

# **Universidad Autónoma Metropolitana**

## **Maestría en Sociología**

**Línea de investigación: Sociedad y Nuevas Tecnologías**

**Acceso a recursos genéticos, conocimiento tradicional y  
distribución de beneficios derivados de su utilización en México.**

**Estudio de caso: Laboratorio de Biotecnología de Plantas  
Medicinales**

**Idónea Comunicación de Resultados que presenta:**

**Tanya Itzel Mohzo Díaz**

**Asesora: Dra. Rosa Luz González Aguirre**

# Índice

Índice de figuras, tablas, gráficas, mapas, imágenes .....	iii
Abreviaturas.....	iv
Introducción.....	v
1. Construcción metodológica y teórica.....	1
1.1 Marco teórico.....	1
1.2 Estrategia Metodológica .....	7
2. Antecedentes y contexto jurídico .....	15
2.1 Internacional .....	15
2.2 Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo .....	19
2.3 Protocolo de Nagoya.....	24
2.4 México .....	27
2.4.1 Antecedentes jurídicos en materia ambiental .....	27
2.4.2 Análisis de la jerarquía normativa y legislación básica en materia ambiental en México.....	28
2.4.3 Intentos de implementación de instrumentos internacionales en México .....	33
3. Caracterización de la práctica científica etnofarmacológica.....	34
3.1 Proceso de la investigación.....	35
3.1.1 Elección de la planta.....	35
3.1.2 Acceso a recursos .....	38
3.1.3 Investigación y Desarrollo (I+D).....	40
3.1.4 Escala agronómica y estrategia biotecnológica .....	45
3.1.5 Fitofármacos .....	46
3.1.6 Purificación.....	47
3.1.7 Ensayos clínicos .....	47
3.1.8 Escalar la producción.....	48
3.2 Evolución de la técnica – tecnología .....	50
3.2.1 Cantidad de materia prima requerida (Upstream) .....	50
3.2.2 Tipos de procesos y técnicas (Midstream) .....	51
3.2.3 Evolución en las formas de administración de medicamentos (Downstream).....	55

4.	Estudio de Caso.....	57
4.1	Morelos .....	57
4.2	La investigación en Morelos.....	59
4.3	Investigación y Desarrollo en el campo de la Biotecnología y la Salud en Morelos 62	
4.4	Investigación en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos .....	64
4.5	Centro de Investigación en Biotecnología .....	65
4.6	Actor clave actual – Dra. María Luisa Teresa Villareal Ortega .....	68
4.7	Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales del CEIB.....	70
4.8	Análisis de actores y sus interacciones .....	81
5.	Discusión.....	86
5.1	Casos conocidos en México sobre redistribución de beneficios.....	86
5.2	Soluciones y alternativas que brindan las tecnologías y los expertos.....	89
6.	Conclusiones .....	96
	Bibliografía.....	99

## Índice de figuras, tablas, gráficas, mapas, imágenes

a) Diagrama 1. Estudios CTS.....	2
b) Diagrama 2. Triple Hélice Fases de la investigación.....	7
c) Diagrama 3. Fases de la investigación.....	9
d) Tabla 1. Etapas de construcción del documento.....	9
e) Tabla 2. Actores clave .....	12
f) Tabla 3. Instrumento base para la realización de las entrevistas .....	13
g) Cronología 1. Proceso de creación del CBD .....	20
h) Tabla 4. Resumen de los principales temas tratados en las COPs.....	20
i) Diagrama 4. Elementos que integran los recursos genéticos.....	26
j) Diagrama 5. Proceso ideal de investigación etnofarmacológica .....	33
k) Diagrama 6. Acceso a Plantas Medicinales para investigación.....	39
l) Diagrama 7. Etapas de la práctica científica etnofarmacológica .....	49
m) Imagen 1. Cromatografía en capa fina.....	53
n) Imagen 2. Indicadores del Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en México, 2011 .....	58
o) Diagrama 8. Miembros SNI 2016.....	60
p) Tabla 5. Centros de Investigación relevante para innovar en las actividades empresariales (2006).....	61
q) Imagen 3. Índice de competitividad estatal 2014 .....	62
r) Imagen 4. Distribución por área de investigación de los investigadores SNI en Morelos 2010 .....	63
s) Tabla 6. Líneas de investigación en el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales .....	71
t) Imagen 5. Proceso de colecta de material vegetal con hongos endófitos .....	77
u) Diagrama 9. Interrelaciones entre entidades con las que debe interactuar el Laboratorio de Plantas Medicinales.....	82
v) Diagrama 10. Principales objetivos de una investigación etnofarmacológica / etnobotánica multidisciplinaria.....	94

## Abreviaturas

<b>ADN</b>	Ácido desoxirribonucleico
<b>CBD</b>	Convenio sobre Diversidad Biológica
<b>PN</b>	Protocolo de Nagoya
<b>CFP</b>	Consentimiento Fundamentado Previo
<b>CTS</b>	Ciencia, tecnología y sociedad
<b>MAG</b>	Marco analítico de la gobernanza
<b>GSR</b>	Grupos sociales relevantes
<b>CEIB</b>	Centro de investigación en biotecnología
<b>UAEM</b>	Universidad Autónoma del Estado de Morelos
<b>COP</b>	Conferencias de las Partes
<b>ExCOP</b>	Conferencias de las Partes extraordinarias
<b>TIRFAA</b>	Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
<b>CPEUM</b>	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
<b>SCJN</b>	Suprema Corte de Justicia de la Nación
<b>LGEEPA</b>	Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
<b>LGVS</b>	Ley General de Vida Silvestre
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<b>PI</b>	Propiedad intelectual
<b>CONABIO</b>	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
<b>GIZ</b>	Cooperación Alemana al Desarrollo de México
<b>BMZ</b>	Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo
<b>I+D</b>	Investigación y Desarrollo
<b>ABS</b>	Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se deriven de su utilización
<b>CIVAC</b>	Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca
<b>IBT</b>	Instituto de Biotecnología de la UNAM
<b>CONACyT</b>	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
<b>SIN</b>	Sistema Nacional de Investigadores
<b>UNAM</b>	Universidad Nacional Autónoma de México
<b>IPN</b>	Instituto Politécnico Nacional
<b>ICE</b>	Índice de Competitividad Estatal
<b>CEAMISH</b>	Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla
<b>CIQ</b>	Centro de Investigaciones Químicas
<b>CIICAp</b>	Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas
<b>IMSS</b>	Instituto Mexicano del Seguro Social
<b>CIBS</b>	Centro de Investigación Biomédica del Sur del IMSS
<b>FOMIX</b>	Fondos Mixtos
<b>CINVESTAV</b>	Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN
<b>SAGARPA</b>	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
<b>COFEPRIS</b>	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

## Introducción

Ha habido un rápido desarrollo de la biotecnología moderna desde el aislamiento del ácido desoxirribonucleico<sup>1</sup> (ADN) por Miescher en 1869, el cual ha permitido a la comunidad científica utilizar los recursos genéticos para desarrollar nuevos productos y prácticas que contribuyen al bienestar del ser humano, como el desarrollo de medicinas, cosméticos, comida, por ejemplo, y comprender mejor la biodiversidad y la red de la vida en la tierra (Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica, 2011).

En el caso de medicinas, se reconoce que los aportes de las plantas medicinales en los países desarrollados representan alrededor de una cuarta parte de todos los productos farmacéuticos prescritos (Horizon 2020, 2014), lo que demuestra que los avances de la biotecnología dan las bases para aprovechar los recursos genéticos en las nuevas investigaciones.

Por otro lado, en México, la herbolaria como medicina tradicional se sitúa en un ingenioso espacio entre la farmacia y el mercado, por lo que fascina a las nuevas generaciones que viven en las ciudades (Lozoya Legorreta, 1994). Dicha medicina tradicional ha sido una opción curativa de uso común entre toda la población del país, en mayor o menor grado, dependiendo del área cultural y geográfica y, según Lozoya Legorreta (1997), no es exclusiva de los “indios” o de las clases campesinas y, por lo tanto, se demuestra que en México el consumo de plantas medicinales es enorme, difícil de calcular en términos económicos, según el mismo autor. Pero gracias a lo mencionado anteriormente, también ha habido una gran corriente de biopiratería, entendida como la “malversación de recursos biológicos” (Zainol, *et al.*, 2011, pág. 12395) “realizado por otros, llamados ‘saqueadores’, que llevan a cabo un pillaje objetivo, sistemático, verificable, y hoy tecnológicamente potenciado” (Hersch-Martínez, 2002, págs. 104-105) dejando vulnerables a comunidades indígenas y locales.

Los individuos pertenecientes a distintas comunidades, científicos, instituciones de investigación, compañías farmacéuticas y biotecnológicas y, en general, cualquier persona,

---

<sup>1</sup> “El ADN contiene en las secuencias de nucleótidos la información necesaria para sintetizar la enorme variedad de proteínas que determinan la vida de las células y el funcionamiento de los sistemas orgánicos” (Patiño Restrepo, 2006, pág. 26).

pueden obtener los recursos genéticos en territorios donde se encuentran comunidades indígenas o locales (proveedores), los cuales llegan a ser explotados con grandes propósitos comerciales y, en el caso de las plantas medicinales, bajo los derechos exclusivos obtenidos a través de variedades de plantas y leyes de patentes. Algunos autores como Zainol *et al.*, (2011) creen que esto demuestra cómo el sistema de propiedad intelectual y la biotecnología moderna facilitan la mala apropiación de recursos biológicos y conocimiento tradicional de los proveedores. Aunado a esto, se encuentran los altos precios que se deben cubrir para la observancia de derechos que los proveedores no pueden pagar, como derechos de propiedad intelectual<sup>2</sup>, licencias, patentes, asesoría jurídica etc. por lo que “el sistema de propiedad intelectual no favorece los intereses de comunidades indígenas” (Zainol *et al.*, 2011).

Estas preocupaciones, entre otros elementos, dieron lugar a reuniones internacionales multilaterales entre las que se encuentra la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, de la que derivó el Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD), y posteriormente, en 2010, el Protocolo de Nagoya (PN) para tratar específicamente el tema de acceso a recursos genéticos, conocimiento tradicional y la distribución de beneficios derivados de su utilización. En estos instrumentos legales, se prevé la figura del Consentimiento Fundamentado Previo (CFP)<sup>3</sup> que es un acuerdo de voluntades entre proveedores y usuarios.

Existe una compleja red y dentro de ésta se encuentran otras, en las que existen proveedores que proporcionan el recurso, y quienes se benefician de sus recursos genéticos y conocimiento tradicional (usuarios) en principio deben retribuírselo. La interacción sufre afectaciones, por un lado de manera formal por la normatividad internacional y su correspondiente implementación nacional, y por otro, de manera informal, como se había

---

<sup>2</sup> “La propiedad intelectual tiene que ver con la información o los conocimientos que pueden incorporarse en objetos tangibles, de los que se puede hacer un número ilimitado de ejemplares en todos los lugares del mundo. La propiedad no reside en dichos ejemplares, antes bien, en la información y conocimientos reflejados en los mismos” (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2008).

<sup>3</sup> Los elementos básicos que debe incluir el CFP son: una clara explicación de los propósitos del estudio o investigación, los procedimientos a seguir incluyendo los experimentales, la descripción de los riesgos y los beneficios anticipados y, la revelación de procedimientos alternativos apropiados que pudieran ser una ventaja para el proveedor durante el estudio, así como informarle que puede consentir o abandonar en cualquier momento el proyecto (Magos *et al.*, 2009).

realizado antes de la entrada en vigor del PN en la que forzosamente intervienen elementos como: valores, intereses, motivos e intenciones de los actores.

Constituye un factor determinante la aplicación y ejecución de la normatividad internacional, así como su implementación en cada país, para contrarrestar el problema de biopiratería en este contexto de apropiación de recursos y de los procesos involucrados desde la perspectiva de los pueblos indios, de la nación como tal (Hersch-Martínez, 2002), así como por parte de comunidades científicas, empresas, etc. Dicho factor supondría como resultado la distribución justa de beneficios derivados de la utilización de recursos genéticos y conocimiento tradicional tomados de comunidades indígenas o locales.

Sin embargo, instrumentos normativos como el CBD y PN no son suficientes para erradicar dichos problemas porque el dinamismo en las formas de investigación ha cambiado sus técnicas, por ejemplo, que cada vez se requiera menos cantidad de materia prima, es decir recurso genético, para extraer la sustancia activa de la planta. De tal manera que no se sabe cuáles van a ser los efectos en la relación entre comunidades que regula el Protocolo a la luz de estos avances, pero esto no impide que un grupo de investigación tenga valores éticos para llevar a cabo la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de sus investigaciones a las comunidades indígenas o locales y sus territorios de donde obtienen los recursos genéticos.

Tal situación nos lleva a la interrogante principal en esta investigación:

¿Cómo se lleva a cabo el proceso de apropiación de recursos genéticos y conocimiento tradicional en comunidades de práctica científica en entornos complejos que son afectados por factores sociales, económicos, legales técnicos y culturales?

Para responder a ésta pregunta fue necesario realizar un estudio de caso en el Laboratorio de Investigaciones de Plantas Medicinales del Centro de Investigación en Biotecnología de la Universidad Autónoma de Morelos, por estar integrado por un grupo de trabajo de gran importancia en investigación etnofarmacológica a nivel nacional e internacional.

En ese tenor, la hipótesis principal en esta investigación fue:

Los resultados de investigación del Laboratorio de Investigaciones de Plantas Medicinales del Centro de Investigación en Biotecnología de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos fundamentalmente se circunscriben a investigación básica que no se traduce en beneficios para los proveedores de recursos genéticos y conocimiento tradicional a pesar de la intención y los valores éticos del grupo de trabajo.

Además de las hipótesis particulares:

- 1) En la investigación con potencial de aplicación no se han establecido vínculos suficientes con el sector productivo que permitan generar beneficios tangibles para los actores involucrados en todo el proceso.
- 2) Hay un desconocimiento por parte de los investigadores de la legislación internacional y precariedad legislativa en México que regule su práctica, lo que da como resultado que no se respeten efectivamente los principios que establecen.

# **1. Construcción metodológica y teórica**

## **1.1 Marco teórico**

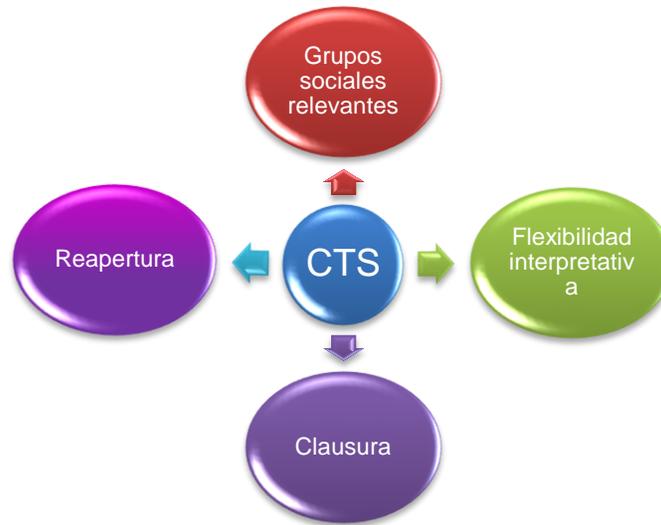
El marco teórico sobre el cual se desarrolló el proyecto propuesto se basó en los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) utilizando algunos de sus conceptos que son similares con los utilizados en el marco analítico de gobernanza (MAG).

Los estudios CTS constituyen un campo de trabajo donde se trata de entender el fenómeno científico-tecnológico en su contexto social, tanto en relación con sus condicionantes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales (Quintero, 2010) en los ámbitos de la investigación académica, la educación y la política pública (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2015). El enfoque general es de índole interdisciplinar, concurriendo en él disciplinas de las ciencias sociales y la investigación académica en humanidades como la filosofía y la historia de la ciencia y la tecnología, la sociología del conocimiento científico, la teoría de la educación y la economía del cambio técnico pública (Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2015), dicho criterio también se adapta al MAG.

Los conceptos teóricos CTS utilizados en esta investigación son: grupos sociales relevantes, reapertura, clausura, y flexibilidad interpretativa, los cuales se muestran en el Diagrama 2.

Respecto al MAG, de acuerdo a Hufty (2009), un marco analítico es un conjunto coherente de modelos, asociado con una metodología que permite una conexión que debe hacerse entre propuestas teóricas (generalizaciones) y la observación empírica. El marco analítico debe ser realista, interdisciplinario, comparativo, generalizable, reflexivo y operativo. La gobernanza se refiere a los “procesos de interacciones entre los actores envueltos en un problema colectivo que conducen a decisiones y la formulación de normas sociales” (Hufty, 2009, pág. 8). Los conceptos del MAG que se pudieron identificar en la presente investigación, son: problemas, actores, puntos nodales, normas y procesos.

## Estudios CTS



**Diagrama 1**

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al problema de investigación relativo a armonizar la relación entre usuarios y proveedores<sup>4</sup> (quienes son los “actores” de acuerdo al MAG), es importante cuestionarnos si los proveedores se constituyen como grupos sociales relevantes<sup>5</sup> (GSR) tan sólo con la intervención del CB, y el PN, y la firma del Consentimiento Fundamentado Previo<sup>6</sup> (CFP).

De alguna manera, el PN trata de incluir a ambos actores y normar su conducta a través del CFP pero esta tarea llega a ser difícil porque requiere de recursos humanos, técnicos, económicos y de tiempo que no necesariamente se encuentran disponibles. Sin embargo, para que la inclusión se pueda llevar a cabo plenamente tendrían que estar presentes todos los actores a quienes afecta

---

<sup>4</sup> Los usuarios de recursos genéticos son quienes están interesados en el acceso legal a los mismos y tienen la obligación de asegurar la distribución equitativa de beneficios, por otro lado, los proveedores de recursos genéticos son quienes albergan biodiversidad, recursos genéticos y conocimiento tradicional, están interesados en recibir beneficios derivados de su utilización y tienen la obligación de facilitar el acceso a dichos recursos (Secretaría del Convenio de Biodiversidad, 1992).

<sup>5</sup> Grupos sociales relevantes son los “diferentes grupos sociales asociados con el desarrollo de un artefacto tecnológico que comparten un significado del artefacto” (Pinch, 1997, pág. 27).

<sup>6</sup> Figura contemplada en el PN por medio de la cual una parte consiente en que otra realice una acción posterior que podrá beneficiarle o perjudicarlo, dicha acción se refiere al acceso a recursos genéticos y conocimiento tradicional.

porque el esquema del PN es indirecto, y su participación sólo se puede llevar a cabo si cuentan con los recursos necesarios para hacerse oír.

Por otro lado, se encuentra la importancia del concepto de flexibilidad interpretativa, concepto que se actualiza cuando los actores pueden identificar “significados radicalmente diferentes de un artefacto” (Pinch, 1997, pág. 27), en este caso el artefacto son las plantas medicinales como tecnología<sup>7</sup>, para cada GSR, dadas sus características particulares y asimetrías<sup>8</sup>; según los proveedores, pueden llegar a ser vistas de manera mágica y cosmogónica y, para algunos usuarios como una mercancía más, lo que deja ver que los intereses son diferentes y pueden llegar a ser hasta contrarios. Detrás del pensamiento empírico hay una razón científica, por ejemplo, cuando en una comunidad indígena o tradicional alguien menciona que “hay que colectar la planta a la luz de la luna” lo que pasa es que el predador principal de la planta la ataca en la noche y por eso en la noche fabrica el principio activo para controlarlo (M.L. Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), pero no por eso no se van a respetar sus usos y costumbres, ya que es por ellos por quien se preserva el conocimiento tradicional.

La acción colectiva que llevan a cabo los actores para llegar al acuerdo y las decisiones contenidas en el CFP, resultado de su interacción<sup>9</sup>, debe conducir a la formulación de normas o reglas del juego que orientan el comportamiento de los actores y puedan ser modificadas por la misma acción colectiva (Hufty, 2009).

Es así que el CFP debe ser visto como un proceso *ex ante*, durante y *ex post* del desarrollo que esté sujeto a revisión; previo porque es el resultado de un proceso que requiere de recursos, durante porque el desarrollo de la investigación es dinámico y *ex post* porque no concluye en el momento de la firma. Conforme se da el desarrollo tendría que haber oportunidad de que los GSR retroalimentaran con sus opiniones para actualizar los términos del CFP, y dar seguimiento a la

---

<sup>7</sup> El concepto de “tecnología” que se utiliza es el de Sundbo (1998) quién la define como incluyente de objetos materiales, más el conocimiento y el pensamiento tecnológico que está detrás de estos y la organización del trabajo alrededor del uso de la tecnología, el manejo del proceso tecnológico y la política tecnológica.

<sup>8</sup> Es el cambio de contexto, puede ser que haya un cura que prescriba plantas, prepare los extractos y se los da a la gente de la comunidad, entonces es el cura –religioso- y a la vez el curandero –médico- (A. Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>9</sup> “Las interacciones se pueden observar en puntos nodales, espacios físicos y virtuales de interfase en donde convergen los problemas, procesos, actores y normas” (Hufty, 2009, pág. 9).

repartición de beneficios. De ahí que la obtención del CFP que estipula el PN por parte de los usuarios, si bien puede constituir un mecanismo de cierre o clausura<sup>10</sup> requiere que las comunidades estén de acuerdo, lo que puede tardar cierto tiempo, proceso que involucra recursos considerables y trabajo en los valores de los GSR. Es decir, se requiere adecuar conforme a cada contexto en específico.

El CFP debe ser flexible porque la evolución en la técnica puede involucrar diferentes elecciones tecnológicas<sup>11</sup> que den lugar a trayectorias y efectos diferentes o, de acuerdo al MAG “procesos”<sup>12</sup>, que se pueden seguir para la obtención de recursos genéticos (en este caso, los componentes activos de plantas medicinales) y conocimiento tradicional, éstas elecciones son para: 1) producción industrial; 2) cultivo; y 3) recolección. Lo que puede causar la reapertura<sup>13</sup> de los acuerdos alcanzados, y por otro lado, debe replantearse periódicamente el proceso de negociación entre comunidades “a fin de asegurar que sus derechos se protejan y [...] satisfagan a todos los actores, en particular a los grupos indígenas”. (Cañas *et al.*, 2008, pág. 222).

Hay que tomar en cuenta que para que determinada tecnología llegue a explotarse de manera comercial hay que seguir alguna de las trayectorias mencionadas, pero éstas son tardadas y costosas porque el tiempo que transcurre entre la presentación de una solicitud de patente, y la aprobación para la venta de un nuevo medicamento, puede ser hasta de 12 años y el costo de la investigación asciende de 500 a 1,000 millones de dólares (Magos *et al.*, 2009) y para que los laboratorios la consideren rentable necesitan tener la posibilidad de patentar sus resultados, mencionó en entrevista al periódico Universo (2006) el Dr. Arturo Gómez-Pompa, asesor científico de la

---

<sup>10</sup> El mecanismo de cierre es “mediante el cual desaparece la flexibilidad interpretativa de un artefacto” (Pinch, 1997, pág. 28). Es el momento en que una de las interpretaciones de la tecnología se impone sobre el resto y; por lo tanto, se da por concluida y cerrada. A veces, existe una negociación entre los GSR para determinar cuándo un artefacto técnico se estabiliza, aunque no siempre ocurre así (Flores S. , 2010, pág. 92).

<sup>11</sup> Las elecciones son un concepto central en estudios sociales de la ciencia y la tecnología, ya que afectan el desarrollo de tecnologías, sistemas tecnológicos y la dirección o trayectoria de innovaciones. De ahí la importancia de estudiar las maneras en que el contexto, los propósitos y aspectos de poder influyen en las elecciones sociotécnicas (Chauvet, y otros, 2012).

<sup>12</sup> “Los procesos son sucesiones de estados por los cuales pasan la interrelación entre actores, normas y puntos nodales” (Hufty, 2009, pág. 9), es decir, las etapas que los implican y en las que interactúan desde el principio hasta la consecución de un fin.

<sup>13</sup> “Una tecnología una vez cerrada puede ser reabierto y particularmente adoptada y usada por diferentes grupos sociales” (Flores S. , 2010, pág. 92).

Universidad Veracruzana. En ese sentido la gobernanza de este tipo de tecnologías involucra a GSR más allá de las fronteras nacionales y en consecuencia es difícil incidir en dichas trayectorias.

Para el caso específico que nos ocupa, se ha enfatizado que la Dra. Villarreal tiene interés en devolver de alguna manera a comunidades indígenas o locales los recursos genéticos (plantas medicinales) y conocimiento tradicional asociado que toman ella y su grupo de trabajo para sus investigaciones etnofarmacológicas. En este caso, conocer la realidad de tal manera que haga posible la conjunción de la ciencia objetiva y la responsabilidad ética en la aplicación de la ciencia y tecnología (Drane, 2006) es todo un reto, que claramente va más allá de los actores involucrados en la firma de un CFP y tiene que ver con políticas de innovación por lo que la concientización de la responsabilidad que se tiene con las comunidades, e incluso con el medio ambiente, es algo que debe buscarse además de regular el comportamiento de los individuos mediante instrumentos jurídicos para orientar la tecnología a objetivos que tengan como fin un beneficio social más amplio.

