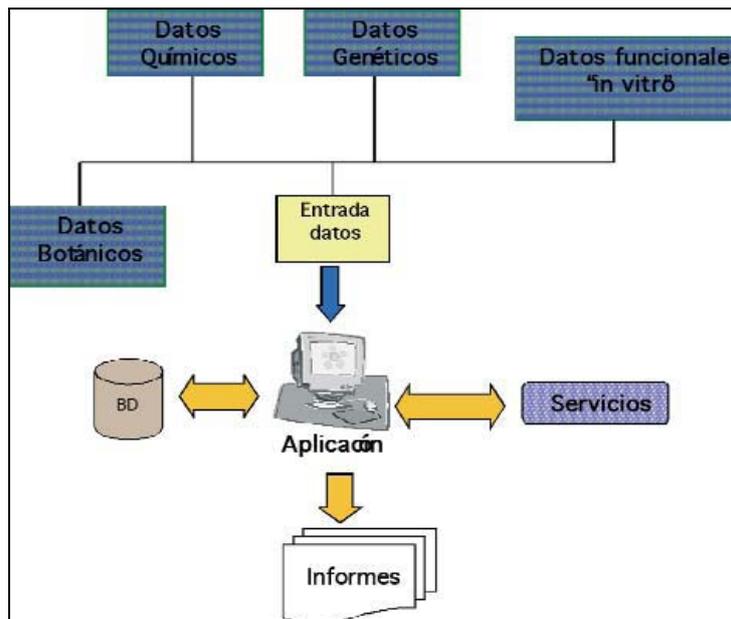


Figura 7: Interfaz del software

Conclusión

La bioprospección en sí misma es una actividad que aporta beneficios a la humanidad, a través del estudio y el aprovechamiento de la biodiversidad, mediante la obtención de productos, principalmente, fármacos de origen natural.

Existen diferentes estrategias, y la aplicación de cada una de estas, esta en relación a la búsqueda de principios activos, presentes en plantas, insectos, organismos marinos y microorganismos, los límites entre estas no siempre se mantienen y la combinación entre algunos de estos métodos es factible.

El método etnofarmacológico o etnodirigido, ofrece ventajas sobre los demás, debido a que las especies utilizadas en la medicina tradicional han sido sometidas a un monitoreo humano a través de ensayo y error y, por lo tanto, se incrementan las posibilidades de éxito al elegir plantas que son usadas como medicinales por la gente local. Esto mismo sucede en el caso de los insectos y otros animales que se utilizan con un propósito medicinal.

Bibliografía

Abreu, G. O, Cuellar, C. A. 2008. Estrategias en la selección de plantas medicinales a investigar. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*; 13(3) 1 – 12.

Artuso, A. 2002. Bioprospecting, Benefit sharing and biotechnological capacity building. *World Development*. 30(8): 1355-2020.

Aguilar-Stoquen, M., Dhillion, S.S., Rosendal, G.K. 2006. Bioprospecting under different technological, biological and regulatory settings: trends and challenges. *Environmental Science & Policy*. In press.

Balick, M. J., & Cox, P. A. 1996. *Plants, people and culture. The science of ethnobotany*. USA.

Balunas, M.J. and Kinghorn, D. 2005. Drug discovery from medicinal plants. *Life Sciences*. 78: 431-441.

Bye, B, R. entrevista a Guzmán, A. F. *El Universal*. 29-XI-2009.

Cotton, C. M. 1996. *Ethnobotany. Principles and Applications*. USA.

Croteau, R., Kutchan, T. M., Lawis, N. C. 2000. Natural products (Secondary metabolites). In: B. Buchanan, W. Cruissem, & R. Jones (Eds.), *Biochemistry & Molecular Biology of plants*. American Society of plant Physiologists, USA. pp. 1250-1318.

Delgado, C.A; Minguillón LL: C; Joglar, T. J. 2003. *Introducción a la química terapéutica*. 2ª ed. Ed. Díaz de Santos. 519.

Heinrich, M., Ankill, A., Frei, B., Weimann, C., & Sticher, O. 1998. Medicinal plants in México healers consensus and cultural importance. *Sociedad Científica Medica* 47(11): 1859-1871.

Hernández, T., Canales, M; Caballero, J; Duran, A; Lira, R. 2005. Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional sobre plantas utilizadas para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Interciencia* 30(9): 529-535.

Linares, D. Bye, R, Flores, B. 1999. *Plantas medicinales de México usos, remedios y tradiciones*. Instituto de Biología. UNAM. México. 155.

Malpica, C. L. Font y Naiara J, 2005. Nueva herramienta bioinformática para La bioprospección vegetal y descubrimiento de principios activos. *Farmespañaindustrial*. (2) 2 – 5.

Martin, G. J. 1995. Ethnobotany. A methods manual. USA.

Medeiros, C E, Ramos E, J. 2006. Los insectos medicinales de Brasil: primera revisión. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 1(38): 395-414.

Peláez, F; Genilloud O. 2004. Real Academia Nacional de Farmacia. Nuevos fármacos basados en productos naturales de origen microbiano. Monografía XV. Nuevos avances en medicamentos. 123 -166.

Pieters, L. and Vlietnick, A J. 2005. Bioguided isolation of pharmacologically active plant components, still a valuable strategy for the finding of new lead compounds?. Journal of Ethnopharmacology. 100: 57-60.

Rates, S. M. K. 2001. Plants as source of drugs. Toxicom 39: 603-613.

Souza, B., A. R. M. 1996. How to study the pharmacology of medicinal plants in underdeveloped countries. Journal of Ethnopharmacology 54: 131-138.

Stepp, J. R., Moerman, D. E. 2001. The importance of weeds in ethnopharmacology. Journal of Ethnopharmacology 75: 19-23.

Consultas en Internet:

www.dna.gov.ar/CIENCIA/SANTAR04/CD/MRBIOP.PDF"Bioprospección, biodiversidad y derechos de propiedad intelectual, La bioprospección puede ser definida como la búsqueda de los productos

www.mda.cinvestav.mx/eh04b.htm Ecología Humana. Laboratorio de etnoecología.

www.neomundo.com.ar. Buscan futuros fármacos bajo las aguas del mar Ártico.