Para que tengan éxito estos principios normativos necesitan aplicarse en varias esferas de acción; siguiendo el modelo de la triple hélice<sup>14</sup> estas son la universidad, industria y el gobierno. En el caso de la investigación en plantas medicinales, a nivel internacional existe una importante vinculación entre las universidades y la industria, una muestra de ello es que en el periodo de 1981 a 2010 el 68% de medicinas anti-infecciosas anticáncer fueron inspiradas por moléculas encontradas en la naturaleza (Burton y Evans-Illidge, 2014).

Al respecto la Dra. Villarreal comentó:

Desde la aspirina, el ácido acetilsalicílico es un compuesto derivado de una planta, el *salix*, por supuesto que la industria lo sintetizó y ya no les importó la planta sino el prototipo de principio activo porque así es más económico que extraerlo de la planta, pero hay muchos otros como la morfina, papaverina, hipotensores, antimaláricos, penicilina, etc. vienen de plantas, el 25% de los fármacos que se venden en las farmacias tienen principios activos vegetales pero es muy caro y muy pocos se pueden sintetizar por los caminos metabólicos muy complejos que utiliza la planta, desde el punto de vista de la química

---

<sup>14</sup> La triple hélice expresa la “relación universidad-industria-gobierno como una asociación entre iguales, relativamente independientes, de esferas institucionales que se traslapan y toman el papel de las otras” (Etzkowitz, 2002, pág. 3).

menos del 5% se ha logrado sintetizar, entonces se siguen extrayendo de la planta silvestre, cultivada, o los propios cultivos.

Últimamente es más frecuente que la innovación provenga del exterior de la empresa individual y aun de otra esfera institucional (Etzkowitz, 2002). En el caso de México, en cuanto al gobierno se puede observar un debilitamiento del vínculo que lo une con los otros dos porque cada vez se incentiva menos la ciencia y tecnología<sup>15</sup>, una muestra de ello es la insuficiencia de las políticas públicas y la carencia de una estrategia donde converjan medidas económicas, industriales y educativas, lo que da como resultado mayores obstáculos para lograr un ambiente propicio para la innovación en las empresas mexicanas (Flores, 2010).

Si la industria no llega a articularse adecuadamente con el gobierno, la tecnología desarrollada en universidades no llegará a explotarse comercialmente, en el caso que nos ocupa, los usuarios no podrán cumplir con las obligaciones impuestas en el PN debido a causas fuera de su alcance, en este caso, la falta de políticas públicas o su mala aplicación. Ni tampoco los resultados de investigación podrán ser aplicados al beneficio social, lo cual está ligado a los elementos que Tapia Uribe (2006) propone agregar a la triple hélice, que son las demandas ciudadanas y sociales, las que sólo se podrán vincular si se orienta la tecnología hacia resultados que puedan favorecer a la sociedad. Un camino consiste en métodos de activismo que pueden ser usados por grupos con relativo poco poder institucional orientados a tratar de influenciar la opinión, políticas o prácticas hacia fines democráticos o normativos (Woodhouse *et al*, 2002).

Se puede pensar en utilizar tecnologías tradicionales que incorporen los avances científicos y tecnológicos que se han generado en México y en el mundo, cuyos requerimientos en tiempo y financiamiento son sustancialmente menores y en su trayectoria podrían participar GSR locales<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> Para el Programa de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) la bolsa asignada por el gobierno federal para 2015 fue de 88 mil 54 millones de pesos, cifra que no representa ni 0.4 por ciento del PIB, cuando la Constitución mandata al gobierno a invertir como mínimo 1% del PIB (Garduño, 2014).

<sup>16</sup> La acción colectiva resulta de la interacción entre los actores, ya sea conflictiva o cooperativa, de las transacciones, acuerdos y las decisiones que se toman y de su aplicación (Hufty, 2009).

## Triple Hélice



**Diagrama 2**

Fuente: Elaboración propia.

En CTS se ha llegado al consenso de que la tecnología y la sociedad son construidas mutua y recíprocamente<sup>17</sup> (Woodhouse *et al.*, 2002), pero debemos hacernos algunas preguntas de carácter normativo que apoyen esta afirmación: ¿Qué grupos sociales relevantes deben ser incluidos en los procesos de construcción de la tecnología? ¿Cómo la flexibilidad interpretativa llega a la clausura? ¿Cuándo debe haber una reapertura? Y, ¿Existen formas moralmente preferibles en la creación de marcos tecnológicos<sup>18</sup>? (Hamlett, 2002).

### 1.2 Estrategia Metodológica

Se realizó la investigación mediante el estudio de caso del Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales del CEIB de la UAEM<sup>19</sup>, lo que sirvió para la mejor comprensión del caso<sup>20</sup> en

<sup>17</sup> “La tecnociencia es contingente y socialmente negociada” (Woodhouse *et al.*, 2002, pág. 297).

<sup>18</sup> Un marco tecnológico es un elemento de articulación entre los grupos sociales relevantes, es heterogéneo ya que incluye elementos cognitivos y culturales, y dinámico porque se estructura en la medida que las interacciones suceden alrededor del artefacto (Palacio *et al.*, 2007).

<sup>19</sup> Es una investigación “realista” de acuerdo al Marco Analítico de la Gobernanza, en la que se describirán los hechos tal y como son (Hufty, 2009) y, en el último capítulo, se propondrán alternativas para solucionar los problemas de que adolece el proceso de investigación y la regulación jurídica correspondiente del mismo.

<sup>20</sup> La palabra “caso” se entiende como una “entidad dotada de límites espacio temporales, de una estructura y de una lógica específica de funcionamiento” (Gundermann Kröll, 2013, pág. 259).

particular y como oportunidad de estudiar el fenómeno de interés (Gundermann Kröll, 2013), que en este caso es el proceso que se lleva a cabo desde el acceso a recursos genéticos y conocimiento tradicional, hasta la distribución de beneficios derivados de su utilización a las comunidades indígenas o locales constituyendo un sistema de conocimiento.

La metodología utilizada se basa en la concepción positivista<sup>21</sup> de la organización general de un proyecto de investigación sociológica de acuerdo a Bertaux (1993), haciendo una clasificación particular que consta de cuatro fases y se adecua en específico al presente proyecto, siendo las siguientes: Preparatoria, Trabajo de Campo, Analítica e Informativa, como se muestra en el Diagrama 1.

En la fase Preparatoria se eligió y diseñó el proyecto de investigación mediante la reflexión de soluciones pertinentes a problemas sociales de acuerdo a los intereses de la investigadora, la línea de investigación y el posgrado. También se estableció la población de actores (comunidad científica) en que se basa el estudio de caso, por el criterio de prestigio, reconocimiento y producción científica nacional e internacional con que cuenta el Laboratorio de Plantas Medicinales<sup>22</sup> de la UAEM.

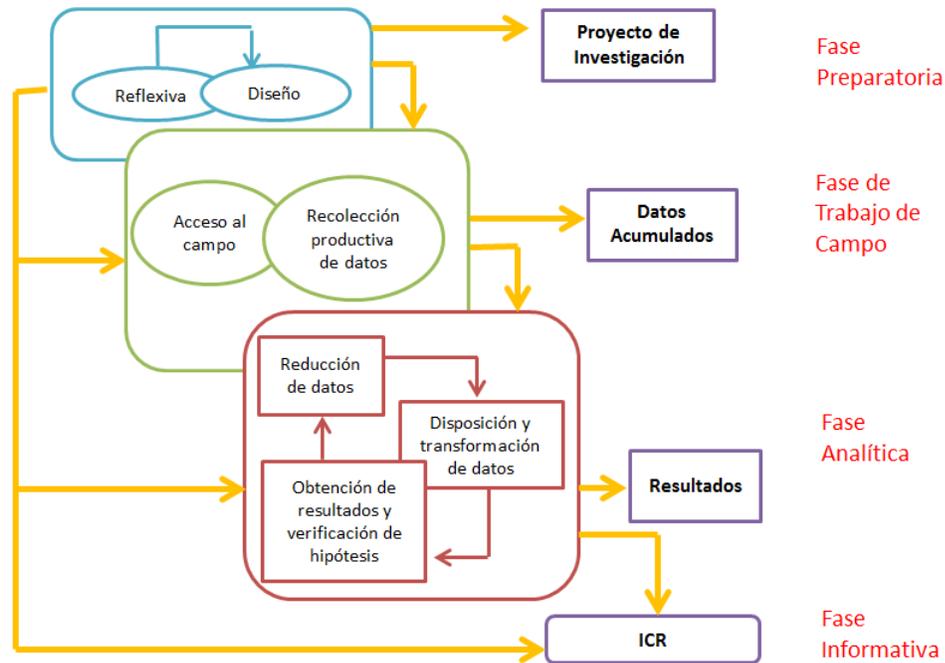
En la fase del Trabajo de Campo, se realizó una estancia de investigación en la UAEM, donde se encuentran los sujetos de estudio y se llevaron a cabo entrevistas que culminaron en la recolección productiva de datos, los cuales en la fase Analítica se redujeron y transformaron para la obtención de resultados y verificación de conclusiones, plasmándose finalmente en la fase Informativa en el presente documento, que es la Idónea Comunicación de Resultados, el cual se redactó y complementó a lo largo de todas las etapas, y que es requerida para acreditar el programa de Maestría en Sociología de la Universidad Autónoma Metropolitana.

---

<sup>21</sup> Los estadios de la idea convencional de una investigación científica positivista dirigida son: “una clara selección de una cuestión sustantiva, la formulación de hipótesis y el diseño de la investigación, la elección de la población, la muestra, la recopilación de datos, la codificación, el análisis de datos, la validación de hipótesis, hasta el informe final y la publicación” (Bertaux, 1993, pág. 22), aunque el mismo Bertaux no está de acuerdo en este tipo de investigación.

<sup>22</sup> En este caso, el Laboratorio constituye una subcultura según Bertaux (2005), porque en las sociedades contemporáneas existe una diferenciación y especialización de los sectores de actividad, ya que cada uno utiliza sus propios modos de funcionamiento, división de trabajo y formas de relación social de producción, mercados internos, normas, lenguaje específico, conocimientos y la capacidad necesaria para ejercer una actividad en ese marco, sus valores y conflictos de valores, creencias, apuestas y las reglas de esas ‘apuestas’.

### Fases de la investigación



**Diagrama 3**

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se clasificaron las etapas de la construcción del texto asociándolas con los objetivos particulares de la investigación (Tabla 1) y los cinco capítulos que lo constituyen, los cuales se desprenden del objetivo general que es: analizar las relaciones que un grupo destacado académicamente en el campo de etnofarmacología en México ha establecido con otras comunidades de práctica para acceder a sus recursos genéticos, conocimiento tradicional y la manera en que los beneficios derivados de su utilización podrían ser distribuidos.

### Etapas de construcción del documento

Etapas de construcción del documento	Objetivos Particulares
--------------------------------------	------------------------

<b>Cap. 1 - Introducción</b>	Desglose de la Estrategia Metodológica y Marco Teórico.
<b>Cap. 2 - Diagnóstico</b>	Caracterizar las prácticas de investigación en etnofarmacología y su evolución en el Laboratorio de Investigaciones de Plantas Medicinales del CEIB de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, así como sus efectos en la relación con los proveedores de recursos genéticos y conocimiento tradicional.
<b>Caps. 2 y 4- Analítica</b>	Analizar, si es que existen, las formas de retribución a proveedores de recursos genéticos y conocimiento tradicional aplicadas por el Laboratorio de Investigaciones de Plantas Medicinales del CEIB de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
<b>Caps. 3 y 4 - Informativa</b>	Identificar los factores sociales, económicos, jurídicos, técnicos y culturales que afectan las prácticas de investigación de etnofarmacología en la comunidad científica del Laboratorio de Investigaciones de Plantas Medicinales del CEIB de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
<b>Cap. 5 y 6 - Propositiva</b>	Plantear las bases para la formulación de políticas públicas relacionadas con la interacción de comunidades de práctica, así como los ajustes que se necesitan en la legislación para adecuarse a la realidad de la evolución de las técnicas de la comunidad científica.

**Tabla 1**

Fuente. Elaboración propia.

Por lo que se refiere a las relaciones entre actores en las redes profesionales de que son parte los sujetos de estudio<sup>23</sup>, se realizó un análisis de estos actores y sus interacciones para entender las consecuencias del flujo de información, así como la fuerza y profundidad de las interrelaciones (Hummelbrunner y Williams, 2015) y “la importancia de la conexión entre entidades, los patrones, antecedentes y consecuencias de las mismas” (Faust, 2002, pág. 1). Esto por lo que respecta a la comunidad científica estudiada en esta investigación, sin dejar de lado la importancia de los proveedores.

Como instrumento de investigación se utilizó la entrevista cualitativa<sup>24</sup> para recolectar e interpretar información de los sujetos de estudio<sup>25</sup> que se encuentran adscritos al Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales del CEIB. Entre ellos, la profesora investigadora encargada del Laboratorio, dos profesores investigadores, cinco estudiantes de doctorado y una de maestría y dos estudiantes de verano. También entrevisté a dos personas relacionadas con el desempeño de la práctica científica; la encargada del área de vinculación y uno de los fundadores del Centro, quienes proporcionaron una visión histórica y general del contexto del Laboratorio:

- **Profesora investigadora encargada del Laboratorio:** Dra. María Luisa Villarreal Ortega.
- **Profesores investigadores del Laboratorio:** Dra. Anabel Ortiz Caltempa, Dr. Alexandre Toshirrico Cardoso Taketa.
- **Estudiantes de Doctorado en Ciencias Naturales:** Emma Medellín Cardoso, Gemma Balderas Hernández, Rocío Casasanero Orduña, Mariana Vázquez García, Olga Lidia Cruz Miranda.
- **Estudiante de Maestría en Ciencias Naturales:** Rosario del Carmen Flores Vallejo.
- **Estudiantes de verano:** Martín Vázquez Vera, Juan Francisco Sermina Domínguez.
- **Encargada del área de vinculación:** Mtra. Carolina Abarca Camacho.

---

<sup>23</sup> No hay una neutralidad absoluta de los investigadores, lo cual implica una perspectiva reflexiva por su parte, que tiene en cuenta sus interacciones con los demás actores, y las consecuencias que surgen de esos contactos (Hufty, 2009).

<sup>24</sup> En sociología, es una técnica indispensable para la generación de conocimiento sistemático sobre el mundo social y se ubica en el plano de interacción entre individuos cuyas intenciones y símbolos se encuentran muchas veces ocultos y donde el empleo de la entrevista permite descubrirlos (Vela, 2013).

<sup>25</sup> Se preparó un sondeo con la Dra. Blanca Estela Chávez Sandoval, encargada del Laboratorio de Nanotecnología en Plantas Medicinales de la UAM-Azcapotzalco, así como al Dr. Gerhard Obhermeyer, Jefe del Laboratorio de Biofísica Molecular y Bioquímica de Plantas de la Universidad Paris Lodron Salzburg, Austria.

- **Director del Centro y responsable del Laboratorio de Control Biológico:** Dr. Víctor Manuel Hernández Velázquez.
- **Uno de los fundadores del CEIB:** Dr. Rodolfo Quintero Ramírez.

La identificación para clasificar a los Doctores María Luisa Villarreal Ortega y Rodolfo Quintero como actores clave<sup>26</sup> fue a partir de ciertas características académicas, profesionales y de participación en el presente o pasado dentro del grupo de trabajo estudiado, las cuales se muestran en la Tabla 2:

### Actores clave

	Representantes del grupo	Capacidad de gestión y negociación con otros actores	Capacidades, habilidades y conocimiento	Cuentan con mecanismos de obtención de recursos
Actores clave	X	X	X	X
Otros actores			X	

**Tabla 2**

Fuente: Elaboración propia.

Los entrevistados tuvieron la posibilidad de expresar sus pensamientos, deseos, “experiencias, sentimientos, subjetividades e interpretaciones [...] de su vida y de la vida social” (Vela, 2013, pág. 67) del grupo, así como de los hechos sociales en los que se encuentran inmersos, los cuales finamente se analizaron. Para cumplir con dicho propósito las entrevistas fueron semiestructuradas con un diseño flexible, abierto y libre que giró en torno a determinados ejes temáticos previamente establecidos (Vela, 2013). Las entrevistas dieron lugar a los relatos<sup>27</sup>, así como a la anécdota, mediante la cual se obtuvo la visión del mundo que tiene el entrevistado, “de su relación con aquellos que tienen el poder y los que no lo tienen” (Fraser, 1990, págs. 134-135).

<sup>26</sup> Son los individuos cuya participación es indispensable y obligada para el logro del propósito, objetivos y metas de los proyectos de investigación, así como su desarrollo (SEMARNAT, 2015).

<sup>27</sup> El relato es la forma obvia para los actores al hablar con extraños (en este caso, la investigadora), para contar las experiencias importantes y sus acontecimientos, las cuales suelen recordar como una serie de crónicas narrativas que son series de relatos marcadas por acontecimientos clave (Coffey y Atkinson, 2003).

Las preguntas que se formularon en las entrevistas están contenidas en algunos ejes temáticos con base en la metodología utilizada por Tony Becher (2001), pero modificadas y adaptadas al presente proyecto, como se puede observar en la Tabla 3:

### **Instrumento base para la realización de las entrevistas**

<b>Dimensión</b>	<b>Variables</b>	<b>Microvariables</b>	<b>Ejes</b>
Contexto UAEM/CEIB/Lab	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Situación actual</li> <li>• Antecedentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actores relevantes</li> <li>• Situaciones clave</li> <li>• Integración</li> </ul>
Gobierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas públicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones</li> <li>• Beneficios /Costos</li> <li>• Otros apoyos</li> </ul>
Práctica Científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proceso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Etapas</li> <li>• Condiciones (acceso)</li> <li>• Resultados (de la investigación)</li> <li>• Aspectos legales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiamiento</li> <li>• Obtención de materia</li> <li>• Desarrollo del proceso</li> <li>• Tratamiento de materia</li> <li>• Importancia de la tecnología y técnicas</li> <li>• Diferencias con otras prácticas</li> <li>• Tipos de resultados</li> <li>• Prioridades de investigación</li> <li>• Conocimiento de regulación jurídica</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas de investigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Técnicas conocidas</li> <li>• Técnicas utilizadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relación con la naturaleza</li> <li>• Instrumentos</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descripción</li> <li>• Evolución</li> <li>• Resultados</li> </ul>
Desarrollo académico y profesional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trayectoria académica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación académica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado</li> <li>• Especialidad</li> <li>• Reconocimientos</li> <li>• Publicaciones</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trayectoria profesional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación y experiencia profesional</li> <li>• Incorporación a UAEM/CEIB/Lab</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perfil</li> <li>• Funciones</li> <li>• Movilidad</li> <li>• Redes de colaboración</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficios</li> <li>• Grupos y/o personas sobresalientes</li> <li>• Formación de líderes</li> </ul>
Sistema de valores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromisos morales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valores personales y en el grupo de trabajo</li> <li>• Compromiso social / ambiental/con su propia investigación.</li> </ul>

**Tabla 3**

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se recalca que de la información resultante de las entrevistas no hay una verdad única y absoluta, sino la que más se acerca a la realidad resultante de la interpretación y construcción de las versiones del mundo que tienen los entrevistados (Fraser, 1990), la tarea que se llevó a cabo fue la de comprender el movimiento de las comunidades (Bertaux, 1993).

## 2. Antecedentes y contexto jurídico

### 2.1 Internacional

Es indispensable identificar los diferentes intereses, derechos y obligaciones de los grupos sociales que participan en el proceso de obtención de recursos genéticos y conocimiento tradicional, así como los bienes jurídicamente tutelables (Cañas *et al.*, 2008), ya que en las últimas décadas, ha habido una tendencia por la mayoría de los países hacia la protección de recursos naturales y finalmente de que el ambiente se consolide como un bien jurídico susceptible de tutela legal por sí mismo, es decir, como el conjunto de dichos recursos: agua, suelo, aire, flora y fauna (Bernad y Wright, 1996), o bien el conjunto de elementos bióticos o abióticos que integran la biosfera, sustento y hogar de los seres vivos (Antúnez, 2011). Frente a la protección del medio ambiente va implícita la protección de la biodiversidad y desde el punto de vista jurídico no son simplemente un objeto a regular, sino unos “de los valores que sustentan la vida natural y humana [...] se debe evitar su pérdida a través de mecanismos de control e inducción de las conductas y actividades humanas que colaboran en su pérdida y destrucción” (Carmona, 2003, pág. 332).

Los elementos naturales cuentan con dos tipos de valores: valor económico por ser insumos para los procesos productivos, y valor no utilitario por ser proveedores de servicios ambientales (Séve, 2002). Aquí nos referiremos específicamente al valor económico con que cuentan las plantas medicinales (flora) para combatir el cáncer y otros males, comenzando por cómo ha ido evolucionando a lo largo del tiempo la inclusión como derecho al medio ambiente mediante la disciplina del Derecho Ambiental<sup>28</sup>.

Se considera como el primer tratado en materia del medio ambiente al Tratado de Jay firmado el 19 de noviembre de 1794 entre Estados Unidos y Gran Bretaña, éste regulaba aspectos sobre alta mar (Domingos *et al.*, 2012).

Subsecuentes convenciones que se han llevado a cabo a nivel internacional para la protección del ambiente fueron las siguientes: Convención para la Protección de los Pájaros Útiles en la

---

<sup>28</sup> El Derecho Ambiental es una reciente rama jurídica definida como la “ciencia rectora encargada del análisis y la protección desde una visión jurídica del medio ambiente, a partir de una serie de cuestiones que van desde la propia definición hasta las cuestiones más elementales que importan a esta ciencia” (Domingos, *et al.*, 2012, pág. 6).

Agricultura (1902), Convención de Londres sobre la Conservación de la Fauna y de la Flora en Estado Natural (1933), Convención de Washington para la Protección de la Flora, de la Fauna y de las Bellezas Escénicas Naturales de los Países de América (1940), Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación de las Aguas del Mar por Hidrocarburos. Londres (1945), Convención sobre Humedales de Importancia Internacional (1971), Convención relativa a la Protección del Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad (1971), Convenio sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias (1972), Declaración de Estocolmo (1972), Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (1973), Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por Buques (1973), Convención de la ONU sobre el Derecho del Mar (1982), Convenio para la Protección de la Capa de Ozono (1985), Convenio sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos y su Eliminación (1989), Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), Convención de la ONU contra la Desertificación (1994), Conferencia de las Partes firmantes del Convenio sobre Diversidad Biológica (2000), Declaración de Johannesburgo (2004) y Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (2012).

Otros actos institucionales, acuerdos y resoluciones internacionales de gran importancia han sido: el Tratado sobre Aguas Fronterizas entre Canadá y Estados Unidos (1902), Tratado Ballenero Internacional (1931), Sentencia del Tribunal arbitral de Estados Unidos relativa a los daños causados en Estados Unidos por las descargas contaminantes en la atmósfera provenientes de una fundición en Canadá (1941), Resolución de la Asamblea General de la ONU en que se convocó para 1972 a la Conferencia Mundial sobre el Medio Humano (1968), creación del Comité Ambiental por la OCDE (1970), Tratado de Ginebra sobre la Contaminación del Aire Transfronterizo (1979), Tratado de Viena sobre la Protección de la Capa de Ozono (1985), Declaración Ministerial sobre Desarrollo sostenible de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas y el miembro de la Comisión Europea encargado del Medio Ambiente (1990), Firma del MERCOSUR por Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay (1991), Firma del Acuerdo General sobre Aranceles y Comercio (1994), Acuerdo Constitutivo de la Organización Mundial de Comercio (OMC) (1995), Dictamen sobre la legalidad del empleo de armas nucleares de la Corte Internacional de Justicia (1996), Protocolo sobre Bioseguridad Relativo al Transporte,

Manipulación y Utilización Seguras de Organismos Vivos Modificados Derivados de la Biotecnología Moderna (2000) y la Decisión No 02/01 del Consejo del MERCOSUR se aprobó el Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del MERCOSUR (2001).

Finalmente, lo anterior ha desembocado en leyes y normatividad que protege al medio ambiente y sus elementos, las más relevantes son: la Ley Nacional de Política Ambiental en Estados Unidos (1969), Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación en México (1971), Ley Sobre Evaluación Ambiental del Estado de Ontario en Canadá (1975), Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en Ecuador (1976), Ley Orgánica del Ambiente en Venezuela (1976), Ley de Protección al Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales en Cuba (1981), Ley que Dispone sobre la Política Nacional de Medio Ambiente, sus Fines y Mecanismos de Formulación y Aplicación y de Otras Providencias de Brasil (1981), reforma a los textos de los Arts. 23 y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y se crea la LGEEPA (1987), decreto sobre el pago de Servicios Ambientales de Costa Rica (1992), Ley General del Ambiente de Honduras (1994), Ley de Impacto Ambiental de Paraguay (1994) y Leyes sobre Bases Generales del Medio Ambiente de Chile (1994) (González, 2014).

Cabe destacar que algunos acuerdos internacionales no tienen directamente el objeto de proteger al medio ambiente pero gracias al avance en esta materia se ha incluido en sus preceptos, como en el caso del Acuerdo Constitutivo de la OMC (1995) en el que las partes reconocieron que sus relaciones en la esfera de la actividad comercial y económica deben tender a elevar los niveles de vida, a lograr el pleno empleo y un volumen considerable y en constante aumento de ingresos reales y demanda efectiva y a acrecentar la producción y el comercio de bienes y servicios, permitiendo al mismo tiempo la utilización óptima de los recursos mundiales de conformidad con el objetivo de un desarrollo sostenible y procurando proteger y preservar el medio ambiente e incrementar los medios para hacerlo, de manera compatible con sus respectivas necesidades e intereses según los diferentes niveles de desarrollo económico (González, 2014).

La creación del Comité Ambiental en 1970 por la OCDE culminó en el reconocimiento de que ciertos asuntos ambientales tienen un carácter internacional y de que las diferencias entre los estándares ambientales de los países miembro podían tener implicaciones para el comercio,

economía y relaciones políticas, así como de que algunos miembros podrían estar suficientemente preparados para enfrentar los crecientes problemas ambientales y otros no, además de establecer los antecedentes del principio ambiental internacional de contaminador – pagador<sup>29</sup>.

Merece especial atención la Declaración de Estocolmo, llevada a cabo el 5 de junio de 1972, como primer Conferencia Mundial sobre Medio Humano, en la que también por primera vez se reconoció la necesidad de afrontar las problemáticas ambientales desde todas las direcciones, y la creación de un conjunto de normas jurídicas que se constituyeran como soluciones eficientes (Domingos *et al.*, 2012). Los principios acuñados en el marco de dicha Declaración, fueron: medio ambiente adecuado y no discriminación, responsabilidad intergeneracional, desarrollo ambientalmente viable, prevención del daño ambiental, cooperación, planificación del desarrollo y crecimiento demográfico, ciencia al servicio de la sociedad, educación e investigación como instrumentos de política ambiental, información, reparación del daño, conservación del ambiente, y el derecho soberano de los Estados a explotar sus propios recursos. El principio de precaución<sup>30</sup> se incorporó hasta 1982 en la Carta Mundial de la Naturaleza en el marco de la Convención de la ONU sobre el Derecho del Mar, en Montego Bay.

También, la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible, aprobada en 2002 durante la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, es sustancial ya que retoma los principios de la Declaración de Estocolmo y la Conferencia de Río de Janeiro, y se basa en los principios de los derechos humanos universales, intenta impulsar el desarrollo sostenible en todos los ámbitos porque dará como resultado reducción en la pobreza. Destaca la importancia de promocionar el diálogo y la cooperación internacional entre las comunidades y los pueblos, apoyar a las comunidades más pobres y vulnerables, así como continuar y mejorar el trabajo relacionado con la implementación de la Agenda 21, los Objetivos de Desarrollo del Milenio y el Plan de Implementación de Johannesburgo (Interarts, 2015).

---

<sup>29</sup> Dicho principio se encuentra recogido en el Art. 174 Tratado Constitutivo de la Unión Europea y en la Declaración de Río (1992), incluye asumir los costes privados y de gestión pública judicial y administrativa en la recuperación del medio ambiente por el contaminador (Moscoso, 2011).

<sup>30</sup> A diferencia del principio de prevención, se basa en daños ambientales desconocidos.

Posteriormente, se desarrollará lo relativo a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, ya que en el marco de su firma nacieron diversos documentos, principios y obligaciones internacionales que son clave actualmente para la protección de los recursos genéticos, el medio ambiente y los derechos de las comunidades que los ostentan, entre ellos el Protocolo de Nagoya.

## **2.2 Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo**

El 4 de junio de 1992 se llevó a cabo en Río de Janeiro, Brasil, la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, llamada la “Cumbre de la Tierra”, en la que se sentaron las bases para la elaboración de posteriores leyes ambientales, se ratificaron la mayoría de los principios de la Declaración de Estocolmo y se adicionaron otros, y cuyo principal resultado fue llegar a un acuerdo sobre la importancia de promover la idea de un desarrollo sustentable (González, 2014).

De esta Conferencia nacieron cinco instrumentos jurídicos<sup>31</sup>: la Agenda 21 (Ahora Programa XXI), la Declaración de Río sobre el Ambiente y Desarrollo, la Declaración de Principios para un Consenso Mundial sobre la Gestión, la Conservación y la Explotación Ecológicamente Viable de todos los Tipos de Bosques, el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Convenio sobre Diversidad Biológica<sup>32</sup>. En este último se adoptaron decisiones trascendentes que permitirían a las naciones parte hacer frente a los retos respecto al menoscabo y pérdida de diversidad biológica que empeora cada día por el cambio climático para garantizar el bienestar de los ecosistemas y de esa manera preservarlos a futuro (Harrop, 2011).

El proceso de creación del CBD (Cronología 1) fue laborioso y tardado, desde 1984 hasta su culminación en 1992 y su entrada en vigor en 1993.

---

<sup>31</sup> La Agenda 21, los Principios Generales de la Conservación de los Bosques y la Declaración de Río, no contienen disposiciones obligatorias sino político - morales, en cambio los otros dos instrumentos sí son vinculantes (Domingos *et al.*, 2012).

<sup>32</sup> Entró en vigor el 29 de diciembre de 1993 y actualmente son 193 países que lo han suscrito y ratificado. Sus tres objetivos principales son: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible (Naciones Unidas, 2015).

## Proceso de creación del CBD



### Cronología 1

Fuente: <http://www.biodiversidad.gob.mx/planeta/internacional/cbd.html>

Derivado del CBD se han llevado a cabo Conferencias de las Partes (COP) firmantes y 2 extraordinarias (ExCOP), al principio eran anuales y actualmente son cada dos años.

A continuación, en la Tabla 4, se sintetizaron los principales temas tratados en cada COP y ExCOP:

### Resumen de principales temas tratados en las COPs

	<b>Fechas</b>	<b>Ciudad y País</b>	<b>Principales temas tratados</b>
1	28 noviembre – 9 diciembre 1994.	Nassau, Bahamas.	Guía para el Mecanismo Financiero; Programa de Trabajo a mediano plazo.
2	6 – 17 noviembre 1995.	Jakarta, Indonesia.	Diversidad biológica marina y costera; acceso a recursos genéticos; conservación y uso sostenible de la diversidad biológica; bioseguridad.
3	4 – 15 noviembre 1996.	Buenos Aires, Argentina.	Diversidad biológica agrícola; mecanismo financiero; identificación,

			monitoreo y evaluación; derechos de propiedad intelectual.
4	4 – 15 mayo 1998.	Bratislava, Eslovaquia.	Diversidad biológica de aguas continentales; revisión de las operaciones del Convenio; Artículo 8 (j) y disposiciones conexas (conocimiento tradicional); distribución de beneficios.
5	15 – 26 mayo 2000.	Nairobi, Kenia.	Diversidad biológica de tierras áridas y subhúmedas; uso sostenible, incluyendo el turismo; acceso a recursos genéticos.
6	7 – 19 abril 2002.	The Hague, Países Bajos.	Diversidad biológica forestal; especies invasoras; distribución de beneficios; Plan Estratégico (2002-2010).
7	9 – 20 febrero 2004.	Kuala Lumpur, Malasia.	Diversidad biológica de montañas; áreas protegidas; transferencia de tecnología y cooperación tecnológica.
8	20 – 31 marzo 2006.	Curitiba, Brazil.	Diversidad biológica de islas; tierras áridas y subhúmedas; iniciativa mundial sobre taxonomía; Acceso y distribución de beneficios (ABS); Artículo 8j; Comunicación, educación y conciencia pública .
9	19 – 30 mayo 2008.	Bonn, Alemania.	Biodiversidad agrícola, Estrategia Global para la Conservación Vegetal, Especies Exóticas Invasoras, Biodiversidad de Bosques, Medidas Incentivas, Enfoque Ecosistémico,

			Progreso hacia la meta 2010, Mecanismo Financiero, Acceso a Recursos y Distribución de Beneficios (ABS), Artículo 8(j).
10	18 – 29 octubre 2010.	Nagoya, Aichi Prefecture, Japón.	<p>Diversidad biológica de las Aguas Continentales, diversidad biológica marina y costera, diversidad biológica de las montañas, áreas protegidas, utilización sostenible de la diversidad biológica y, diversidad biológica y cambio climático.</p> <p>Resultados más significativos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La adopción del Protocolo de Nagoya.</li> <li>2. El establecimiento del Plan Estratégico 2011-2020.</li> </ol>
11	8 – 19 octubre 2012.	Hyderabad, India.	Aplicación del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y el progreso hacia las Metas de Aichi, recursos y Mecanismo Financiero así como la situación del Protocolo de Nagoya sobre Acceso a Recursos Genéticos y Reparto Justo y Equitativo de los Beneficios derivados de su Utilización.
12	6 – 17 octubre 2014.	Pyeongchang, República de Corea.	Diversidad Biológica para el Desarrollo Sostenible, economía verde en el contexto del desarrollo sostenible,

			<p>la erradicación de la pobreza, y el marco institucional y las reglas a seguir para la elaboración de los “Objetivos de desarrollo sostenible” (González, 2014).</p> <p>Resultado: Plan de Acción “El futuro que queremos” que reafirma los principios de la Conferencia de Río de 1992.</p>
<b>ExCOP1 (Extraordinaria)</b>			
	22 – 23 febrero 1999.	Cartagena, Colombia	<p>Organismos vivos modificados (OVMs) para uso directo como alimento para los seres humanos o animales o para su procesamiento, principio de precaución, requisitos de identificación y documentación, relación entre el Protocolo de Cartagena y otros acuerdos internacionales, especialmente con los acuerdos de la OMC (Mackenzie <i>et al.</i>, 2004).</p> <p>Resultado: aprobación del Protocolo de Cartagena.</p>
	24 – 28 enero 2000.	Montreal, Canadá	

**Tabla 4**

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos en las páginas web: <https://www.cbd.int/cop/default.shtml>

Desde la COP6 se había planteado la necesidad de establecer un régimen internacional que regulara el acceso a recursos genéticos y el conocimiento tradicional asociado<sup>33</sup>, garantizando el control de los recursos en los países de origen, comunidades indígenas o locales, para acabar con la llamada biopiratería. Posteriormente, en la COP8, el proceso y debates fueron desembocando en la negociación de un Protocolo internacional vinculante sobre el tema, las cuales se aceleraron desde la COP9 y culminaron en la COP10 con la firma del Protocolo de Nagoya (Borraz, 2010).

### **2.3 Protocolo de Nagoya**

Actualmente existen dos instrumentos jurídicos derivados de la celebración del Convenio de Biodiversidad de 1992, el Protocolo<sup>34</sup> de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (2000) y el Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización (2010), el último fue ratificado por México el 25 de febrero de 2010.

El Protocolo de Nagoya, celebrado en Japón en 2010 y vigente desde octubre de 2014, se basa en los principios fundamentales de acceso a recursos genéticos y participación en los beneficios derivados de su utilización consagrados en el CBD, especialmente en su Art. 15. Estos principios establecen que los posibles usuarios de recursos genéticos deben obtener el CFP del país en que se encuentra el recurso genético antes de acceder a éste, y que negocien o acuerden los términos y condiciones del acceso y la utilización del recurso por medio del establecimiento de condiciones mutuamente acordadas.

En algunos casos, el acceso a los recursos genéticos puede depender del uso de los conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas y locales. Las reglas de acceso y participación en los

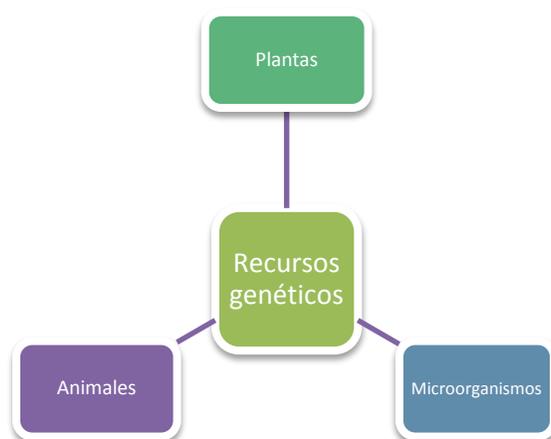
---

<sup>33</sup> Es el conocimiento, innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales relacionadas con los recursos genéticos, los cuales “se han desarrollado mediante las experiencias de las comunidades a través de los siglos, adaptándose a las necesidades, culturas y ambientes locales y transmitidos de generación en generación” (Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica, 2011, pág. 19).

<sup>34</sup> Un protocolo es un acuerdo vinculante independiente (negociado, firmado y ratificado aparte) de otro instrumento internacional pero relacionado con él, tiene sus propias partes y crea derechos y obligaciones para las partes contratantes pero se basa en lo establecido en el instrumento con el que se relaciona (Mackenzie *et al.*, 2004).

beneficios reconocen el valor de estos conocimientos al exigir a los usuarios la obtención del permiso para utilizarlo y, la participación en los beneficios derivados de su uso con las comunidades propietarias de los recursos. Por eso es que también los instrumentos jurídicos mencionados otorgan reconocimiento internacional a la función preponderante de las comunidades indígenas y locales en la conservación de la biodiversidad, a través de sus prácticas tradicionales y sustentables sus sistemas de conocimiento. (Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, y Fundación Dag Hammarskjöld, 2001).

### **Elementos que integran los recursos genéticos**



**Diagrama 7**

Fuente: Elaboración propia.

El CFP incluye la distribución de los beneficios que se deriven de la utilización del recurso con el proveedor como un requisito previo para el acceso al recurso genético y la utilización de éste. A su vez, los países, cuando actúan como proveedores de recursos genéticos, deben estipular reglas y procedimientos justos y no arbitrarios para el acceso a sus recursos genéticos (Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica, 2011).

Es fundamental que los usuarios y los proveedores de recursos genéticos y conocimiento tradicional comprendan y respeten los marcos institucionales establecidos en el CBD y los

instrumentos que se le derivan. Esto ayuda a los gobiernos a establecer sus propios marcos nacionales (implementación) para asegurar que el acceso y participación en los beneficios se lleven a cabo de manera justa y equitativa. (Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica, 2011).

Si bien los principios fundamentales referentes al acceso y participación en los beneficios se establecen en el CBD y posteriormente en el PN, los gobiernos pueden decidir la mejor forma de implementarlos basándose en sus circunstancias individuales, como adoptar medidas legislativas, administrativas o políticas claras para regular el acceso a los recursos que se encuentran bajo su jurisdicción. Para conseguirlo es importante que los estados consideren medidas tanto para proveedores como para usuarios, con el objetivo de asegurar:

- La existencia de un marco transparente para facilitar el acceso a sus recursos genéticos y asegurarse de que los beneficios se distribuyan de forma equitativa
- La implementación de sistemas que faciliten el acceso a los recursos genéticos para utilidades ambientalmente adecuadas.
- Que los usuarios que se encuentren bajo su jurisdicción negocien condiciones mutuamente acordadas con el país proveedor antes de acceder a los recursos genéticos (Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica, 2011).

Las medidas para la implementación del acceso y participación en los beneficios pueden incluir estrategias, políticas, legislación, regulaciones y códigos de conducta tanto nacionales como regionales. Éstas deben especificar la información y procedimientos pertinentes, tales como qué autoridades nacionales competentes pueden conceder acceso a determinados recursos genéticos y, cómo obtener el Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) y llegar a acuerdos sobre las condiciones mutuamente acordadas entre usuarios y proveedores.

En ese orden de ideas, dicho Protocolo ofrece mayor seguridad jurídica y transparencia tanto a los proveedores como a los usuarios de recursos genéticos. Ayuda a garantizar la participación en los beneficios, en particular cuando los recursos genéticos salen del país que proporciona los recursos genéticos, y establece condiciones más previsibles para el acceso a los recursos genéticos, aumenta la seguridad jurídica y promueve la participación en los beneficios y alienta el adelanto de la investigación en recursos genéticos, que podría conducir a nuevos descubrimientos para beneficio

de todos. Así mismo, crea incentivos para la conservación y utilización sostenible de los recursos genéticos, y por lo tanto mejora la contribución de la diversidad biológica al desarrollo y bienestar humano.

Estas medidas crearán certidumbre legal y una interacción justa entre proveedores y usuarios. Los proveedores confían en que los usuarios respetarán sus procedimientos de acceso y que recibirán una distribución justa de cualquier beneficio potencial. Los usuarios se sienten informados sobre qué autoridades deben contactar y las medidas que deben seguir para asegurar el acceso.

Finalmente, hay que señalar que Estados Unidos no forma parte de los países que han ratificado el CBD, ni el PN, así como tampoco el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA)<sup>35</sup>, lo cual tiene como consecuencia la falta de obligatoriedad a cumplir sus preceptos. La importancia de esta mención tiene su base en que dentro de los diez primeros lugares de empresas farmacológicas a nivel mundial<sup>36</sup>, se encontraban 5 empresas estadounidenses en 2010 (Clinton y Mozeson, 2010), 6 en 2011 (Pérez, 2013), y para 2015, Estados Unidos se encontró con más de la mitad de los 20 primeros lugares, un poderoso testimonio de la dominación del país en la industria (Chen, 2015).

## **2.4 México**

### **2.4.1 Antecedentes jurídicos en materia ambiental**

En México, desde la promulgación el 5 de febrero de 1917 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) se hizo referencia a la protección de los recursos naturales. En 1971 se adicionaron al Art. 73 de la CPEUM las facultades del Consejo de Salubridad General para Prevenir y Combatir la Contaminación Ambiental, así como en 1985 se reformó el Art. 25 para incluir la referencia a la relación entre el medio ambiente y el desarrollo económico (González, 2014).

---

<sup>35</sup> En Este Tratado, “se concibe a los recursos fitogenéticos como cualquier material genético de origen vegetal de valor real o potencial para la alimentación y la agricultura y generalmente están localizados en las semillas” (Chauvet *et al.*, 2009, pág. 173).

<sup>36</sup> Se puede hablar de una consolidación en la industria farmacéutica porque en los últimos 30 años, 34 compañías se han fusionado en 7 grandes compañías (Laird, 2013).

En 1987 se aprueba la reforma a los Arts. 23 y 73 y se crea la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, publicada el 28 de enero de 1988, sus objetivos fueron describir los ámbitos de cada orden de gobierno en materia ambiental, fomentar la participación social, fortalecer los instrumentos de política ambiental y la “preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción”<sup>37</sup>. Cuando fue reformada en 1996 se incluyeron instrumentos económicos de política ambiental y se adicionaron las previsiones acordes al CBD (González, 2014).

En 1999 con base en las reformas de 1983, se incluye la mención del principio de sustentabilidad y se incorpora al derecho al ambiente como un derecho subjetivo público en el Art. 2º constitucional.

Finalmente, entre 2011 y 2013 se adiciona el párrafo tercero al Art. 4º constitucional y con él la incorporación del derecho a un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar, como derecho humano, así como la creación de la Ley de Responsabilidad Ambiental (González, 2014).

#### **2.4.2 Análisis de la jerarquía normativa y legislación básica en materia ambiental en México**

El sistema jurídico es complejo y debe entenderse de manera integral, cada precepto tiene su importancia de acuerdo a la jerarquía normativa desprendida del Art. 133 de la CPEUM que establece “Esta Constitución, las leyes del Congreso de la Unión que emanen de ella y todos los tratados que estén de acuerdo con la misma, celebrados y que se celebren por el Presidente de la República, con aprobación del Senado, serán la ley suprema de toda la unión. Los jueces de cada estado se arreglarán a dicha Constitución, leyes y tratados, a pesar de las disposiciones en contrario que pueda haber en las constituciones o leyes de los estados”.

Del precepto anterior se desprende la interpretación realizada por la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) en una tesis aislada que establece que los tratados internacionales son parte del sistema jurídico nacional y se encuentran por encima de las leyes generales, federales locales y

---

<sup>37</sup> Artículo 1º de la (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, 1988).

por debajo de la CPEUM, esto de acuerdo a lo establecido en la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados entre los Estados y Organizaciones Internacionales o entre Organizaciones Internacionales, aprobada en 1969 y que entró en vigor en 1986, y atendiendo al principio internacional de *pacta sunt servanda*<sup>38</sup>.

Por otro lado, de acuerdo a las reformas realizadas a la Constitución publicadas el 10 de junio de 2011 la misma SCJN interpretó que en materia de derechos humanos, el Art. 1º de la CPEUM establece que gozamos de los establecidos en la Constitución y los tratados internacionales de los que México sea parte, pero a su vez las limitaciones y restricciones se encontrarán en la misma Constitución y no en los tratados, de acuerdo al Art. 46 de la mencionada Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados entre los Estados y Organizaciones Internacionales o entre Organizaciones Internacionales.

Entonces, podemos dar cuenta de los dos momentos del proceso de integración de un tratado internacional, que son: creación de la norma de derecho internacional y la adaptación de dicha norma al derecho interno, según la el voto particular de la ministra de la SCJN, Margarita Beatriz Luna Ramos (2009), acerca de la interpretación del Art. 133 constitucional, así que es común que los acuerdos internacionales no sean normas de aplicación directa (normalmente lo son en materia de derechos humanos) y necesiten la reforma o creación de normas internas para adaptar los compromisos adquiridos entre los países firmantes (De Silva Gutiérrez, 2012).

Desprendido de lo anterior, hay que explicar las bases que se encuentran en nuestro ordenamiento jurídico que están relacionados y han permitido nuestra adhesión a instrumentos internacionales como el CBD o el PN.

El régimen mexicano en materia ambiental permite la aplicación de principios que no son de aplicación exclusiva a esta materia y quizá hasta tienen otros fines, pero contribuyen a una nueva interpretación constitucional frente a estos fenómenos (Carmona, 2003).

---

<sup>38</sup> Locución latina que significa “lo pactado obliga”, refiriéndose a lo pactado entre estados soberanos u organizaciones internacionales que genera obligaciones y responsabilidad internacional.

Ahora bien, los artículos que nos sirven como base en materia ambiental, son el Art. 4º de la CPEUM que refiere al derecho al medio ambiente adecuado para el desarrollo y bienestar de las personas y a la salud, el que se encuentra relacionado con el Art. 1º Constitucional respecto al compromiso del Estado a garantizar los derechos humanos. El Art. 27 Constitucional regula la conservación de los elementos naturales susceptibles de apropiación y cómo evitar su destrucción, así como los daños de la propiedad en perjuicio de la sociedad y la preservación y restauración del equilibrio ecológico. El Art. 25 regula el derecho al desarrollo sustentable que sólo se pueden llevar a cabo a través de las políticas ambientales y su aplicación mediante modalidad a la productividad (Carmona, 2003). Por otro lado, el Art. 73, fr. XXIX, inciso G Constitucional, establece las facultades concurrentes<sup>39</sup> en materia de protección al ambiente en las respectivas competencias de los gobiernos federal, local y municipal.

En cuanto a legislación secundaria, las Leyes relacionadas son: Ley Agraria, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), Ley de General de Pesca y Acuicultura Sustentables, y la Ley General de Vida Silvestre (LGVS).

Es especialmente importante para esta investigación lo que establece la Ley General de Vida Silvestre en el Art. 24:

“En las actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre se respetará, conservará y mantendrá los conocimientos, innovaciones y prácticas de las comunidades rurales que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre y su hábitat y se promoverá su aplicación más amplia con la aprobación y participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas. Así mismo se fomentará que los beneficios derivados de la utilización de esos conocimientos, innovaciones y prácticas se compartan equitativamente”.

Aquí se encuentra uno de los elementos clave con el que nuestra legislación comienza la implementación nacional del CBD y el PN, sin embargo, al establecer que sólo debe fomentarse la

---

<sup>39</sup> Las facultades concurrentes de los tres órdenes de gobierno refieren a su actuación respecto de una misma materia y en una ley general emitida por el Congreso de la Unión se determina la forma y términos de la participación de esos entes (Supremacía constitucional. No se transgrede ese principio cuando se origine un conflicto entre leyes federales y locales por una aparente contradicción entre ellas, tratándose de facultades concurrentes, 2014).

redistribución de beneficios, no crea una obligatoriedad y mucho menos responsabilidad en caso de incumplimiento.

Otra disposición que hace referencia a las comunidades tradicionales y su forma de aprovechamiento de los recursos vegetales, se encuentra en el Art. 3º, fr. XI de la Ley Federal de Variedades Vegetales, que establece que dentro de las atribuciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación se encuentra la de proteger la biodiversidad de las variedades vegetales que son de dominio público, y que las comunidades tienen el derecho a explotarlas racionalmente como tradicionalmente lo vienen haciendo, estos nos indica que las comunidades tienen derecho a que se respete la parte cultural donde se encuentran las especies vegetales y su uso. Asimismo se reitera este derecho en el Art. 5º del reglamento de la mencionada ley añadiendo que las comunidades deben permitir la investigación, el cual cito a continuación:

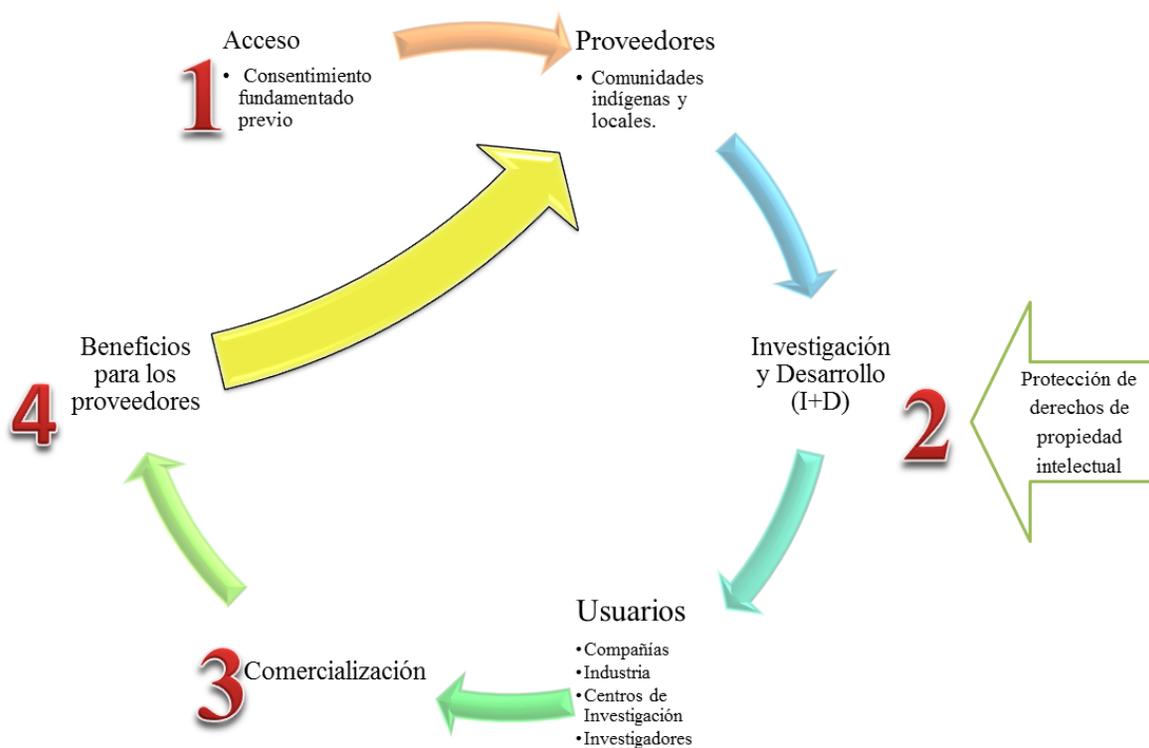
[...] las comunidades rurales tendrán, en todo tiempo, el derecho de utilizar y explotar comercialmente las variedades vegetales resultantes de su práctica, usos y costumbres. Dichas comunidades permitirán el desarrollo de las actividades de investigación y estudio que sobre tales variedades vegetales lleven a cabo instituciones públicas y privadas para proteger la biodiversidad”.

En la LGEEPA se hace referencia en los Arts. 87 y 87BIS. El Art. 87 prevé que la autorización de aprovechamiento de flora y fauna silvestre en actividades económicas no se otorgará cuando las especies sean amenazadas o en peligro de extinción, se podrá otorgar cuando los usuarios garanticen su reproducción y desarrollo de acuerdo a las NOM's vigentes, así como el consentimiento expreso del propietario o legítimo poseedor del predio en que éstas se encuentren. La colecta con fines de investigación científica requiere autorización de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) de acuerdo a las NOM's y otros ordenamientos vigentes aplicables, los resultados de investigación deberán estar a disposición del público. Respecto al Art. 87BIS, éste hace referencia al aprovechamiento de especies de flora y fauna silvestre con fines de utilización en biotecnología, asimismo prevé que los propietarios o legítimos poseedores tendrán derecho a una repartición equitativa de los beneficios que se deriven o puedan derivarse de dichos aprovechamientos, acorde a las disposiciones jurídicas aplicables.

Lo anterior, respecto de los derechos de propiedad intelectual (PI) crea contradicciones y confusión entre quienes desean proteger sus tecnologías o resultados de investigación porque las propias bases que sustentan el sistema PI son ineficaces (Jalife, 2015).

Para ejemplificar el proceso ideal que deberían llevar a cabo las investigaciones etnofarmacológicas de acuerdo a la normatividad internacional y nacional mencionada, se realizó el siguiente diagrama de procesos:

### Proceso ideal de investigación etnofarmacológica



**Diagrama 5**

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que dentro de las instituciones para la protección y tutela de la biodiversidad con mayor relevancia en México, el 16 de marzo de 1992 fue creada la Comisión Nacional (Intersecretarial) para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), organismo especializado cuyo objetivo es coordinar lo relacionado con el conocimiento y preservación de especies biológicas, promover y fomentar actividades de investigación científica para la exploración, estudio, protección y utilización de los recursos biológicos de los ecosistemas del país y generar criterios para su manejo sustentable (Carmona, 2003). Actualmente este organismo es parte del Proyecto Gobernanza de la Biodiversidad, participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven del uso y manejo de la diversidad biológica, como parte de las relaciones bilaterales con Alemania, junto con la Cooperación Alemana al Desarrollo de México (GIZ) del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) con duración el financiamiento de 6 millones de euros desde enero de 2013 hasta diciembre de 2017 (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2016).

En definitiva, con la explicación anterior estamos en posición de contar con los antecedentes que han permitido a México ser parte del sistema internacional para la protección al medio ambiente y, en específico, en materia de acceso a recursos genéticos, conocimiento tradicional y la distribución de beneficios derivados de su utilización, por lo que procederemos a mencionar los intentos que se han llevado a cabo de implementar lo establecido en el CBD y el PN.

#### **2.4.3 Intentos de implementación de instrumentos internacionales en México**

Derivado de lo anterior, la adhesión de nuestro país a instrumentos internacionales en materia de protección a recursos genéticos y conocimiento tradicional asociado, es sólo el primer paso para la protección, se deben tomar medidas concretas para la implementación interna, las cuales no se han podido llevar a cabo ya que las dos iniciativas de ley que se han propuesto no han prosperado a pesar de que la legislación internacional presenta soluciones más evolucionadas que las tradicionalmente establecidas en el orden jurídico mexicano, con la ventaja de ser más uniformes y armónicas (Silva, 2003).

La primera iniciativa de ley en esta materia fue titulada “Ley Federal de Acceso y Aprovechamiento de los Recursos Genéticos” y propuesta en 2001 por el ex senador Jorge Rubén Nordhausen

González cuyo objetivo fue implementar lo establecido en el Convenio de Biodiversidad (CBD), sin embargo, hasta 2005 fue turnada a la Cámara de Diputados para su revisión, pero de acuerdo a legisladores y participantes de diversos sectores, entre ellos el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, se consideró incompleta por ser demasiado amplia y sesgada hacia los intereses de los titulares de patentes, por lo que carecía de definiciones importantes y no alcanzaba los objetivos del CBD, lo que llevó a que el procedimiento legislativo se suspendiera (International Association for the Protection of Intellectual Property, 2006).

Posteriormente, en 2011 el ex diputado Teófilo Manuel García Corpus propuso la iniciativa de la “Ley General de Acceso a Recursos Genéticos y Protección del Conocimiento Tradicional Asociado” cuyo objetivo fue reivindicar el derecho que tienen los pueblos y comunidades indígenas sobre los recursos genéticos y el conocimiento tradicional asociado que se encuentra en sus tierras y territorios, la cual no prosperó por requisitos meramente de forma, en virtud de que no fue dictaminada en el plazo reglamentario establecido (SEGOB, 2011). Entonces podemos observar que este tema respecto al medio ambiente no es prioritario en la agenda política y legislativa.

Así pues, podemos notar que la evolución en nuestro país en esta materia ha tenido un lento desarrollo y hay cambios que se deben llevar a cabo internamente para que la implementación de los acuerdos internacionales sea efectiva. Simultáneamente, las acciones deberán tener lugar mediante el proceso de revisión y adecuación de instituciones tradicionales y el diseño y aplicación de instrumentos propios para sobrellevar la relación del hombre con el medio ambiente (Rey Santos, 2006), algo que no se ha logrado en México de manera integral porque en la agenda política, lo ambiental como ya se señaló, no es prioritario.

### **3. Caracterización de la práctica científica etnofarmacológica<sup>40</sup>**

Son evidentes los impactos generados como consecuencia del progreso científico-técnico actual sobre la naturaleza. El crecimiento demográfico y la explotación indiscriminada de los recursos

---

<sup>40</sup> El concepto de etnofarmacología es aún más específico que el de “farmacognosia”, que es la “ciencia farmacológica que se encarga del estudio de las materias primas de origen biológico que pueden ser empleadas para la confección de medicamentos o que presentan interés terapéutico” (Universidad de Alcalá, 2016), ya que la etnofarmacología incluye la investigación de las plantas y su conocimiento tradicional asociado.

naturales son una amenaza para la supervivencia de la especie humana y para toda la vida terrestre (Domingos *et al.*, 2012).

Lo anterior se puede evitar si se tiene presente que el cultivo y aprovechamiento de las propiedades de las plantas medicinales requiere un enfoque multifacético mediante la colaboración entre los sectores público, privado y de la sociedad civil (Alam y Peppelenbos, 2009), algunos de los científicos entrevistados, además afirman que “se debe incluir un equipo de trabajo multidisciplinario” (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015) y que hay que “visualizar una aplicación futura de producción o comercialización porque la investigación básica debe tener posibilidades de aplicación” (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

### **3.1 Proceso de la investigación**

#### **3.1.1 Elección de la planta**

A través de los años el ser humano ha buscado en su entorno plantas útiles para su alimento, construcción, y alivio de enfermedades o dolencias, dicha búsqueda debe ser continua, por lo que en esta primera etapa, el objetivo es la selección de la planta que se va a investigar considerando que cuando una especie tiene un alto valor para la investigación se encuentran reportes, de uso etnobotánico y actividad comercial (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

Cada etapa en la generación e implementación de nuevas tecnologías involucra un conjunto de elecciones entre diferentes opciones técnicas (Chauvet, y otros, 2012). Existen tres elecciones primarias de rutas tecnológicas que puede seguir el proceso hacia la comercialización de las plantas medicinales como productos finales de la investigación (Diagrama 5):

- 1) Extracción de plantas directamente de su hábitat (no domesticadas)<sup>41</sup>. Éstas pueden encontrarse en propiedad pública, incluyendo áreas naturales protegidas o en zonas de restauración ecológica.

---

<sup>41</sup> Hay que recordar que de acuerdo al Art. 27 Constitucional prevé que las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional corresponden originariamente a la nación, por lo que las que no sean propiedad privada son propiedad pública.

- 2) Obtención de plantas que se encuentran en territorios de comunidades indígenas o locales, junto con su conocimiento tradicional asociado.
- 3) Compra de semillas o plantas ya comercializadas.

De las dos primeras elecciones mencionadas, cabe mencionar que la obtención de las muestras tiene comúnmente dos caminos, el primero con el objeto de realizar investigación básica que carece en el corto plazo de interés comercial alguno, que se manifiesta con el avance de la carrera académica de los investigadores, y en el caso de los beneficios públicos con el avance general del conocimiento (Cañas *et al.*, 2008).

El segundo camino se refiere a la posibilidad de que los usuarios busquen y lleven a cabo la producción industrial y estandarizada de las plantas mediante el cultivo o su extracción directa. Se debe tener en cuenta que las plantas pueden tener un nombre vulgar dependiendo la localidad o región en qué se encuentren, pero lo que las identifica es su nombre científico (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). Se denomina quimiotipo cuando las plantas morfológicamente son idénticas pero producen compuestos bioquímicos distintos, normalmente en monografías y farmacopeas no se considera esto, ya que sólo se basan en un individuo, no realizan un estudio poblacional en diferentes localidades para observar las variaciones (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Según algunos de los investigadores entrevistados, podemos clasificar en diversos tipos los criterios de selección de las plantas:

1. Etnomédico: los expertos botánicos que trabajan en los herbarios son quienes se encargan de lograr una clasificación botánica en registros etnomédicos de las plantas y así poder elegir las plantas que contengan las propiedades que se quieren investigar, en ellos incluyen para qué se usan y cómo se usan las plantas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).
2. Taxonómico: de acuerdo al conocimiento previo de que una especie dentro de una familia cuenta con determinadas propiedades, es muy probable que otras especies de la misma familia pueden contar con las mismas propiedades y compartan los mismos metabolitos (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

3. Códices y textos<sup>42</sup>: los documentos revisados pueden ser de uso comercial encontrados en librerías o antiguos con una publicidad restringida. En México, uno de los primeros textos fue el Códice Florentino (1987) escrito entre los años 1548 a 1585 bajo la dirección de Fray Bernardino de Sahagún por informantes y escribanos indígenas (Cedillo y Estrada, 1990), hay una compilación del Instituto Nacional Indigenista, que es uno de los más completos porque tiene muchos volúmenes, un libro de hace más de 50 años es el de Maximino Martínez, hay bases de datos y registros del IMSS resultado de encuestas que se hace a la gente<sup>43</sup> (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), y el Libro Rojo (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), etc.
4. Consulta con la gente: La consulta directa con la gente se realiza por encontrarse investigando ya una planta en una región y las personas que se encuentran en las comunidades de las localidades informan sobre propiedades de otras plantas (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), lo que se llama por antecedente de uso de las comunidades (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). Entre las técnicas empleadas para registrar el conocimiento local se encuentran las derivadas de la antropología; que son la observación participante y las entrevistas a determinados miembros de la comunidad, dependiendo del tipo de datos que se quieren recolectar (Martin, 2001).

Es muy importante la revisión bibliográfica para obtener los antecedentes necesarios sobre las investigaciones previas acerca de la misma planta, y con base en ellos, hacer un plan de trabajo acorde a las prioridades de investigación (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015). Si se requiere producir compuestos con actividad farmacológica lo mejor es que se investigue una planta que no sea tóxica, no podría ser el tabaco, por ejemplo, o tendrían que aislarse primero los componentes tóxicos (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

---

<sup>42</sup> Estas referencias sirven como guía para saber cómo está clasificada la especie, si está en peligro de extinción o no, como está, donde está y como está distribuida (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>43</sup> Hace como 30 años hubo una iniciativa del gobierno en conjunto con el IMSS en un programa que mandaba médicos a diferentes regiones del país y junto con los médicos tradicionales, chamanes y parteras, hacían los registros de las plantas que se utilizaban ahí (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

“Las comunidades comprometidas con el quehacer científico en el presente establecen vínculos con los que hicieron las generaciones pasadas por medio del lenguaje, la comunicación, las instituciones” (Tarrés, 2013, pág. 38), por eso el resultado de conjugar los criterios de selección mencionados, será encontrar la manera más eficaz de investigar plantas medicinales tomando en cuenta el conocimiento tradicional.

### 3.1.2 Acceso a recursos

El siguiente paso es obtener el material de investigación, se compran o se buscan en los lugares registrados o en las regiones mencionadas por las personas consultadas<sup>44</sup>, hay plantas que ya se cultivan a nivel mundial aunque su origen sea de determinado país, algunas no se comercializan mucho porque su uso realmente es científico y otras se pueden comprar en el supermercado (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Lo anterior mediante previa obtención de los investigadores de los permisos de las autoridades oficiales para realizar la investigación y colecta de muestras, al igual que la negociación de la autorización con la comunidad para desarrollar el proyecto y los mecanismos para compensar la participación de los informantes locales (Alexiades, 1996), en caso de que el material de investigación se encuentre en territorio de dichas comunidades.

Algunos ejemplares obtenidos son para identificar la planta completa y las otras para realizar los estudios (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) y pruebas, la primera vez se obtienen varias partes de la planta; tallo, flores, etc. porque no se sabe de qué parte se va a obtener el mejor resultado (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015). El material se puede transportar echándole nitrógeno líquido (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015), en condiciones de obscuridad, frío y utilizando bolsas de polietileno de alta densidad, lo que permite mantener la integridad de la muestra (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

Para reducir tiempo de investigación, muchas veces es necesario acudir al conocimiento empírico tradicional, en muchos países en desarrollo ha ocurrido una pérdida importante del conocimiento

---

<sup>44</sup> Actualmente, el proceso de esta etapa de acceso y extracción de plantas puede ser de 6 meses, refiere la Dra. Blanca Chávez-Sandoval.

tradicional sobre el uso de plantas medicinales y de otras plantas útiles, transmitido de padres a hijos (Katewa *et al.*, 2004).

### Acceso a plantas medicinales para investigación



**Diagrama 6**

Fuente: Elaboración propia.

En México, las plantas medicinales son un recurso importantísimo<sup>45</sup>, se calcula que entre el 80% y 90% de los mexicanos, sobre todo los que viven en áreas rurales utilizan plantas medicinales para el cuidado de su salud, no tienen otros recursos ya que los fármacos son cada vez más caros (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), lo que da pie a que haya regiones en que la gente tiene un amplio conocimiento de plantas medicinales, es importante que la comunidad acepte al investigador, quien debe contar con carisma y humildad para solicitarles ayuda y sobretodo no ser déspotas ni groseros, una vez que se ha tenido acceso al recurso, se tiene la obligación de aprovecharlo de la mejor manera (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Muchas veces la gente de la comunidad no conoce ese uso de la planta que se busca, pero conocen otros y de otras plantas (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Al principio, como toda persona desconfían, ¿por qué vienen?, ¿de dónde vienen?, ¿traen permiso?, ¿cómo lo hacen?,

---

<sup>45</sup> En el mercado actualmente los fármacos más valiosos para tratar el cáncer vienen de plantas, son los fármacos de elección (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

empiezan a cuestionar primero ellos a los investigadores antes de que iniciar la colecta, después de eso, empiezan a tener otra forma de pensar y ellos mismos se ofrecen a llevar al investigador y hacer la búsqueda señalar por dónde ir (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Un problema común en esta etapa es la falta de material silvestre por ser muy escaso o encontrarse en regiones problemáticas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), así como la falta de información acerca de en qué parte de la planta se encuentran los compuestos activos que producirán los mejores resultados en la extracción de DNA, ya sea en raíces, tallo, flores, etc. y qué cantidad se necesita para extraerlos (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Otro problema es que muchas veces las plantas que se encuentran en los registros etnomédicos u otros documentos ya no se encuentran en donde se habían registrado porque la mancha urbana crece y la flora silvestre ya no lo es, por lo que el entorno se modifica dando como resultado su desaparición (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

### **3.1.3 Investigación y Desarrollo (I+D)**

Después del acceso a las plantas medicinales, viene la etapa de investigación y desarrollo en laboratorios especializados normalmente para empresas farmacéuticas, agroindustriales, bioquímicas, centros de investigación, etc. En cierta etapa es aconsejable que se protejan jurídicamente los resultados mediante figuras de PI<sup>46</sup>, ya sea mediante patentes, secretos industriales o cualquier modalidad de protección intelectual que limite su uso público, ya que de esta manera la innovación, conocimientos y creatividad se podrán gestionar de manera adecuada posteriormente para el beneficio de los actores involucrados, aunque el sistema actual de PI no garantice el beneficio a los proveedores. En el Centro de Investigación en Biotecnología de la UAEM, se protegen las investigaciones generalmente en grupo, ya cuando se finalizó la investigación y antes de publicar (V.M. Hernández, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Se encuentran como beneficios de la protección PI que: “1) disminuye la probabilidad de que la competencia copie o imite los productos; 2) aumentan las opciones prácticas para comercializar

---

<sup>46</sup> Los derechos de propiedad intelectual permiten a las empresas diferenciar sus productos de otros y obtener exclusividad para reducir las contingencias e incertidumbres que implica la introducción de productos nuevos o mejorados en el mercado (UNCTAD/OMC y OMPI, 2004).

productos nuevos o mejorados; y 3) se responde con mayor efectividad a las posibles violaciones de los derechos de propiedad intelectual” (UNCTAD/OMC y OMPI, 2004, pág. iii). En México, hasta 1982 no había patentes relacionadas con lo biológico, sólo certificados de invención y no claramente te daban la propiedad sobre lo biológico (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

En la parte química del trabajo experimental, se deben analizar los compuestos activos que contiene e identificar su estructura para crear más volumen y seguir investigando sin necesidad de obtener el material vegetal del lugar en donde directamente se encontró, para esto, el material debe trabajarse en condiciones de laboratorio en medios de cultivo enriquecidos y generar un medio ambiente con todo lo que necesita para crecer; una fuente de carbono, hormonas, etc., se juega con los generadores de crecimiento, por lo que se puede desarrollar o como una planta completa dependiendo que hormonas se les introduzca, o como si fuera un tumor, llamado tejido calloso, lo interesante es que conserva todas las características genéticas de la planta de origen y por lo tanto la capacidad de fabricar los activos (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Con lo anterior se comprueba que existen cierto tipo de limitantes cuando se requiere producir mayor cantidad de material genético para investigar; se necesita determinado suelo, clima, condiciones de humedad e interacción con otras especies (Alam y Peppelenbos, 2009). Es importante que durante la etapa de investigación y desarrollo (I+D) se trate de mantener constante en el ambiente artificial, la misma humedad, fertilizar con el mismo patrón, para obtener resultados controlados (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Para corroborar científicamente la actividad atribuida a la planta como medicamento (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), se debe realizar una evaluación fitoquímica, farmacológica y toxicológica (Bermudez *et al.*, 2005), con el objetivo de evaluarlas experimentalmente; conocer su composición química, estimar el potencial citotóxico de sus extractos y determinar si su actividad farmacológica y biológica (R.Quintero, entrevista personal,

21 de julio de 2015). Las pruebas se pueden hacer con modelos farmacológicos *in vivo*<sup>47</sup> e *in vitro*<sup>48</sup> con células vivas o partes de ellas (enzimas, proteínas), se pueden ensayar en diferentes actividades farmacológicas, hacer los extractos y probar que inhiban cierto tipo de bacterias, por ejemplo (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). Asimismo, las pruebas son diferentes dependiendo las propiedades que se busquen, no es tan fácil para cada tipo de padecimiento humano, cuando se gasta en dinero y tiempo es una dificultad técnica (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Para identificar la estructura se utiliza una metodología muy moderna denominada metabolómica, ubicada dentro de las disciplinas de la biología de sistemas, con la que se identifican todos los compuestos químicos y mediante métodos instrumentales como la resonancia magnética nuclear, se detectan los metabolitos secundarios con actividad farmacológica y se complementa con métodos bioinformáticos o bioestadísticos que agrupan e interpretan las señales emitidas de manera comprensible (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). Esto no es tan fácil porque las plantas producen miles de moléculas y hay muchas que son parecidas químicamente pero no son idénticas y hay que separarlas (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

La época del desarrollo de la planta es distinta en relación de un año a otro (A.Cardozo, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), así como los ciclos fenológicos de las plantas a lo largo del año tienen diferente producción de compuestos químicos activos (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015), porque los sintetizan en respuesta a agresiones y para protegerse del ambiente en el que se encuentran, su adaptación consiste en sintetizar un gran número de compuestos químicos y producir moléculas (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), muchos de estos son los que tienen valor medicinal. Estos compuestos no se requieren para el desarrollo y crecimiento de la planta pero mejoran su viabilidad (Murch *et al.*, 2004), son mecanismos de defensa<sup>49</sup> para

---

<sup>47</sup> La investigación de la estudiante de doctorado, Emma Medellín Cardoso, utilizando dos modelos para evaluar la actividad biológica de plantas del género *galphimia*, un modelo es *in vitro* en macrófagos de rata y otro, un modelo *in vivo* en la oreja de ratón (E. Medellín, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>48</sup> La propagación y conservación *in vitro* tiene varios beneficios: la recolección en la naturaleza de pocas muestras de plantas que serán químicamente compatibles, se mantendrán en un ambiente estéril y controlado, y los tejidos de la planta serán optimizados para la posible producción de productos farmacéuticos (Murch *et al.*, 2004)

<sup>49</sup> Un ejemplo es el de la *galphimia glauca*, que tiene actividad ansiolítica y sedante, y muy recientemente ha demostrado que es antiinflamatoria, pero la actividad ansiolítica y sedante solamente las tienen las plantas de Doctor

garantizar su supervivencia frente depredadores, radiación, contaminantes, sequía, humedad, salinidad (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), disponibilidad de agua, temperatura, factores de estrés abiótico y biótico, polinizadores (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015), etc., que inducen la producción de metabolitos secundarios (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) y ayudan a las plantas a tener una ventaja evolutiva, lo que se llama especiación (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

En el mismo sentido, dependiendo la región donde esté la misma planta puede variar su contenido metabólico y en consecuencia varía la actividad farmacológica, la medicina convencional no utiliza estas plantas porque puede que funcionen en una situación y en otra no (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), esto es porque las plantas dependen del ambiente y es lo que hace al grupo de investigación regresar a determinada comunidad, aparte de que cada paciente tiene su fisiología una variación en la respuesta desde el punto de vista medicinal (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015) y eso genera incertidumbre, lo que lleva a la necesidad de la siguiente etapa porque con la estandarización el médico sabe lo que está prescribiendo y el paciente sabe que lo que está tomando contiene lo que debe y ejerce el efecto farmacológico deseado (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Si se hace un té de una planta o extracto no se sabe qué cantidad está presente y puede que ni haya producido el compuesto activo al momento de la colecta, en otro momento puede tener mucho y ocasionar intoxicación, ése es el problema con la medicina popular, que normalmente se ha aprendido y se usa por ser la única manera con la que se cuenta pero puede tener variaciones (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

La metabolómica también ayuda a identificar si una planta clasificada botánicamente como la misma especie en diferentes regiones, tiene la misma estructura genética y propiedades (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), porque biológicamente la información que contienen las plantas no siempre se está traduciendo, hay genes “apagados” y dependiendo del ambiente, hace que se “prendan” algunas características (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

---

Mora, Guanajuato y de Jalpan, Querétaro, o sea, las que se encuentran en Guadalajara, las de Morelos y las de Chiapas no, pero no se sabe todavía si son la misma especie (G. Balderas, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Después de rectificar científicamente con modelos y pruebas de tipo farmacológico si se encuentran activas las propiedades medicinales atribuidas en las plantas y realizarles estudios toxicológicos, se pueden hacer ensayos con enzimas muy específicas que participan en el proceso de una enfermedad, con bacterias en modelos animales (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Si se tiene éxito, se aísla el principio activo de los metabolitos que tiene la planta, lo cual es un proceso complejo y laborioso ya que las plantas tienen miles de metabolitos (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Gracias a herramientas especiales de Biología Molecular se puede dirigir en la planta hacia que órgano tiene que expresar el compuesto mediante el arreglo de las construcciones recodificadas en un vector o plásmido que se da a la planta hasta que produzca el compuesto correcto, normalmente se dirige hacia las hojas, frutos porque es fácil cortar las hojas o coleccionar los frutos, no así en las raíces (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015). Lo ideal es hacer una planta permanentemente modificada que siempre produzca el compuesto porque siempre hay que volver a repetir el procedimiento si no se transformó el cultivo celular vegetal en los gametos, entonces se tiene que crear un cultivo permanente de líneas celulares vegetales, se transforma la información del cultivo (no parece una planta), se le dan hormonas especiales y de ahí se puede obtener una pequeña planta que tiene alta resistencia pero no es permanente, esta sirve para seleccionar y entrar en el ciclo generacional, así se planifican las siguientes generaciones, después de 3, 4 o más se puede obtener la planta estable que produzca los compuestos permanentemente (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Las instituciones donde trabajan los científicos apenas están reconociendo el valor no solo científico sino también comercial de las investigaciones, pero en México por el nivel de desarrollo, el sistema público que es donde se realiza la mayor parte de investigación, veía mal hablar de la parte comercial, por ir en contra de la ética y la ciencia, así como consultar a abogados para informarse de la PI, pero lo cierto es que si se quiere que el trabajo tenga impacto, entonces hay que relacionarse con quien lo puede explotar comercialmente (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Es decir, será en las etapas posteriores en que la comercialización podría rendir frutos a los proveedores por su contribución tanto de plantas como de conocimiento tradicional a los usuarios.

### 3.1.4 Escala agronómica y estrategia biotecnológica

Algunas alternativas para conservar las plantas sin tomarlas directamente de su hábitat son reproducirlas mediante varios caminos:

1. Escala agronómica: si las plantas crecen fácilmente se pueden sembrar y cosechar para no tomarlas directamente del entorno, ya que algunas se encuentran en riesgo (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), se pueden reproducir por cultivo de tejidos vegetales y cultivarse en invernaderos o en campo (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).
2. Estrategia biotecnológica<sup>50</sup>: se lleva a cabo mediante procedimientos biotecnológicos, por ejemplo, el cultivo en medios de laboratorio de las células, tejidos, raíces, etc. Se induce una especie de cáncer vegetal (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) con generadores de crecimiento enriquecidos que hacen producir una masa continua que contiene los principios activos de la planta de origen, se puede desarrollar como una planta completa o como tejido calloso y conservan todas sus características genéticas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Con cualquiera de los caminos anteriores se puede llegar a la producción de volúmenes mayores; de 100ml., 500ml., hasta 10 litros, que son reactores (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), esta práctica actualmente es muy común (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Las plantas, a diferencia de los seres humanos, tienen una característica llamada totipotencia, la cual consiste en que una célula vegetal puede dar origen a una planta (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), es decir, la capacidad inherente de una sola célula de aportar el

---

<sup>50</sup> Hay otras metodologías con las que se insertan genes de bacterias dentro de la planta que inducen la producción de fitorreguladores, hormonas que hacen que la planta crezca más rápido y acelere su metabolismo (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

programa genético necesario para el desarrollo directo de un individuo entero” (Raven *et al.*, 1992, pág. 482).

### 3.1.5 Fitofármacos

La extracción de principios activos presentes en las plantas para su purificación se puede llevar a cabo con distintos solventes y, al final, se recupera un residuo sólido o semisólido que se empleará luego en las investigaciones farmacológicas (Boeris, 2007). Un fitofármaco se crea con una fracción activa estandarizada en la que se conocen cuáles son los compuestos presentes en la planta pero sin haber llegado al compuesto puro (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Para llegar a la creación de un fitofármaco se debe hacer un extracto<sup>51</sup> de la planta previamente colectada, por ejemplo, las hojas, se secan y se hace un extracto orgánico y alcohólico (generalmente con etanol) (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015) se empieza a fraccionar por grupos y se evalúan para sacar los principios activos pero no de uno en uno sino de manera grupal y se separan los compuestos activos del grupo en que se encontraron (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), se seca el líquido del disolvente y así ya se puede fabricar un jarabe o pastilla, estandarizado para un grupo de principios activos (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). Con la extracción también se logra demostrar la actividad farmacológica (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

El proceso para obtener un compuesto purificado completamente es muy caro, y es lo que finalmente encarece los medicamentos, por lo que la creación de fitofármacos es una alternativa que se está implementando en otros países donde no cuentan con conocimiento tradicional; Francia, Alemania, Italia, España, por ejemplo, y se venden en farmacias herbolarias. En México, irónicamente se venden en supermercados y tiendas naturistas producidos por industrias alemanas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

---

<sup>51</sup> La preparación de extractos puede ser similar a como son los tés o mediante la optimización de la extracción de los compuestos dependiendo el número y el volumen de la muestra (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Los fitofármacos son preferidos para los consumidores, ya que prefieren comprar un producto estandarizado y consecuentemente generan interés en la industria (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

### **3.1.6 Purificación**

Uno de los procesos más caros en ingeniería es la purificación de los compuestos (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), dicha purificación se puede llevar a cabo mediante técnicas de resonancia magnética nuclear y espectrometría de masa, los cuales ayudan a armar el rompecabezas de la estructura de la molécula (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Posteriormente se cuantifica el compuesto puro mediante un método de inyección de extractos en diferentes lugares, y como ya se sabe cuánto hay de ese compuesto se puede saber en qué lugar se encuentra y cuánto tiene de la molécula. Después, hay que buscar los mecanismos de acción del compuesto puro para ver ¿con qué enzima actúa?, ¿dónde se pega?, ¿por qué?, ¿es de una molécula endógena que producimos?, etc. (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

### **3.1.7 Ensayos clínicos**

Cuando ya se han realizado todas pruebas anteriores se puede realizar un estudio clínico, que es el último paso de una serie de experimentos que empiezan en los laboratorios normalmente muchos años antes, se controlan y reglamentan en un “protocolo de estudio”, su objetivo es garantizar que lo que se administrará es seguro, y comprobar si un medicamento o sustancia funciona en seres humanos (Huerta, 2014).

El argumento para probar un remedio tradicional en un ensayo clínico no puede ser el simple hecho de que ya existe como tratamiento (Tilburt y Kaptchuk, 2008), debe contar con un respaldo además de en las pruebas y análisis científicos, en el uso popular de las plantas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), un extracto puede contener compuestos tóxicos, pero si ya hay un uso etnomédico que la gente utiliza, entonces no es algo nuevo, la gente durante milenios ha

utilizado determinada planta y ha habido una selección a lo largo del tiempo de las que funcionan y las que no (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

### **3.1.8 Escalar la producción**

Es lo que se realiza en el laboratorio o en plantas piloto a gran escala y pensando en la comercialización. Esta etapa requiere dinero mediante la vinculación entre industria y academia, pero es compleja ya que el objetivo de la industria es obtener ganancias, mientras que el de la investigación académica persigue el conocimiento (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Cultivar plantas medicinales a nivel industrial y agronómico provee una fuente alternativa de abastecimiento del mercado, lo que reducirá la necesidad de recolectar plantas en la naturaleza directamente (Alam y Peppelenbos, 2009).

Como se mencionó anteriormente, es extremadamente difícil que se llegue a esta última etapa del proceso por los tiempos que abarca todo el proceso. La legislación nacional e internacional debería contemplar estos plazos en la medida en que la efectividad de sus disposiciones se ve mermada con el tiempo por la evolución de las nuevas tecnologías, instrumentos y técnicas de investigación. Para lograrlo, hay que tener en cuenta las causas de pérdida de biodiversidad en los países subdesarrollados; las primarias, que son la destrucción a causa de proyectos de inversión comúnmente transnacional y el monocultivo y, las secundarias que son la presión de la población, la erosión y comercialización de especies (Shiva, 1992). De ahí la importancia de reflexionar *ex ante* sobre los posibles efectos de cada una de las elecciones tecnológicas que se tomen.

Es por eso tan importante la biotecnología moderna, ya que ayuda a la conservación de los recursos mediante técnicas que se explicarán posteriormente. Para llegar a ese objetivo es necesario asegurar una gestión ecológicamente racional y fomentar el desarrollo de aplicaciones viables de la biotecnología, así como promover la confianza entre comunidades, instituciones, empresas, etc., lo cual se puede hacer mediante: 1) aumento de la disponibilidad de alimentos y materias primas renovables, 2) mejoramiento de la salud, 3) aumento de la protección del medio ambiente, 4) aumento de la seguridad y establecimiento de mecanismos internacionales de cooperación (Carmona, 2003).

## Etapas de la práctica científica etnofarmacológica

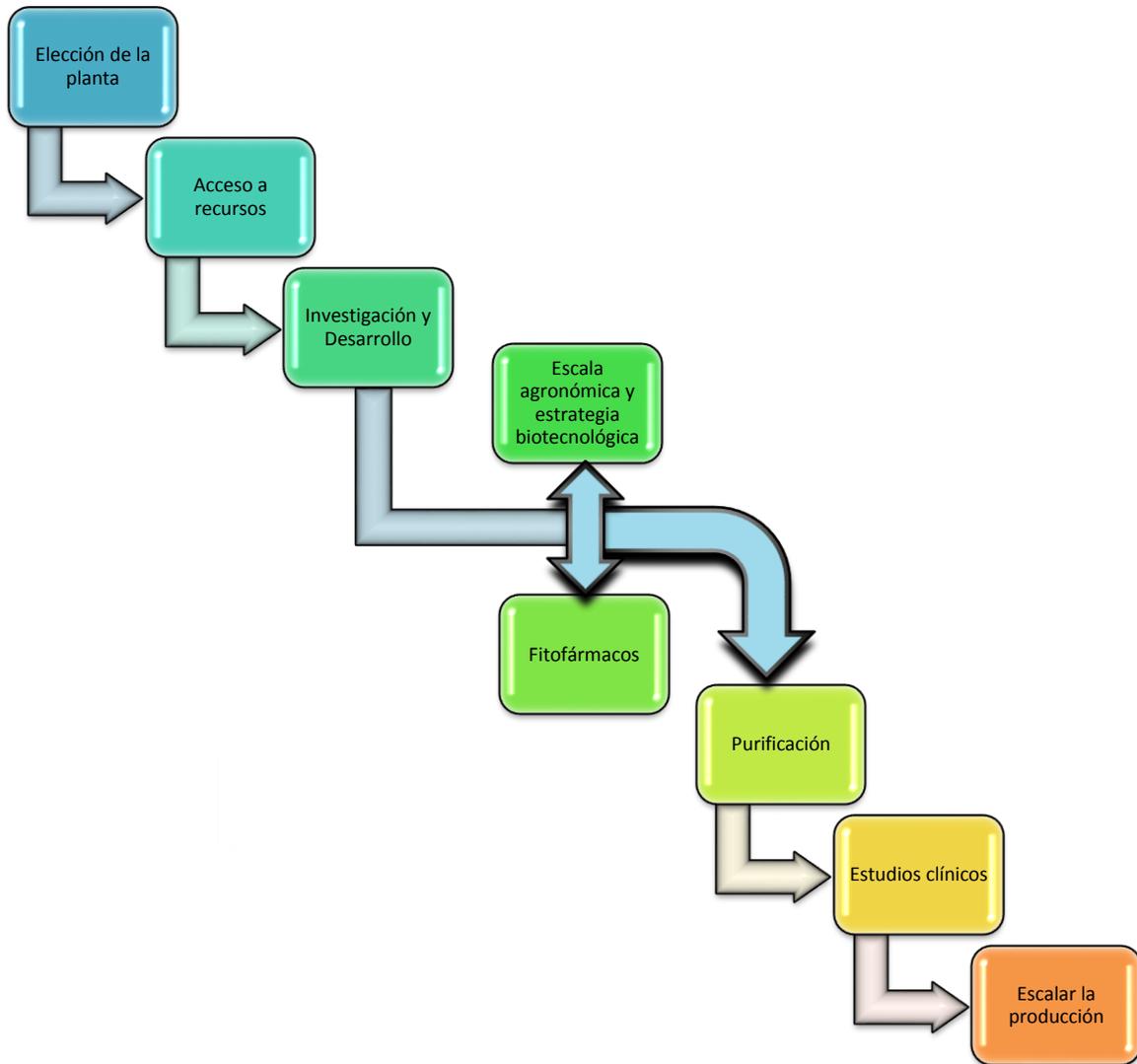


Diagrama 7

Fuente: Elaboración propia.

## 3.2 Evolución de la técnica – tecnología

El caso de las plantas medicinales<sup>52</sup> es un tema que ha evolucionado tanto conceptual como tecnológicamente (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), el desarrollo, avance científico y de nuevas tecnologías han llevado a que las empresas e investigadores, usuarios como ya hemos mencionado, hayan transformado también la manera en que obtienen acceso a los recursos genéticos y el desarrollo de métodos de experimentación (Laird, 2013). La parte técnica y su concepción misma han cambiado, la tradición de los medicamentos que provienen de extractos existe desde el Código Vadiano y si se observa desde la perspectiva evolutiva se puede ver cómo la técnica gracias al mismo desarrollo del conocimiento hace que un campo crezca (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Los avances han hecho que la I+D sea menos costosa, menos lenta y más fácil de trabajar que anteriormente, así como mayor eficacia en la detección, caracterización, purificación y solución de problemas relacionados con las moléculas de estos productos naturales (Laird, 2013).

### 3.2.1 Cantidad de materia prima requerida (Upstream)

La obtención de ejemplares y muestras es central e indispensable para el avance de la ciencia, anteriormente no se requería sólo de muestras sino de grandes volúmenes de material (Cañas *et al.*, 2008), lo económico interviene al tener acceso a las plantas, es un balance que debe llevarse a cabo sobre qué conviene más, si extraer la planta del territorio de la comunidad o crecerla en reactores; depende de la orientación médica también, en el caso de plantas con compuestos anticáncer sería muy costoso económica y ambientalmente, si no se produjeran en reactores (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

---

<sup>52</sup> El concepto mismo de “planta medicinal” como medicamento también evoluciona aun en México, es necesario que los médicos lo acepten y no lo sigan teniendo en la visión de algo tradicional (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Otra de las consecuencias de las nuevas tecnologías es que el descubrimiento de nuevas moléculas requiere sólo unos pocos microgramos del recurso (Baker *et al.*, 2007), antes<sup>53</sup> se hacía de un extracto de la planta, después llegaron los químicos para saber qué moléculas eran, después los biotecnólogos quienes dijeron “es que ahora podemos reproducir la planta, no tenemos que ir por ella”, pero después llegó el ADN, se han desarrollado varias otras técnicas, se ha vuelto todo más preciso y también la forma de cultivar, ahora en reactores, caja de Petri, matrices, etc. (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), lo que reduce la necesidad de cosechar o cultivar para la fabricación de un producto comercial<sup>54</sup>, esto significa que la necesidad de material de recolecta en países proveedores para futuras investigaciones sobre un compuesto potencialmente útil o para la fabricación de productos, - eje central en varios de los acuerdos ABS<sup>55</sup> - pueden no surgir en absoluto (Laird, 2013), lo cual demostraría la invalidez e inaplicabilidad del sistema jurídico referente al PN y al CB con el paso del tiempo porque “ya no responde a las necesidades o requisitos de la práctica científica de su contemporaneidad” (Tarrés, 2013, pág. 38).

En definitiva, conjugar las nuevas tecnologías mencionadas con el conocimiento tradicional de los proveedores da como resultado la innovación.

### 3.2.2 Tipos de procesos y técnicas (Midstream)

Ha habido cambios dramáticos también en los investigadores, en la habilidad para tener acceso a las secuencias genómicas que tienen codificadas a las enzimas responsables de la biosíntesis de los metabolitos secundarios o sus componentes de interés (McAlpine, 2009).

En la parte de electrofisiología se observan los procesos de transportación de compuestos especiales en los nutrientes a través de las membranas, en biofísica, actualmente existe el equipo para medir la presión interna de las plantas, así como la cantidad de agua con que cuentan y, en la

---

<sup>53</sup> La Dra. Blanca Chávez-Sandoval refiere que en las primeras investigaciones y colectas de campo que realizó, tenía que tomar un gran pedazo y, actualmente con poca materia, una hojita o rama es suficiente y no se tiene que cortar toda la planta.

<sup>54</sup> El avance tecnológico permite ganar tiempo y disminuir la cantidad del extracto, del material (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>55</sup> Por sus siglas en inglés, es el concepto de “Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se deriven de su utilización” (Portal sobre Conservación y Equidad Social, s/f).

parte bioquímica se observa cómo se desenvuelven los nutrientes contenidos en las plantas y cómo lo aprovecha el cuerpo humano (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Por otro lado, “el uso de los enfoques denominados “ómicas” –genómica, proteómica, metabolómica<sup>56</sup>, transcriptómica - ahora son utilizadas comúnmente en la investigación de productos naturales” (Gerwick y Moore, 2012, pág. 88).

Una planta puede tener hasta tres mil diferentes metabolitos, a diferencia de los procedimientos fitoquímicos convencionales en los que se aíslan uno por uno, ahora con la metabolómica se avanza más rápido, como todo lo de biología de sistemas, permite visualizar el conjunto de metabolitos juntos y las características de una planta en un momento de su desarrollo (M.L. Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), lo que permite coleccionar los datos en lo que ahora llamamos big data y tener un panorama para comprender lo que se investiga (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

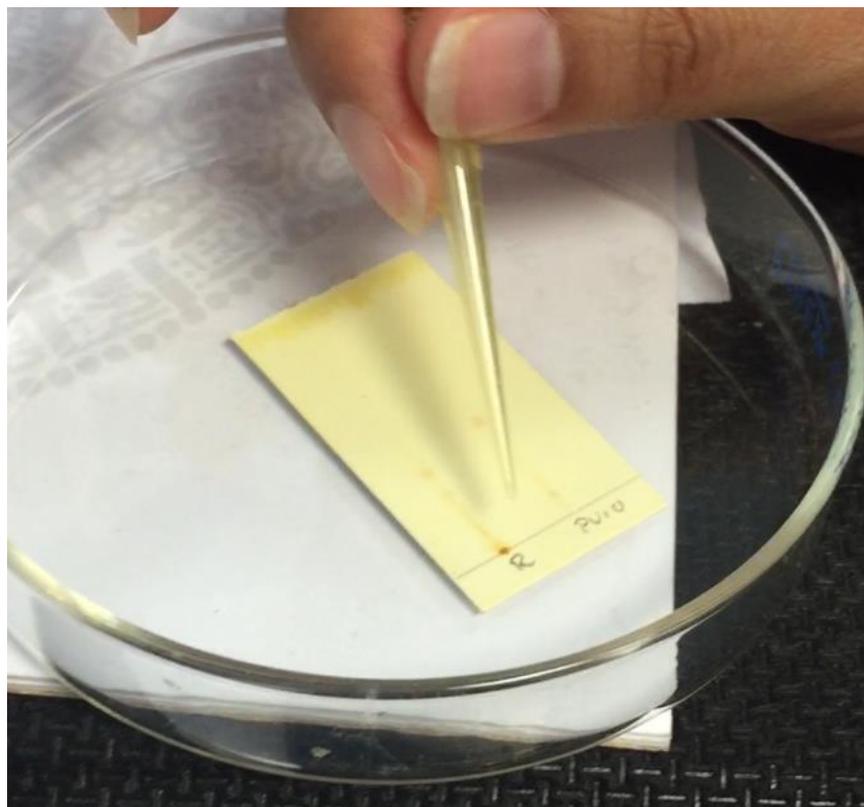
Existen diferentes técnicas de biología molecular; como PCR, secuenciación (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015), resonancia magnética nuclear, cromatografía líquida de alta eficiencia, cromatografía de gases acoplado a gases (E. Medellín, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), cromatografía en capa fina<sup>57</sup> (M. Vázquez, entrevista personal, 8 de agosto de 2015), expresión recombinante, plataformas bioinformáticas, código de barras de ADN, reacción en cadena de polimerasa, pirosecuenciación, análisis metagenómico, impresión en 3D (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015), inclusive los biorreactores, cada vez salen muchísimo más equipados y con más instrumentación (A. Ortiz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

---

<sup>56</sup> Existe una plataforma bioinformática llamada SIMCAP que realiza un análisis del componente principal y se utiliza en metabolómica, se introducen los datos del perfil biológico y actividad química de la planta y el resultado es que agrupa los compuestos con actividad biológica por un lado, y por otro, los que no (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

<sup>57</sup> Se pone el extracto y, por polaridades migra a cierta altura, entonces el punto se fracciona y el solvente llega a otro lugar, en un lugar es un extracto de cierta especie y en otro es otro, se trata de purificarlo para aislarlo (M. Vázquez, entrevista personal, 8 de agosto de 2015), un ejemplo tomado del Laboratorio de Plantas Medicinales se encuentra en la Imagen 1.

## Cromatografía en capa fina



**Imagen 1**

Fuente: (M. Vázquez, entrevista personal, 8 de agosto de 2015)

Actualmente existe una máquina para realizar el procedimiento de manera no manual, se pone la placa y la máquina pone automáticamente los puntos y les pone el solvente, pero el resultado que se obtiene no sólo es cualitativo, sino cuantitativo, se puede medir la cantidad que tiene exactamente y lo manda a otra máquina que hace la espectrometría de masas y dice qué molécula es y sus características (M. Vázquez, entrevista personal, 8 de agosto de 2015). Antes las máquinas de espectrometría de masas ocupaban una sala entera con el equipo y todo, con el pasar de los años se ha reducido su tamaño hasta medio metro y ha llegado a ser más cómodo y mucho más fácil su uso para lo que no son físicos ni químicos, por ejemplo para los biólogos o biomédicos, ahora se usa una interface que es muy muy fácil, y se opera todo con software, ya no con el hardware, solo

hay que poner las muestras, apretar un pequeño botón y se obtienen los resultados, tampoco necesitan mucho servicio (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Debido a los recientes avances en microscopios se han otorgado algunos premios nobel porque ahora se tiene mejor definición y se pueden observar objetos muy pequeños, por ejemplo el comportamiento de una sola molécula (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Obtener la secuencia molecular y la secuencia luminaria se ha convertido en algo ridículamente barato, cualquiera puede hacerlo ahora, esta generación de máquinas es completamente automática, solo tienes que leer la transcripción, por ejemplo, se puede obtener por 2500 o 2000 euros y antes costaba varios millones, ahora con estas nuevas tecnologías se reducen los precios (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Con la técnica de HPLC antes se tenía que hacer todo manualmente, ahora es automático todo, se pueden analizar hasta más de 100 muestras en una noche, cuando antes unas 100 muestras se analizaban en casi un mes, se ha reducido mucho el tiempo (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Referente al cáncer, últimamente los nanomateriales se han utilizado en su investigación, las nanopartículas que se sintetizan se pueden utilizar en genosensores a partir de secuencias de DNA que pueden detectar cáncer de mama o de ovario; también hay nanojets que se les puede insertar un fármaco y se libere cada determinado tiempo sin ser un método invasivo (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015). A diferencia de cuando se sintetizan las nanopartículas con productos químicos, al ser sintetizadas a través de extractos de plantas se obtienen nanopartículas menos tóxicas para el ambiente, incluso para los humanos si se va utilizar en biomedicinas o cremas, tienen un amplio campo de aplicación: en medicina, mejoramiento del ambiente, cosmética, celdas solares, catalizadores, etc. (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Ahora, los protocolos de extracción de ADN para las plantas se han modernizado mucho y ya ni es necesario tocar directamente la materia porque son muy automatizados, hay incluso kits con los que se obtiene en media hora y antes mínimo se requerían una semana, estos kits se pueden obtener

en casas comerciales como PROGENES y BIOGEN y ahí mismo te asesoran dependiendo lo que se quiera extraer (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Ha habido un avance también en los instrumentos para cuantificar, antes se utilizaba un gel y para teñir el DNA se utilizaba bromuro de etidio, que es cancerígeno, ahora con el equipo del espectrofotómetro se puede poner la muestra sin ningún problema y con el mismo determinar la cantidad de nitrógeno, antes se utilizaban técnicas que contenían ácidos y que tardaban mucho (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Los avances en computación han tenido gran impacto también, ya que dan mayor precisión en la toma de datos y se adaptan (V.M. Hernández, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), hay mucha información en internet pero no basta con tenerla, hay que saber analizarla; por ejemplo, si te interesa diseñar un genosensor para cáncer de mamá en mujeres mexicanas hay que tomar en cuenta que nuestra variabilidad genética no es la misma que de las europeas o de las estadounidenses, por lo tanto, medicamentos y muchas cosas están *ad hoc* para los caucásicos, americanos y europeos pero nosotros tenemos otra genética, nuestro DNA no es igual, pero de ahí podemos sacar información que nos permita desarrollar los genosensores (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

En el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales, se han incorporado una serie de técnicas y herramientas, algunas antes descritas, que les permiten desarrollar procesos donde sólo se requiere recolectar el material de investigación la primera vez, después producirlo en reactores sin necesidad de devastar el territorio donde se encuentran, esto modifica la manera tradicional de investigación etnofarmacológica, pero ¿qué pasa con la comunidad y la normatividad aplicable? Se encontrarían en un supuesto no contenido en el PN, lo que lo convierte en un instrumento legal obsoleto en el que los proveedores no se benefician.

### **3.2.3 Evolución en las formas de administración de medicamentos (Downstream)**

La seguridad y gestión de calidad en los medicamentos son elementos esenciales en la atención a los pacientes que se les prescriben, mejorarlas requiere una labor compleja en la que interviene una amplia gama de medidas relativas a la mejora del funcionamiento, a la seguridad del entorno y a la

gestión del riesgo, incluidos el uso controlado de medicamentos, la seguridad de los equipos, las prácticas clínicas seguras y un entorno sano de cuidados (Organización Mundial de la Salud, 2002).

Las fallas en el proceso que culmina en un medicamento, se deben a factores tanto humanos como no humanos y existe una gran variabilidad de actividades y personas implicadas (Álvarez, y otros, 2010). Un importante avance en el desarrollo de tecnologías aplicadas al ámbito sanitario se ha ido gestando, y por ello debe disponerse de sistemas de información integrados y compartidos mediante los cuales se puedan obtener datos sobre los procesos y resultados en las investigaciones y, finalmente, reducir considerablemente los errores médicos (Delgado, y otros, 2011).

Por ejemplo, como se había mencionado, la etapa de acceso a las plantas puede que ya no sea necesaria cuando se incorporan tecnologías de la información en donde los principios activos provienen de fuentes de aprovisionamiento agroindustriales y estandarizadas ya establecidas, esto es, obtener su información de una base de datos virtual que otro investigador previamente capturó, de esta manera se uniforman las investigaciones pero las limitan en cuanto a que no se toman en cuenta las condiciones del medio ambiente y posibles nuevos principios activos en consecuencia.

En el área del medicamento, para las etapas de prescripción-validación farmacéutica y dispensación de medicamentos, las nuevas tecnologías se encuentran en los sistemas de prescripción electrónica asistida y los sistemas semiautomatizados de dispensación, sus ventajas están en los sistemas de alertas y soporte a la decisión clínica para evitar la transcripción de las órdenes médicas del tratamiento farmacológico, tanto por el farmacéutico para su validación como por la enfermera para su administración (Delgado, y otros, 2011).

Es muy importante para los pacientes mejorar la seguridad en las formas de administración de medicamentos, por lo que se recomienda examinar las tecnologías y sus interacciones en el cuidado de las personas, las tareas que se deben realizar, el ambiente de trabajo y la organización utilizadas para desarrollar la actividad, a fin de incrementar la eficiencia, calidad y seguridad e identificar fallos del sistema y del proceso que puedan derivar en error de medicación (Delgado, y otros, 2011).

A pesar de que los nuevos avances tecnológicos ayudan a la identificación de la estructura y los compuestos que constituyen las plantas, así como a la producción a gran escala y la fabricación de productos farmacéuticos finales (Baker *et al.*, 2007), muchos de estos avances son omitidos por el CBD y PN, legislación que debe ser dinámica y adaptarse a los avances que modifican continuamente los procesos de investigación.

## **4. Estudio de Caso**

### **4.1 Morelos**

El territorio de Morelos ha sido una entidad política soberana que ha estado subordinada a las decisiones del gobierno federal desde 1969 y también ha incorporado tradiciones y procesos sociales de las regiones aledañas (Ordóñez, 2002). Se ha caracterizado por la riqueza de sus recursos naturales, gran biodiversidad y clima privilegiado (Gobierno del Estado de Morelos, 2001) que se debe a la yuxtaposición de dos biorregiones y a la influencia del eje volcánico transversal. En 2004, se estimó la existencia de 3345 especies de plantas en Morelos (CONABIO *et al.*, 2004).

Los tres núcleos urbanos más importantes de Morelos son: Cuernavaca, Cuautla y Jojutla-Zacatepec-Tlaquiltenango; la Zona Metropolitana de Cuernavaca se compone por Jiutepec, Emiliano Zapata, Temixco y Xochitepec, las otras son Cuautla y la del Sur. La Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca (CIVAC) es la zona de mayor productividad económica en la industria química, en la metalmecánica y en el sector de servicios, pero también la que más ha alterado los recursos naturales, no obstante tiene una renovada movilización y participación ciudadana en defensa del medio ambiente pero la gente aún no sabe qué hacer ni cómo ponerse de acuerdo para asumir su responsabilidad sobre los problemas ambientales (Tapia Uribe, 2006).

Morelos fue el primer estado en crear una Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología cuya función es vincular “esfuerzos intersectoriales con empresas, centros e institutos de investigación, instituciones educativas, gobierno en sus diferentes modelos y con la sociedad en su conjunto para transitar hacia una economía basada en el conocimiento” (Visión Morelos, 2014).

El desarrollo industrial y el explosivo crecimiento en capital científico han convertido a Morelos en un polo de atracción para el establecimiento de importantes centros de investigación, además de

haberlo colocado en 2011 en el tercer lugar a nivel nacional, entre las diez entidades federativas que cumplen con los parámetros e indicadores del Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en México<sup>58</sup>, después del Distrito Federal y Nuevo León, y en 2014 en el quinto lugar como lo muestra la Imagen 2. Así como en el segundo y cuarto lugar en los componentes “Formadores de Recursos Humanos” y “Productividad Innovadora”, respectivamente. Por lo que existe en Morelos: desarrollo, tecnología y conocimiento, y por su cercanía con el Estado de México, Puebla, Distrito Federal y Guerrero, puede convertirse en un gran centro logístico en los próximos años, lo que ha llevado a que empresarios muestren su interés por invertir en áreas como la farmacéutica y agroindustria, por el potencial que tiene la entidad (El Sol de Cuernavaca, 2014).

### **Indicadores del Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en México, 2011**



**Imagen 2**

Fuente: (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C., 2014)

<sup>58</sup> Resultados en 2011 del Ranking Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en México por el componente en “Ciencia, Tecnología e Innovación en México” del Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

## 4.2 La investigación en Morelos

Tapia Uribe (2006) clasifica en cuatro grupos la investigación que se desarrolla en Morelos: biotecnología y salud; ingeniería de los grandes problemas nacionales y ciencias físico-matemáticas; ciencias agropecuarias, alimentación y medio ambiente; ciencias sociales y cultura.

Los Polos de innovación tecnológica o *clusters* agrupan en una misma región grandes industrias tecnológicas modernas que se vinculan con pequeñas empresas de emprendedores, laboratorios o centros de investigación (nacionales, empresariales y universitarios), así como con empresas de servicios y financieras de capital de riesgo. Morelos agrupa todas, menos las últimas dos. En 2014, con la finalidad de brindar al sector empresarial capital humano profesional de primer nivel que atienda a sus problemáticas y coadyuve a elevar su nivel de competitividad, 16 postgraduados se incorporaron en la industria, 12 eran maestros y 4 doctores (Visión Morelos, 2014).

Un ejemplo de *cluster* morelense es el de la empresa PROBIOMED<sup>59</sup> que promovió el programa de Maestría en Biotecnología Industrial en la UAEM (Dutrénit, y otros, 2010) y también cuenta con importantes colaboraciones con el Instituto de Biotecnología de la UNAM y el Centro de Investigaciones Biotecnológicas de la UAEM en la elaboración de productos biotecnológicos de vanguardia que requieren conocimientos avanzados de biología molecular y bioquímica para asimilar su calidad a la de productos elaborados por otras empresas internacionales (Viniegra-González, 2009).

En la consolidación de Morelos como espacio regional de conocimiento<sup>60</sup>, puede destacarse que el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBT) es una de las entidades académicas líderes en México en la creación de tecnología (Báez, 2015) con más patentes y solicitudes de las mismas en ciencia básica, además destaca por su vinculación con la industria, tener impacto y transferir el conocimiento en empresas extranjeras en países como Bélgica,

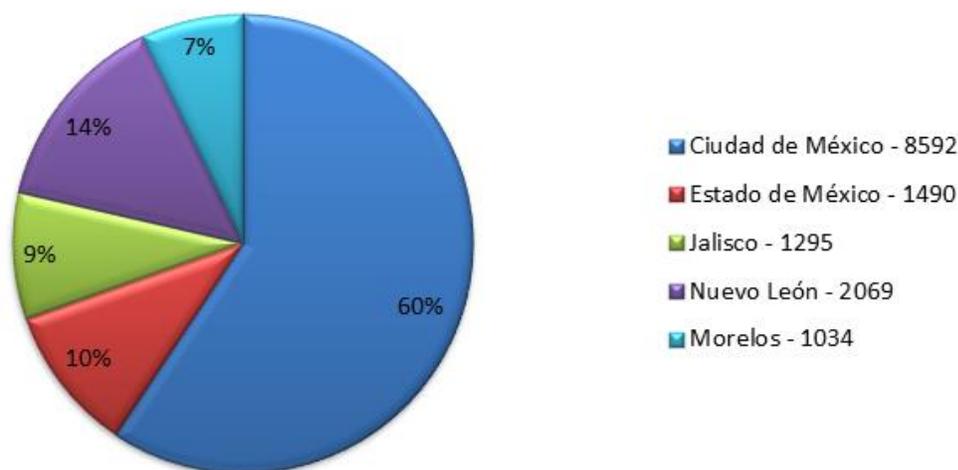
---

<sup>59</sup> PROBIOMED es una compañía mexicana creada en 1970 orientada a la investigación, desarrollo, manufactura y comercialización de productos de biotecnología y farmacéuticos para la salud. Cubre especialidades médicas tales como medicina familiar, medicina interna, endocrinología, cardiología, neurología, psiquiatría, otorrinolaringología, ginecología, traumatología, nefrología, oncología y hematología, entre otros (Pérez, 2013).

<sup>60</sup> Un espacio regional de conocimiento es en donde diversos actores canalizan el flujo de conocimientos hacia objetivos sociales, económicos y regionales (Santos, 2001).

Alemania, Estados Unidos, Suiza, Canadá o España. Mario Trejo Loyo, Secretario Técnico de Gestión y Transferencia de Tecnología de la Secretaría de Vinculación del IBT, informó que a lo largo de la historia de esa instancia se han obtenido 77 patentes (43 en nuestro país y 34 en otras naciones) y se encuentran en trámite unas 90 solicitudes. Asimismo, se han otorgado 27 licencias a empresas mexicanas y extranjeras (Romero, 2015). Aun así no se ha logrado la vinculación en las tres partes que conforman la triple hélice más la de demandas sociales.

### Miembros SNI en México 2016



**Diagrama 8**

Fuente: (Cetina, 1o de Marzo de 2016)

En 2010, Morelos contaba con 40 centros e institutos de investigación, 166 laboratorios y más de 2 mil investigadores (Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Estado de Morelos 2006 - 2012, 2010), la mayoría dependientes de las secretarías del Gobierno Federal, de la UNAM, IPN y de la SEP (Tapia Uribe, 2006) aunque existen otros centros de relevantes para innovar en actividades empresariales (ver Tabla 5). En 2013, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) reconoció que el estado de Morelos era la segunda entidad del país con más investigadores nacionales (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C, 2013), después de la

Ciudad de México. Actualmente, a pesar de haber descendido al quinto lugar con 1034 investigadores que forman parte del Sistema Nacional de Investigadores (SNI)<sup>61</sup> de 25067 como lo indica el Diagrama 9, Morelos es considerado la Capital Mexicana del Conocimiento (Info Morelos, 2015).

Morelos es la sede del más importante corredor del conocimiento e innovación de México y tiene el perfil de detonador regional de desarrollo económico basado en conocimiento, en 2014, 499 investigadores pertenecían también al Sistema Estatal de Investigadores, asimismo, existen más de 40 núcleos de investigación e instituciones de educación superior, 2 laboratorios nacionales, más de 260 laboratorios especializados y 61 posgrados de calidad que abarcan toda las áreas del conocimiento (Visión Morelos, 2014).

### **Centros de Investigación relevante para innovar en las actividades empresariales (2006)**

Instituto o centro	Institución a la que pertenece
•Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)	Comisión Federal de Electricidad (CFE)
•Instituto Nacional de Salud Pública (INSP)	Secretaría de Salud (SS)
•Instituto de Biotecnología (IBT)	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
•Centro de Investigación en Energía	UNAM
•Centro de Investigación en Biotecnología	Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM)
•Centro de Investigaciones Biológicas	UAEM
•Instituto de Ciencias Físicas.	UNAM
•Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas	UAEM
•Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET)	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
•Centro de Investigaciones Químicas	UAEM
•Centro de Ciencias Geonómicas	UNAM
•Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)	Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
•Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
•Facultad de Farmacia	UAEM

Fuente: SEDECO, con información de Tapia, M. (2006), "Morelos Capital del Conocimiento".

**Tabla 5**

Fuente: (Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Estado de Morelos 2006 - 2012, 2010)

<sup>61</sup> De los 1034 miembros SIN en Morelos, 148 son candidatos, 543 nivel I, 219 nivel II, y 124 nivel III (Cetina, 1o de Marzo de 2016).

## Índice de competitividad estatal 2014<sup>62</sup>



**Imagen 3**

Fuente: (IMCO Staff, 2014)

A pesar de la alta densidad de activos científicos y tecnológicos en Morelos, faltan políticas de innovación para atraer a empresas de mayor nivel científico y técnico; lo que da como resultado un rezago en competitividad como se aprecia en la Imagen 3. Esta situación se presenta también a nivel federal, por ejemplo, la empresa PROBIOMED planea edificar otra planta en México pero no ha encontrado el apoyo que sí encuentra en otros países como Brasil o Rusia (Aguilar, 2014).

### 4.3 Investigación y Desarrollo en el campo de la Biotecnología y la Salud en Morelos

La investigación biotecnológica desarrollada en Morelos es la de mayor potencial como Polo de Desarrollo Tecnológico. Ya no se pueden concebir los centros de investigación como lugares donde sólo se produce el conocimiento y la sociedad sólo se limita a recibirlo. Esta visión unidireccional debe dejarse de lado para aplicar el modelo de la triple hélice<sup>63</sup>: la universidad, el sector productivo

<sup>62</sup> El Índice de Competitividad Estatal 2014 (ICE) mide la capacidad de las entidades federativas para atraer y retener talento e inversiones (Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. , 2014).

<sup>63</sup> “La triple hélice expresa la relación universidad-industria-gobierno como una asociación entre iguales, relativamente independientes, de esferas institucionales que se traslapan y toman el papel de las otras” (Etzkowitz, 2002, pág. 3).

y el gobierno; Tapia Uribe (2006) propone agregar otros elementos a la triple hélice: las demandas ciudadanas y sociales, las cuales no pueden quedar simplemente sujetas a las fuerzas del mercado ni a los parámetros de productividad y competitividad.

En el campo de Biotecnología y Biología se concentra una gran parte de investigadores SNI III de Morelos, especialmente en el Instituto de Biotecnología de la UAEM y en el Instituto Nacional de Salud Pública. En conjunto, este campo contiene alrededor de una cuarta parte de los investigadores miembros del SNI que trabajan en Morelos (ver Imagen 4) pero la mayoría de los investigadores terminan por cambiar de residencia por la falta de empleo (Monje, 2012), falta de oportunidades, escasez de plazas en universidades públicas, y las oportunidades salariales que encuentran en otros estados o países como EU, Alemania, Australia e Inglaterra (Valdepeña, 2014), lo que impide hacer la vinculación de sus investigaciones con las demandas sociales del propio estado que permita mejorar el desarrollo local.



**Imagen 4**

Fuente: (Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Estado de Morelos 2006 - 2012, 2010)

#### **4.4 Investigación en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos**

Los centros de investigación se ubicaron en Morelos desde los años setenta, principalmente los de la UNAM. La Unidad de Investigación en Medicina Tradicional y Desarrollo de Medicamentos del Instituto Mexicano del Seguro Social cambió su residencia a Morelos en 1986 lo que fue un preámbulo para que en 1992 se formaran los primeros grupos de investigación profesionales; la UAEM crea el Centro de Investigación en Biotecnología y la Facultad de Ciencias. Poco después se crearon tres centros más: el Centro de Educación Ambiental e Investigación Sierra de Huautla (CEAMISH), el Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) y el Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp) (Barona, 2000).

En 1994 se realiza el cambio de administración central y resulta electo Rector el Director de Investigación y Posgrado, quien había impulsado esas nuevas unidades. El arribo de investigadores a la UAEM provoca modificaciones en el ámbito de las relaciones institucionales y en la forma de realizar el trabajo académico. La UAEM desde sus primeros tiempos desarrolló una investigación basada en esfuerzos individuales y poco numerosos pero ahora los investigadores realizan prácticas que precisan de reglas antes inexistentes, como por ejemplo el financiamiento por proyectos, la construcción de laboratorios, la productividad basada en publicaciones arbitradas, la especialización dentro de ciertos campos, entre otros (Tapia Uribe, 2006).

Gustavo Urquiza Beltrán, Secretario de Investigación de la UAEM, informó en entrevista brindada a un diario local en marzo de 2015 que se gestionará la creación de cinco nuevos centros de investigación en la UAEM: el Centro Multidisciplinario en Psicología; el Centro de Investigación en Derecho, Ciencias Sociales y Administrativas; el Centro de Investigación en Ciencias Básicas; el Centro de Investigación en Humanidades y el Centro de Investigación en Artes. De esta manera y al aumentar el número de investigadores se pretende cumplir con una de las misiones de la Universidad, que es la transferencia del conocimiento a la sociedad, esto se logrará con apoyo de la administración para proteger lo que se desarrolla a través de patentes y licenciamientos, además de impulsar el trabajo con la oficina de transferencia certificada por la Secretaría de Economía y el

CONACyT para otorgar beneficios a la UAEM, ya que cumple con los criterios de calidad (Rivera, 2015).

En los Centros de Investigación en Morelos se generan proyectos importantes, muchos de los cuales no han logrado una vinculación exitosa permanente dentro del país o se encuentran en proceso de prueba en diversas etapas. Algunos ejemplos son los proyectos relacionados con plantas medicinales que se desarrollan en el CEIB de la UAEM. En este caso, se han fomentado relaciones con investigadores y empresarios de universidades británicas, como el London Pharmaceutical Medical Group para “determinar los principios activos de ciertas plantas [...] endémicas de Morelos [...] y que eso tenga un aprovechamiento en la industria” (Tapia Uribe, 2006, págs. 95-96).

#### **4.5 Centro de Investigación en Biotecnología**

Antes de la creación del Centro de Investigación en Biotecnología no había investigación propiamente dicha en la UAEM, fue el primer Centro ahí con la visión de tener investigadores que su actividad principal fuera investigar y crear conocimiento publicable<sup>64</sup> que fuera revisado por otros investigadores que lo corroboraran, este es el punto de vista del Dr. Rodolfo Quintero, quien fue uno de los fundadores del CEIB bajo el mandato del rector en ese entonces, Alejandro Montalvo, y del Centro de Ingeniería y Biotecnología genética de la UNAM (creado antes).

Uno de los problemas a los que se enfrentó la creación del Centro, fue la oposición de un grupo de directivos y maestros que pensaban que no tenía caso crear otro centro si ya existía el de la UNAM, ni crear un grupo de investigación fuera de las facultades, entonces, el reto era establecer el campo de especialización del Centro, para diferenciarse del centro de la UNAM y no competir contra él, ya que contaba con mayores recursos y espacio, por lo que los temas elegidos fueron: medio ambiente y productos naturales, que podían ser temas también muy amplios (R. Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). Finalmente, la aceptación fue por eso, porque se buscó que el tipo

---

<sup>64</sup> Algo que falta en las universidades es que desde licenciatura formen a los estudiantes en la escritura de artículos acerca de cómo se van a exponer los resultados de las investigaciones que tanto trabajo cuestan obtener (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

de trabajo que se manejara no fuera repetición de lo que se hace en otros centros, hay algunos que si son parecidos pero muchas no (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Algunos trabajadores del Centro de Investigación Biomédica del Sur del IMSS, que actualmente se encuentra en Xochitepec, realizaron su doctorado en el CEIB y posteriormente regresaron al IMSS, este no fue el caso de la Dra. Villareal, ya que ella se quedó a trabajar en el CEIB (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Otro de los problemas, fue la creación de nuevas plazas para los investigadores, como era una institución nueva administrativamente y chocaba con la estructura que ya existía, pero poco a poco se logró acoplar, aunada a la habilidad de los investigadores de conseguir recursos nacionales, especialmente en CONACyT, e internacionales.

No sólo se creó como centro de investigación sino que también tuvo programas de posgrado, y con un nuevo modelo híbrido diferente al de la UNAM y de otras universidades; en el que como profesores dan clase a los alumnos de licenciatura sin formar parte de las facultades (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Siempre es difícil iniciar o ser lo pioneros de un lugar porque te das cuenta que para formar un laboratorio, es difícil empezar porque carecemos de algunas cosas, inclusive del material básico (C.Abarca, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), el rector se dio a la tarea de hacer las gestiones para crear al Centro, el terreno era propiedad del gobierno federal que estaba destinado a la construcción de universidades y el Dr. Quintero consiguió apoyo de la ONU para el mobiliario (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), el presupuesto que se obtenía debía repartirse entre los laboratorios (C.Abarca, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Fue en esas condiciones como el H. Consejo Universitario de la UAEM, en la sesión del 14 de mayo de 1992, aprobó la creación del Centro de Investigación en Biotecnología, con el propósito de generar la investigación básica de frontera, así como las aplicaciones enfocadas a diferentes sectores industriales, y efectuar la implementación y transferencia de tecnologías entre los diferentes campos que conforman esta multidisciplinaria. Asimismo se aprobó la creación del

Programa de Posgrado en Biotecnología, tanto a nivel de Maestría en Ciencias como de Doctorado (UAEM, 2013).

El CEIB inició con pocos profesores investigadores, 4 o 5 (C.Abarca, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), actualmente existen 16 investigadores miembros del SNI (9 hombres, 7 mujeres y 1 extranjero) de un total de 328 que se encuentran adscritos en la UAEM (Cetina, 1o de Marzo de 2016), 26 investigadores incluyendo los que son no son miembros del SNI, son de tiempo completo y 20 tienen el grado de Doctorado, 3 de Maestría y 2 de Licenciatura, lo que representa el 65 por ciento de su plantilla en este sistema (UAEM, 2014).

Actualmente el director del Centro es el Dr. Víctor Manuel Hernández Velázquez. Algunos proyectos importantes que se han estado desarrollando bajo su mandato en el CEIB son para impulsar la orientación de “bio-fábricas” en las que a partir de la biomasa se extraigan componentes con una estructura química similar a los derivados del petróleo, y para escalar la producción del proceso de obtención de quitosano a partir de la quitina un polímero que forma parte del exoesqueleto de los artrópodos, para su aplicación en medicamentos de liberación prolongada y usados en la cicatrización (Agencia ID, 2014).

Existen otros centros de investigación que realizan actividad científica en el campo de investigación de plantas medicinales, como son: Universidad de Nuevo León (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), Universidad Autónoma Chapingo, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IMSS, UAM-X, Instituto de Química de la UNAM, Instituto de Biotecnología de la UNAM, y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, pero ninguno de ellos es integral, como el Laboratorio de Plantas medicinales que investiga la parte química, biológica, biotecnológica y hasta genética de las plantas (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Estudiantes del nivel medio superior visitan los Laboratorios del CEIB para que conozcan las líneas de investigación para dar a conocer el trabajo que se lleva a cabo (C.Abarca, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

#### 4.6 Actor clave actual – Dra. María Luisa Teresa Villareal Ortega

La Dra. Villareal es bióloga de formación, su tesis de licenciatura se llamó “Síndrome de Down, anomalías cromosómicas que dan origen a este padecimiento”, hizo la Maestría en Bioquímica en la UNAM, en ese entonces trabajaba el área de genética humana (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). El Dr. Quintero la invitó a formar parte del programa de doctorado en el CEIB, él fungiendo como su director de tesis, por lo que se mudó a Morelos y cambió su línea de investigación al de plantas, procesos biotecnológicos para incrementar su producción y aspectos de farmacología (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), ella quería crecer académicamente y contaba con la formación en investigación de plantas medicinales porque provenía del Centro de Investigación Biomédica del Sur del IMSS<sup>65</sup>, el cual es un centro de investigación reconocido en el campo, pero sin docencia, lo que le permitió seguir con sus investigaciones acerca de plantas antifúngicas provenientes de Chiapas (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). Precisamente, el objetivo de la tesis doctoral de la Dra. Villarreal fue investigar, inicialmente desde el punto de vista etnomédico, una planta endémica de Chiapas que es muy utilizada por las etnias tzotziles de este estado para tratar problemas dermatológicos, después comprobar si realmente tenía efectos fungicidas y, finalmente, se comprobó a través de procedimientos químicos convencionales (cromatografías) que inhibía el crecimiento de hongos particulares<sup>66</sup> (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Muchos investigadores de centros de investigación en biotecnología han recibido premios, han contribuido al desarrollo de nuevos conocimientos y han sido capaces de vincular la investigación con el sector productivo o con alguna demanda social (Tapia Uribe, 2006). Tal es el caso de la Dra. María Luisa Villarreal, a quien algunos investigadores conocen como “persona muy honorable con

---

<sup>65</sup> El CIBS investiga más la parte biológica de las plantas para la parte médica, y no la Química, aunque también ha crecido en otras áreas (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), se encuentra en Xochitepec y es la institución sucesora del Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales (IMEPLAN) (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

<sup>66</sup>Al identificar el compuesto activo, se dio cuenta de que era una familia de compuestos activos (*7 apolinas espirostánicas*) que son únicos y no se habían descubierto antes, se encontraban por primera vez en esta planta mexicana, pero sólo crecía en una zona muy limitada, difícil de acceder e incluso problemas sociales en la región, lo que ocasionaba problemas para ir a colectar, la solución fue implementar otro tipo de tecnología para poder explotar el recurso, ¿por qué no utilizar los tejidos y células de la planta y crecerlas en el laboratorio y así ya no depender de la planta silvestre, ni explotarla? (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

gran capacidad humana y responsabilidad social” (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), quien actualmente es la Coordinadora Académica del Programa de Doctorado en Ciencias Naturales (Facultad de Ciencias Biológicas UAEM), investigadora titular “C” y catedrática del Centro de Investigación en Biotecnología de la UAEM en donde labora desde hace 14 años realizando investigación en biotecnología de productos naturales (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). Ha sido investigadora visitante de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Illinois en Chicago, el Instituto Nacional de Cáncer de Estados Unidos en Bethesda, Maryland, la Universidad de Picardie Jules Verne en Amiens, Francia, y el Departamento de Farmacognosia de la Universidad de Leiden de los Países Bajos (Rivera Díaz, 2013).

María Luisa Villareal goza de gran reconocimiento nacional e internacional por su decisivo papel en el campo de la biotecnología, por lo que ha merecido diferentes distinciones, entre ellas, el Reconocimiento a la Excelencia Profesional que otorga el gobierno del estado de Morelos (2000), Premio Cambiotec (1998), Mención Honorífica en el Premio Canifarma (2003) y el Premio Mexwii (2006) otorgado por la Global Women Inventors and Innovators del Reino Unido, en la categoría de Universidades e Institutos de Investigación, por su labor realizada en el Centro de Investigación en Biotecnología de la UAEM. Sin olvidar su sobresaliente investigación en el área química y biológica aplicada al conocimiento en el desarrollo de fármacos a partir de compuestos vegetales, que la hizo merecedora del premio “Martín de la Cruz” el 2 de abril de 2013 en el marco de la celebración del Día Mundial de la Salud (Rivera Díaz, 2013). También forma parte del Sistema Nacional de Investigadores con el nivel III.

Sus resultados de investigación han permitido, entre otros: conocer mejor el papel que la evolución ha tenido en algunas plantas medicinales, la validación del conocimiento tradicional y reducir significativamente el riesgo de la deforestación y eventual extinción de las plantas con propiedades medicinales por su explotación comercial (González y Barajas, 2012).

La Dra. Villarreal enfatiza que el conocimiento generado por ella y sus colaboradores “debe ser regresado a las comunidades”, de tal suerte que éstas sigan beneficiándose de las propiedades medicinales de su acervo etnofarmacológico (González y Barajas, 2012), así es como se demuestra su compromiso con la investigación científica y no con la comercialización del conocimiento para

obtener dinero como fin último de sus investigaciones, lo esencial para ella es la búsqueda de curas a enfermedades o determinados síntomas, y no la creación específica de medicamentos (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

Finalmente, la Dra. ha formado de entre sus estudiantes a buenos investigadores que se van a otros Estados, de forma individual pero se siguen dedicando a este campo de investigación (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015).

#### **4.7 Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales del CEIB**

El Laboratorio tiene por responsable a la profesora investigadora Dra. María Luisa Villarreal Ortega, además de dos profesores investigadores, y estudiantes de licenciatura, maestría, doctorado y de verano<sup>67</sup>. Ha llevado a cabo diversos proyectos y sus integrantes han realizado numerosas publicaciones desde su creación, además de importantes colaboraciones (UAEM, 2015).

Las investigaciones se realizan utilizando un planteamiento experimental multidisciplinario<sup>68</sup> donde lo técnico y el conocimiento se va retroalimentando (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015) y encaminado a la obtención y producción de nuevos agentes terapéuticos, que involucran la selección etnobotánica de las plantas, el empleo de bioensayos que demuestren su actividad farmacológica, el desarrollo de metodologías químicas para aislar e identificar los compuestos bioactivos; y la aplicación y desarrollo de enfoques biotecnológicos que establecen las bases para el desarrollo sustentable de las plantas y la producción de fitomedicamentos (UAEM, 2015). Las disciplinas que se conjugan son: Etnomedicina, Farmacología, Química, y Biotecnología (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

La principal área de estudio a que se dedican en el Laboratorio es la investigación científica integral con especies vegetales de amplio uso en la medicina tradicional de México (A.Cardoso, entrevista

---

<sup>67</sup> El estudiante de verano Juan Sermina, gana la beca para hacer su estancia de verano porque ganó el concurso de investigación CUAM-UACMor 2014 a nivel preparatoria, y en 2015 tuvo el reconocimiento Talentos Morelos 2015, esto debido a su investigación de la especie *indigofera cuernavacana*, el chichilej, planta que se encuentra en Cuentepec, Morelos y que tiene la cualidad de ser analgésica (J.F. Sermina, entrevista personal, 8 de agosto de 2015). El otro estudiante de verano, Martín Vázquez, es de licenciatura y refirió que la Academia Mexicana de Ciencias otorga la beca para realizar la estancia en verano.

<sup>68</sup> La multidisciplinariedad da ventaja porque se cuenta con mayor diversidad, ideas, innovación, etc. y entre diferentes expertos se apoyen (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

personal, 13 de agosto de 2015), los propios entrevistados mencionaron para constituir la Tabla 6, dichas:

### **Líneas de investigación en el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales**

Anticancerígenas: la especie <i>linum scabellum</i> , se busca actividad citotóxica contra las líneas de cáncer en un metabolito análogo llamado podofilotoxina (R. Casasanero, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).
Antibacterianas: con actividad contra la bacteria <i>helicobacter pylori</i> , la cual puede ocasionar gastritis y posteriormente cáncer gástrico.
Contra depresión, con efecto sedante y ansiolítico: tienen efectos sobre el sistema nervioso central. Como la flor de tila <sup>69</sup> que es muy comercializada y la calderona amarilla o cola de zorro <sup>70</sup> (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).
Para tratar Alz Heimer: las especies <i>huperzia serrata</i> (M. Vázquez, entrevista personal, 8 de agosto de 2015) y <i>huperzia orizaba</i> (O. Cruz, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

**Tabla 6**

Fuente: (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015)

De las especies con las que trabajan una es un grupo de helechos<sup>71</sup> en el que han encontrado compuestos con actividad antidepresiva y que tienen potencial para tratamiento de Alz Heimer, pero son difíciles de reconocer y encontrar, es cuestión de reconocimiento de la planta correcta por parte de la gente (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Con las pruebas farmacológicas también se ha demostrado que tienen una mayor afinidad, son más potentes, tiene

---

<sup>69</sup> Hubo grupos de la UNAM que estudiaron el extracto de la planta pero no llegaron al compuesto puro, entonces a través de un trabajo dirigido por el Dr. Cardoso, identificaron cuales son los compuestos presentes en la planta, aislaron uno y lo publicaron, eso es información científica en relación a una planta muy importante (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>70</sup> La Dra. Villareal ha estado estudiando durante más de 10 años esta planta y también han aislado sus compuestos (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>71</sup> En México son escasas las investigaciones de la parte química y farmacológica de los helechos, lo que convierte al trabajo en pionero, ya que hay más de mil especies (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

menos efectos secundarios, lo que los hace candidatos idóneos para utilizarse como un medicamento (O. Cruz, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

La Dra. Ortiz narra con un ejemplo cómo inicia el proceso de investigación:

Yo te puedo hablar de la planta que trabajo en particular, que es *galphimia glauca*, inicialmente se hizo una encuesta de investigación acerca de cuál era el principio de estudiar la planta que era con la población, esto empezó con la colaboración de la Dra. Villareal con el Instituto Mexicano del Seguro Social, ellos investigaron la planta porque llegaron algunos pacientes a esa institución diciendo que les dolía el estómago, y le preguntaba el doctor que qué era lo que tomaban para quitarse ese dolor, y un señor les comenzó a decir que tomaba una planta que tenía una flor amarilla, que se dormían y se les quitaba el dolor de estómago, y entonces la pregunta era, ¿por qué se duermen y porque les quita el dolor de estómago?, entonces ya se fueron a la comunidad y empezaron a hacer encuestas a demás poblaciones en Doctor Mora, en Guanajuato. Se fueron al cerro donde está la planta, que es un suelo calizo y solamente de esa área encontraron esa planta a las que a ellos les quitaba el malestar y ya de ahí la pregunta de los investigadores, ¿qué es realmente lo que está haciendo la planta?

[...]

Empiezan a hacer cultivo *in vitro*, que es la primera tecnología que desarrollamos en el laboratorio, después empiezan a propagar esta planta y analizamos lo que traen, y vemos lo que la planta realmente trae un metabolito que de estructura terpénica y que no era para tratar enfermedades infecciosas o bacterianas, sino simplemente que tiene un compuesto con actividad sedante, hacía que se relajara el paciente y por lo tanto se evitaba estar en estrés y en malestar y cuando ya despertaba ya no tenía ese malestar y así empieza la historia.

Para obtener acceso a las plantas, como anécdota, el Dr. Cardoso mencionó que en una ocasión se realizó una búsqueda exhaustiva pero no encontraban las que buscaban:

Y un alumno la vio en un mercado que una señora vendía en Veracruz, entonces le pidió su teléfono y fui a su casa y tenía una centena de los helechos que nunca había encontrado entonces le compré todos, y nos preguntaba que de dónde veníamos pero que había pocas porque talaban los árboles, pero yo no le creía porque crece en lugares muy altos [...] La señora dijo que las conseguía de un lugar como a una hora, que tenía que esperar porque taladraron el bosque porque las tomaban de las copas de los árboles pero no me dijo dónde.

Generalmente, las plantas que se colectan están lejanas de la población pero van por ellas porque saben que son curativas, hay zonas protegidas en reserva, dependiendo de la gran cantidad de especies que se manejan, o son áreas que la población no ha llegado, hay áreas donde está cercana la población (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Una de las estudiantes de doctorado narra brevemente la experiencia que ha tenido al recolectar plantas de la especie *galphimia*:

[...] en Guanajuato nos han dicho que se utiliza para tranquilizar o para dormir, en las regiones de aquí de Morelos, Miacatlan, nos dicen que la utilizan para los golpes, dolores o desinflamar, de hecho, en Miacatlán nos lleva una persona que es originaría de allí y tenemos que caminar como cinco o seis kilómetros dentro del cerro para poder colectar porque no hay acceso. La población ha crecido y esa planta que es silvestre, en el caso de Tepoztlán, no hemos tenido registro de para qué la utilizan, a lo mejor la conocen con otro nombre común, su nombre tradicional, pero normalmente si hemos detectado que la utilizan para el dolor, para los golpes y, en el caso de Guanajuato nos han dicho que es como como calmante. También de acuerdo al uso etnomédico del conocimiento empírico de la gente se ha hecho ese estudio (E. Medellín, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Siempre se trata de hacer una sola colecta muy abundante, y si faltara material posteriormente, regresan al mismo lugar y en la misma época para encontrar la actividad que se busca en la planta y de acuerdo a su estado de desarrollo (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Algunos de los estados donde el grupo de investigación ha realizado colectas son: Puebla, Acapulco, Guanajuato, Guerrero (Temalac), Morelos, Querétaro, San Luis Potosí, Jalisco, Yucatán (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), Chiapas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), Veracruz, Oaxaca (M. Vázquez, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

El laboratorio es pionero en América Latina en la investigación metabólica<sup>72</sup>, con esta técnica han demostrado que algunos compuestos de una planta están presentes en algunas especies de unas localidades, y en otras no, otra de sus bondades es que se toma poca cantidad de muestra y da el perfil como una huella dactilar de la muestra (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de

---

<sup>72</sup> Metabolómica es la “medición cuantitativa de la respuesta metabólica multiparamétrica dinámica de los sistemas vivos a los estímulos fisiopatológicos o la modificación genética” (García-Velasco y Rizk, 2010, pág. 107).

2015) por lo que han conjugado el desarrollo tecnológico y científico (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). El Laboratorio es de los pocos en México en los que se utiliza esta técnica de fotoquímica integrativa en la que mediante métodos instrumentales, cromatografía, HPLC, etc. se pueden visualizar todos los compuestos activos y no sólo un metabolito, entonces con esta bioinformática y métodos de estadística bioaplicados a la generación de señales por diferentes instrumentaciones, podemos ver en forma completa y holística los compuestos presentes en la planta (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Respecto a la aplicación de la metabolómica, la Dra. Villareal brindó un ejemplo:

Una planta que hemos investigado mucho tiene efectos sedantes de ansiolíticos, se llama *galphimia glauca* o calderona amarilla, la colectamos por primera vez en Guanajuato y llevamos el procedimiento que ya te platiqué, tiene nueve compuestos con actividad ansiolítica, algunos más que otros pero todos en el mismo sentido. Establecimos cultivos de raíces, los escalamos, siempre habíamos estudiado solamente la planta de Guanajuato porque alguien nos dijo que esa planta tenía esas propiedades, pero luego vimos que la planta estaba distribuida en casi toda la República Mexicana ¿cómo está en otros estados? Qué tal que concentran estos compuestos que llamamos galfiminas en concentraciones mayores y eso también puede tener beneficios, entonces en un proyecto de doctorado colectamos plantas en diferentes estados, Querétaro, Jalisco, Chiapas, Morelos...siete diferentes poblaciones y nuestra sorpresa fue que encontramos que solamente dos de las siete (las buscamos por metabolómica) poblaciones tienen las galfiminas y los otros no, porque no las producen en la misma época del año, las mismas condiciones, en el mismo estado de crecimiento de la planta y demás y eso nos llevó a otra serie de consideraciones; a pesar de que los botánicos nos las clasificaron como la misma especie a la mejor no es la misma planta entonces teníamos que hacer estudios moleculares para buscar genes y fue muy sorpresivo pero aparentemente hasta lo que llevamos ahorita, son tres especies. Antes pensábamos que eran una porque los criterios botánicos buscan las flores, semillas, características en las hojas, raíces y dicen que es la misma pero genéticamente por marcadores genéticos moleculares, encontramos que no, y avanzamos rapidísimo en eso por la metabolómica

También han incursionado en el estudio de flujos metabólicos para la síntesis de metabolitos secundarios en plantas mexicanas<sup>73</sup>, los procedimientos biotecnológicos para la producción de medicamentos a partir de plantas de la flora medicinal de México utilizando sistema de cultivos *in*

---

<sup>73</sup> Han llegado a obtener mejores rendimientos, un porcentaje de 10%-15% más que el inicial (A. Ortiz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

*in vitro* que involucran cultivos de tejidos vegetales para permitir una producción permanente y controlada de los fármacos deseados (UAEM, 2015).

Un proyecto original en México, fue la introducción de *elicitors* inductores, los cuales simulan las condiciones que tiene el ambiente para inducir la producción de fármacos y sustancias que se requieren, y se recuperan en concentraciones incluso mayores que los que fabrica la planta silvestre, otra de las ventajas es que se pueden tener de forma continua y controlada en el laboratorio (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

En la parte biotecnológica, con el cultivo de tejidos se establecen cultivos de células vegetales, crecerlos, hacerlos producir y escalarlos a mayores volúmenes sin necesitar a la planta (Villarreal Ortega, 2015).

La tercera área vanguardista que se aborda en el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales respecto al crecimiento de hongos endófitos<sup>74</sup> (Imagen 5), que son microorganismos que viven dentro de las plantas y por vivir dentro pueden adaptar las rutas metabólicas de la misma planta (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015), fabrican los mismos compuestos vegetales que han adquirido por la asociación y el tipo de interacciones con la planta, el beneficio de sacar los hongos de una planta es que es mucho más fácil cultivar hongos porque desde el punto de vista biotecnológico crecen, se reproducen más rápido y alcanzan una biomasa más abundante y los compuestos activos los excretan al medio (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Otra de las nuevas tecnologías utilizadas en el Laboratorio es el de los ensayos biológicos que tienen como resultado que ya no hay que matar a los animales, se compara la enzima que está dentro del animal en la que se iba a incidir y hay técnicas en las cuales se hacen los impósitos de inducción de microlitos en volúmenes muy pequeños, se utiliza poca cantidad del extracto y tienen

---

<sup>74</sup> Las plantas que contienen los hongos endófitos que investigan en el Laboratorio se obtienen de dos casas particulares que se encuentran en Tlaltquitenango, Morelos, la particularidad que tienen es que se riegan por cultivo de traspatio, y para encontrar la actividad biológica deseable y un perfil químico más activo se deben encontrar ante una mayor disponibilidad de agua, en este caso, por el impacto de las actividades humanas (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015).

un resultado muy confiable y específico en relación de la enzima que está actuando (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

La investigación y recolección en campo conlleva ciertos riesgos, especialmente en nuestro país, al respecto el Dr. Cardoso contaba una anécdota:

Hay muchas anécdotas, por ejemplo, en Santa Clara, Guadalajara, estaba arreglando mis cosas para ir allá y escucho en el canal 22 las noticias de que habían encontrado 10 decapitados en la barranca tal y era justo a la que yo iba a recolectar, eso fue en 2005 y ya no sabía si ir y cuando llegué había militares, retenes en todas las áreas, recolecté y atrás todo estaban lleno de plantas y bolsas y nos paran porque iba en taxi me preguntan que si estaba bien, por si me habían secuestrado, le piden los papeles y nos preguntan qué traemos y lo ven, lo bueno es que no se parece a la marihuana, y les expliqué que era material de investigación (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

También La Dra. Chávez-Sandoval contaba que “hay veces que en mi generación murieron dos chicas en dos salidas de campo entonces a veces tienes resultados que te cuestan la vida o que cuestan vida o cuestan sangre”.

## Proceso de colecta de material vegetal con hongos endófitos

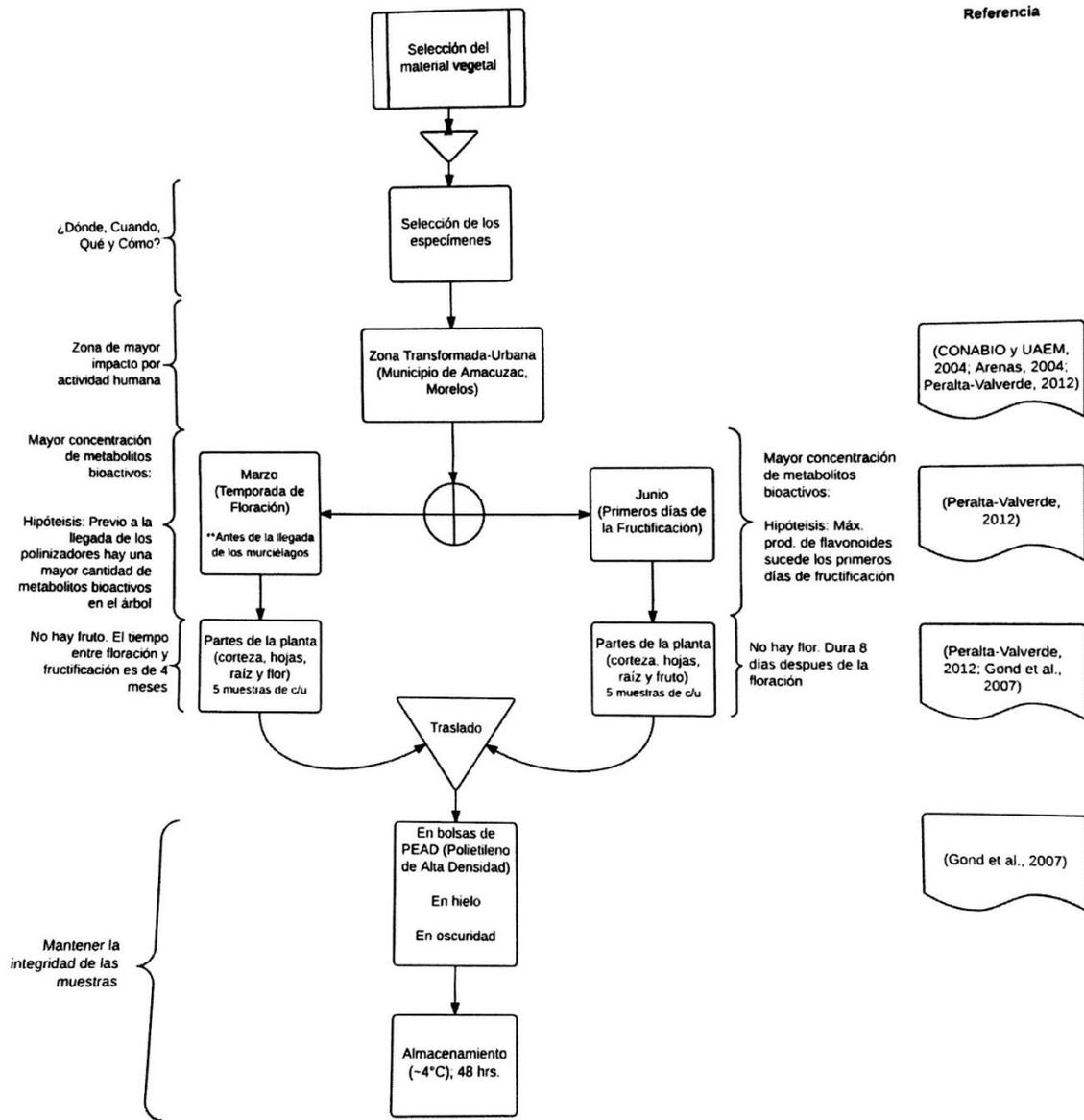


Figura 2. Colecta del material vegetal con base en los siguientes criterios: 1) Zona con mayor impacto de actividades humanas en el Edo. de Morelos, 2) Temporada en la que puede haber una mayor concentración de metabolitos bioactivos, 3) Disponibilidad de material vegetal durante la temporada en que se colecte, 4) Metodología de manejo, traslado y almacenamiento de las muestras con base en lo reportado por Gond et al., 2007).

## Imagen 5

Fuente: (R. Flores, entrevista personal, 8 de agosto de 2015)

Desde su creación, los investigadores del Centro y sus laboratorios<sup>75</sup> desconocían la normatividad jurídica que los regulaba (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), actualmente<sup>76</sup>, los integrantes del grupo de trabajo coinciden en que limitan su actuar en la práctica científica con base en la ética individual, responsabilidad y calidad técnica<sup>77</sup>, la cual se mide cuando envías la publicación, revisan que aparato usaste, en productos naturales nunca es un solo valor, siempre tienen variaciones, en otro tipo de experimentos sí es más exacto (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). Una de las obligaciones como investigador es publicar (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), pero un atributo muy importante del grupo de trabajo es que tienen el compromiso de no publicar algo hasta que están 100% seguros de los resultados de la investigación<sup>78</sup>, hay que desconfiar si los experimentos siempre salen muy bien, se tienen que repetir los experimentos hasta que el resultado se estandarice (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Institucionalmente, existe un Comité de Ética de Animales, comenta el Dr. Cardozo su experiencia:

Yo utilicé las instalaciones del IBT para lo de los ratones, cuando compras no te preguntan para qué los quieres, pero ahí me pidieron un protocolo y el Comité de Ética lo evaluó, y me dijeron que si era apropiado el número de animales, si estaba consciente de la normatividad, de cómo hay que hacer para sacrificarlos, que no sufran o sufran lo mínimo posible, no hacer atrocidades con ellos, etc. Evalúan y hacen observaciones en relación al proyecto. [...] La gente que va a trabajar con animales tienen conocimiento del protocolo de ética, de la cuestión de seguridad les platicamos en el seminario de grupo (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

La investigación debe llevarse a cabo con todos los protocolos de seguridad necesarios (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015), a pesar de no existir una regulación como tal, existen

---

<sup>75</sup> En el caso del Biofísica Molecular y Bioquímica de Plantas de la Universidad Paris Lodron Salzburg, es la regulación acerca de organismos genéticamente modificados la que les impide liberar y propagar los organismos que investigan (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

<sup>76</sup> La Dra. Chávez-Sandoval refirió que conoce la existencia del Derecho Ambiental y que no tiene esa formación pero que es importante conocerla y aplicarla porque para eso existe.

<sup>77</sup> Los criterios de lógica también deben aplicarse para no contaminar al ambiente, hay que determinar hasta donde lo que se hace es bueno o malo (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015). También existe la certificación de laboratorios (V.M. Hernández, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>78</sup> La ética se demuestra cuando otro compañero corrobora los experimentos que se realizan, tienen que ser reproducibles (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

ciertas normas de trabajo, la intención es siempre trabajar bajo condiciones de seguridad para no contaminar, en laboratorios ventilados y en sitios especiales, no siempre se hace así (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Muchos de los reactivos que utilizamos son tóxicos entonces hay ciertas normas para trabajarlas con cuidado, hay algunas hormonas que les ponemos a los cultivos de plantas para que crezcan las células que son tóxicas y mutagénicas, pueden provocar cáncer, los estudiantes ya saben que las tienen que tratar con muchísimo cuidado, supuestamente los laboratorios están equipados con la seguridad, ventilación suficiente, y demás, en teoría no dejamos comer a los estudiantes pero a veces llegan y están comiendo, lo que es terrible y está mal, porque tienen sus sitios especiales (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

De la cuestión de seguridad no hay un protocolo pero cuando hay junta de grupo les decimos con énfasis que usen, bata, gafas, guantes, pero la mayoría de las veces no lo hacen y eso en todo el centro, entonces es difícil intentar controlar eso aquí, cuando van a la campana común están trabajando con bacterias muy patógenas, hay que tener mucho cuidado, falta una cuestión de reglamento interno que si existe pero no se cumple” (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

En el Laboratorio de Control Biológico del mismo Centro, además se seguir con los protocolos de seguridad, hay principios internacionales que siguen, por ejemplo, los organismos con los que trabajan no tienen efectos en seres humanos y sólo afectan a los insectos (V.M. Hernández, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Generalmente los investigadores del laboratorio se guían por el criterio etnomédico para seleccionar las plantas, buscan registros y lo que se haya publicado acerca de ellas, también se pueden asesorar con los herbarios del estado porque ellos ya saben cuáles son las localidades exactas, a veces los acompañan o luego ellos las colectan y las mandan a través de un convenio o hay que pagarles (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015). Ya en cuanto a acceso a recursos, la Dra.Villareal comparte su experiencia:

Eso es lo más bonito [...] es una de las experiencias mejores, la gente te acepta muy bien, vas y les preguntas. Nosotros siempre vamos con una investigación etnomédica previa, la gente siempre te ayuda, les dices que vas a buscar tal planta y sirve para esto, te dicen que la puedes encontrar en tal lugar, si efectivamente si sirve, la usamos y preparamos en tés, emplastos, temazcales, son muy generosos y comparten, hay diferentes maneras de abordarlos.

El Dr. Cardoso es quien generalmente realiza las colectas junto con los estudiantes (M.L. Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Respecto a retribución de beneficios<sup>79</sup>, “cuando regreso por segunda o tercera vez, si les platico si encontramos algo interesante, y se puede percibir que ellos se quedan muy contentos, a la mejor no les beneficia directamente” mencionó el Dr. Cardoso, generalmente la gente de las poblaciones tiende a desconfiar (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) pero es una manera de que la gente se interese y te abra las puertas de su comunidad (E. Medellín, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Una vez que hemos terminado hacemos talleres, lo que nos lleva a tener un poco más de comunicación con ellos y tratarles de decir cómo pueden ahora ingerir esos productos.

[...]

Se hacen conferencias, se enseña la planta, cómo la hemos tratado, cómo lo hemos investigado, lo que hemos logrado, ellos participan igual colectando plantas, identificando a la planta, les explicamos en donde están los compuestos, ¿por qué no están en la raíz?, si están en hojas, no están en flor ni están en semilla, cómo deben de cuidar ellos sus plantas. Ése es el principal objetivo, que ellos mismos mantengan sus especímenes ahí.

[...]

Estos talleres se han impartido en Doctor Mora, Guanajuato, en Cuernavaca, también en Xochitepec donde hay una feria de las plantas medicinales y se integran varios grupos y vienen de diferentes estados (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

La intención final es hacer transferencia hacia las empresas pero no es tan fácil entrar en su mundo, aunque sólo así se pueden ver reflejados en beneficios los resultados de la investigación, se necesita la orientación de un departamento de vinculación, lo ideal también es tener un intermediario que ayude a que los dos mundos se comprendan y poder establecer los productos en el mercado; se necesita dinero que puede provenir de los empresarios y mejor aún del gobierno porque es hasta

---

<sup>79</sup> En el Laboratorio de Control de Plagas del mismo Centro, después de investigar, regresan a darles pláticas a los productores del campo de dónde sacan los insectos (plagas), les dicen lo que encontraron, cómo es el control biológico, cómo afecta a los insectos, cómo se contaminan ellos, cómo aplicar los plaguicidas y otras cuestiones técnicas (V.M. Hernández, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

más barato resolver los problemas de salud utilizando nuestros recursos, las plantas (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Al respecto de la vinculación con la industria, el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales ha tenido experiencias de que se les propusiera un proyecto pero la empresa esperaba resultados rápidos y prácticos, pero si se investigaba sin prisas, ambas partes se beneficiarían, en cuanto a los alumnos, fue complicado para ellos porque estaban entre dos mundos, en el Centro tienen más libertad de horario y trabajo, en cambio en la industria no (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Una empresa de Sonora, durante uno o dos años brindó financiamiento, pero como se mencionaba, es difícil porque tiene una óptica distinta a la de los investigadores, muchas veces crear tu propia empresa funciona mejor y es la mejor combinación (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Como parte de las actividades de vinculación, difusión y extensión universitaria, a nivel nacional e interno se organizan diversos eventos, foros, congresos, mini simposios, cursos, pláticas, entre ellos, el Simposio sobre productos Naturales, el Tercer Congreso de Estudiantes de Doctorado donde se presentan los proyectos de investigación, en Guadalajara se llevó a cabo un Congreso sobre Metabolómica en el que estuvo inmerso el Dr. Cardoso (C.Abarca, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

#### **4.8 Análisis de actores y sus interacciones**

En el Diagrama 10 podemos observar las interrelaciones entre entidades con las que debe interactuar el Laboratorio de Plantas Medicinales para realizar su investigación.

El CEIB como centro de investigación, puede recibir dos fuentes de financiamiento; la primera por parte de empresas privadas, y la segunda por parte del gobierno mediante Fondos Mixtos (FOMIX) a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) concursa con proyectos de ciencia básica, siempre debe haber un proyecto en el grupo porque de otra manera no se puede

trabajar (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015)<sup>80</sup>. El Fondo Mixto con el Gobierno del Estado de Morelos fue constituido el 04 de octubre de 2002 (CONACyT).

### Interrelaciones entre entidades con las que debe interactuar el Laboratorio de Plantas Medicinales

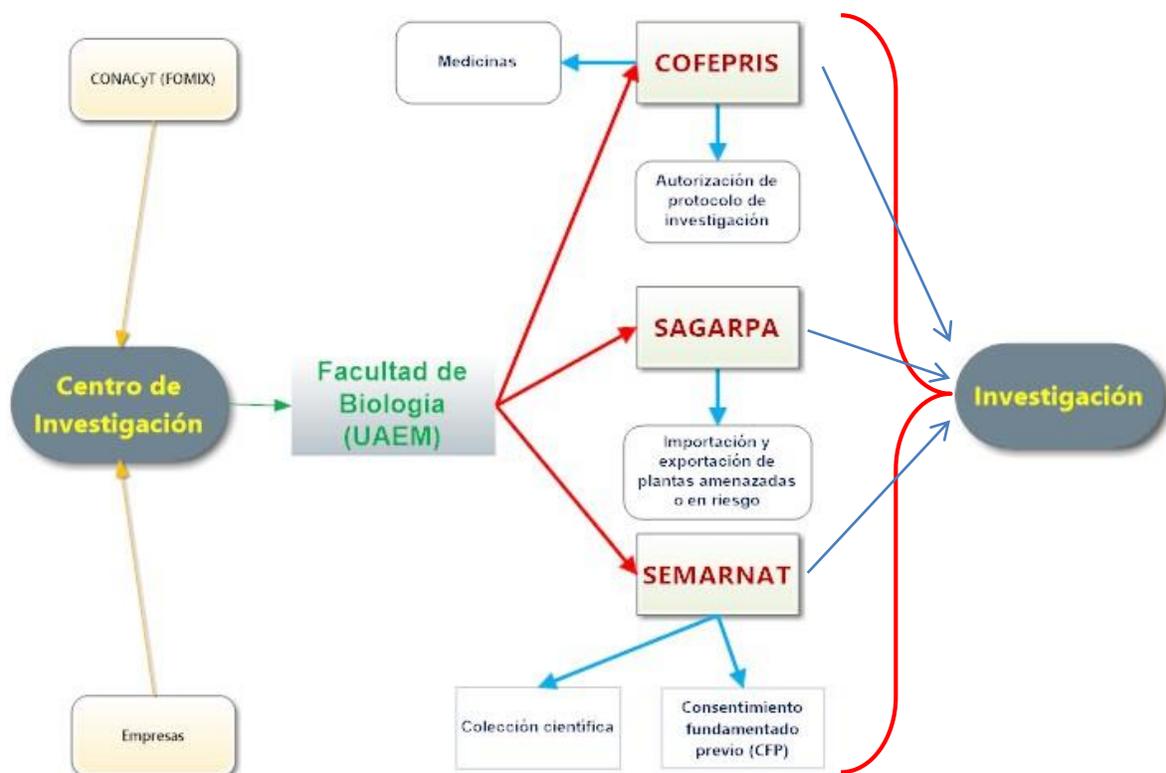


Diagrama 9

Fuente: Elaboración propia

Los investigadores coinciden en que siempre ha sido difícil la obtención de recursos o financiamiento para sus proyectos<sup>81</sup>, por una parte, los temas prioritarios para el gobierno son muy generales por lo que también depende de la habilidad del investigador para presentarlos, desde la

<sup>80</sup> Los Fondos Mixtos son un instrumento que apoya el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un Fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno del Estado o Municipio, y el Gobierno Federal, que permiten a los gobiernos de los estados y a los municipios destinar recursos a investigaciones científicas y a desarrollos tecnológicos, orientados a resolver problemáticas estratégicas, especificadas por el propio estado, con la coparticipación de recursos federales (CONACyT, 2014).

<sup>81</sup> El Dr. Víctor Manuel Hernández refirió que el apoyo es insuficiente totalmente.

parte técnica hasta el impacto que va a tener, aunque no sea medible (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). El tema es aceptado porque finalmente las plantas son un recurso nuestro y merece la pena ser estudiado científicamente dado que tantos mexicanos resuelven así sus problemas de salud, muchas veces es la única forma (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), pero aun así, cuesta trabajo ganar el apoyo porque muchos investigadores de la universidad lo solicitan para sus proyectos y esto les ha permitido trabajar, mantener un laboratorio, a los alumnos y sacarlos adelante, afortunadamente hay muchas convocatorias y de una u otra manera cada investigador consigue los recursos, pero esto no quiere decir que a la primera lo obtengan (C.Abarca, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Hay instituciones como la UNAM o el CINVESTAV que anualmente dan a sus investigadores cierto presupuesto y en la UAEM no, entonces siempre necesitan conseguir dinero externo.

Referente a las convocatorias ahorita estamos sufriendo para congresos, 4 meses antes aplicábamos y piden miles de cosas, entrar a la base, llegó el evento y no nos dieron el dinero, [...] aún no nos pagan, ya pasó un mes. Lo mismo los alumnos que necesitan becas, mandé 4 a un evento en Estados Unidos, se llega la fecha liberan el dinero un día después, sólo dieron una parte y nosotros tuvimos que pagarles de nuestro bolsillo, entonces es hacer las cosas con una preocupación de que no se va a poder, imagina a los alumnos allá que necesitan dinero y no tienen sus papás, entonces ¿vale la pena hacerlo? Aunque lo hagamos con anticipación y CONACyT no ayuda (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

Existen comúnmente restricciones en cuanto a regulación, los investigadores van siempre con los permisos adecuados y con una idea de donde se va a hacer la colecta (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), la Facultad de Biología de la UAEM se encarga de tramitar los permisos o autorizaciones necesarias para la realización de las investigaciones en campo antes las autoridades correspondientes, el permiso debe renovarse cada determinado tiempo (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Para la realizar la colecta científica y gestionar la firma entre comunidades del CFP se debe tramitar un permiso ante SEMARNAT.

El Dr. Cardoso mencionaba que un experto en determinadas familias de plantas, muy reconocido y originario de Michoacán, le comentó que: “no tenía permiso porque es muy burocrático y que no se lo han dado” (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Él mismo hace la

recolección bajo un riesgo para obtener material de investigación para los alumnos y para que la ciencia avance, y al mismo tiempo está consciente de la necesidad del permiso pero, por otro lado, la policía es quien más lo ha detenido y solicitado lo que vulgarmente se llaman “mordidas” o despojándolo de machetes, palas, material, etc. para no entorpecer la transportación de las plantas desde donde se recolectaron hasta el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Medicinales en Morelos.

El gobierno se inclina a asegurar las plantas recolectadas de la naturaleza para que no sean vendidas como material cultivable, lo que hace que se necesite un permiso para cultivar y/o comerciar con las especies protegidas (Alam y Peppelenbos, 2009), en el caso de SAGARPA, se le solicitaría un permiso en caso de querer importar o exportar el material genético que se ha obtenido de la recolecta.

Además de las redes nacionales y e internas, las redes internacionales<sup>82</sup> sirven mucho, el Laboratorio realiza continuas estancias e intercambios de movilidad con otros países<sup>83</sup>, por ejemplo, la Dra. Caltempa ha realizado estancias cortas en Brasil, en Holanda, donde se encuentran los mejores en el mundo en metabolómica, el Dr. Cardoso hizo un curso y estancia, y la Dra. Villareal realizó un sabático de donde se derivó la introducción de esta técnica en el Laboratorio, ahí son pioneros en el mundo y muchas veces ayudan a eficientizar la investigación porque cuentan con equipos que se manejan con menor dificultad, en dos meses se puede obtener toda la información (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Como parte de las redes de colaboración con las que cuenta el grupo de trabajo, ha habido proyectos de colaboración con Brasil, Francia<sup>84</sup>, y se están gestionando colaboraciones además con Holanda,

---

<sup>82</sup> Los estudiantes son los que más se van de movilidad, hacen en el laboratorio hace la parte de fitoquímica, la separación de los compuestos, y en Holanda se van a desarrollar la otra parte la que implica la elucidación de las moléculas, ya muy puntual, y el otro estudio está en el laboratorio de metabolómica (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>83</sup> Para los alumnos con buenas calificaciones, hay un beneficio desde las políticas públicas que debe ser aprovechado, para conocer otros países, lo que los ayuda a obtener una riqueza como persona y conocer otras culturas, pero no siempre las convocatorias tienen la difusión necesaria para acceder a ellas (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

<sup>84</sup> “[...] De ahí nació la idea de los helechos porque la idea viene de ellos, yo era parte del grupo cuando vivía allá entonces naturalmente se entabla la relación, las que venían eran mis maestras, etc. Iniciamos varios proyectos y la mitad de los proyectos es trabajo con helechos, allá tienen mejores recursos [...]”(A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), también en Francia se desarrollan los proyectos de tecnologías un poco más manuales, como es

Canadá, Estados Unidos (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) y Países Bajos (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Ejemplos de lo que se realiza en los convenios de colaboración son:

Yo tuve por mucho tiempo un proyecto con Francia que me financiaron en tres ocasiones como 12 años, se llaman ECOS. Con Brasil también, siempre hay que buscar, eventualmente nos han financiado empresas en menor grado (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

El análisis metabolómico lo hacemos aquí y allá hicieron la extracción por fluidos supercríticos, o sea, toman el extracto y se saca un grupito de metabolitos, es lo que utilizan para extraer la cafeína del café porque no se puede meter un disolvente orgánico con la forma y el color porque extraer la cafeína y varias cosas de sabor y residuos. Lo que hacen es que el CO<sub>2</sub> lo ponen a presión temperatura que no sea gas ni líquido y pasa por el material y dependiendo de las condiciones se extraen las moléculas de interés, se remueven y el CO<sub>2</sub> como es volátil se va, entonces no queda residuo y deja otros metabolitos atrás [...] (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

En realidad las personas de nuestro cuerpo académico tratan también de tener esta idea multidisciplinaria y son expertos en un tipo de compuesto, por ejemplo, nosotros manejamos terpenos, que es una categoría de compuestos químicos que son activos y ellos en big nanos, de esa manera nos sinergizamos, o bien puede ser que ellos tienen algunas técnicas farmacológicas que nosotros no tenemos o viceversa, siempre en los mismos aspectos de cubrir, la fitoquímica, la farmacológica, biotecnología, en este último si somos únicos y en metabolómica, pero en otros aspectos si compartimos. Por ejemplo, aquí tenemos lo de la línea de cáncer para detectar productor con actividad anticancerígena y sólo lo tenemos nosotros, entonces ellos nos mandan los que creen que lo tienen y se los evaluamos aquí (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

También existen redes de colaboración a nivel interno, tal es el caso del cuerpo académico de Productos Naturales, del cual es responsable la Dra. Villarreal, está conformado por integrantes del CEIB, de la Facultad de Farmacia, y del Centro de Investigaciones Químicas, también interinstitucional se han establecido con la UNAM, CEPROVI, CINVESTAV, la Universidad de Guadalajara y la de Querétaro, en este momento no tienen alguna red vigente pero se encuentran gestionando algunas, las redes comienzan sobre todo en los encuentros en congresos internacionales en donde los investigadores sugieren hacer una red para que la especialidad de la

---

transformación genética de troporación, ya que tampoco se cuenta en el Laboratorio con el equipo (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

gente haga sinergia, cada quien hace una cosa y es una de las maneras de obtener subsidios del CONACyT (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Como se había mencionado en el Capítulo 2, a lo largo del proceso de investigación, el Laboratorio intentó realizar estudios clínicos con plantas que ya tenían estandarizadas y que reducían los síntomas de la gastritis, en un hospital en Cuernavaca, lo cual se vio detenido por las trabas burocráticas de COFEPRIS<sup>85</sup> (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), quien es la autoridad encargada de autorizar el protocolo de investigación para las pruebas en humanos y posteriormente la aprobación de medicamentos que cumplan con los estándares de las NOMs correspondientes. Esta dificultad no ha evitado que se hayan realizado pruebas en animales (ratones y perros) y se comprobara la efectividad de dichos fármacos creados a partir de las investigaciones realizadas en el Laboratorio, así como su falta de toxicidad (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

“En el caso de la tila, sabemos que la gente se tranquiliza entonces hay que buscar modelos en animales, por ejemplo el de la cruz elevada que es en el que hay una cruz con dos plataformas cruzadas, pero una con paredes, y se pone el ratón en el centro, el ratón es muy curioso, la tendencia es que pasa más tiempo donde hay pared, si le doy algo que tiene actividad ansiolítica, o sea, que le quita el miedo entonces va a pasar más tiempo en la plataforma que está abierta sin paredes, entonces se mide del que no recibió el compuesto pasa más tiempo escondido y si le damos el ansiolítico se desinhibe y pierde el miedo, es una manera de ver la ansiedad, y hay otra que es la sedación que te hace dormir, entonces se inyecta y se duermen 30 minutos y antes de inyectar se administra el extracto que tiene compuestos sedantes por lo que no duerme 30 sino 40, y ya es otra manera de ver también si el extracto tiene la actividad o no” (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

## **5. Discusión**

### **5.1 Casos conocidos en México sobre redistribución de beneficios**

Las personas deben actuar de manera sustentable, ya que “el hombre es a la vez obra y artífice del medio que le rodea, el cual le da sustento material y le brinda la oportunidad de desarrollarse

---

<sup>85</sup> La COFEPRIS estableció que debían realizarse más estudios preclínicos y asegurar el enfoque toxicológico con más evidencia científica (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). Para conformar el expediente en COFEPRIS, el compuesto obtenido debe satisfacer las pruebas farmacológicas, toxicológicas y bioquímicas realizadas durante la investigación preclínica (Magos et al., 2009).

intelectual, moral, social y espiritualmente”<sup>86</sup>, de tal manera que en México no nos podemos quedar atrás porque el menos del 5% de la flora del país se ha investigado científicamente aun sabiendo su potencialidad, se calcula que hay más de 6000 diferentes especies de plantas<sup>87</sup> que se utilizan en México con propósitos medicinales (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Por otro lado, ya ha existido un intento práctico como resultado de las negociaciones previas a la implementación del PN. En 2010, según Nature, la bióloga molecular Valeria Souza obtuvo un permiso del gobierno mexicano que le permitiría comercializar genes útiles que encontró en el Valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila. Alguno de los resultados de su investigación ha sido el descubrimiento de un gen que permite a las plantas crecer sin fertilizantes usando formas de fósforo que normalmente no tienen disponible.

El lugar ya está declarado como reserva, pero esto no impide la extracción de aguas subterráneas para la agricultura de alfalfa como alimento para ganado, que junto con la variabilidad del medio ambiente ha desembocado en la disminución de agua en la región, inclusive en los estques más grandes (Jones, 2011).

Gracias al permiso obtenido, durante 2009 la bióloga tuvo la oportunidad de proponer a ocho ejidos de la región la promesa de un porcentaje de los beneficios de las patentes potenciales como resultado de sus investigaciones, a lo que seis comunidades aceptaron y las otras dos pidieron dinero por adelantado<sup>88</sup> pero ella no puede proporcionarlo. Las comunidades elegirán en qué gastan el dinero que obtendrán, se espera que se utilice para la construcción de escuelas o casas/jardines botánicos que ayuden a preservar el agua y alentar su cuidado.

---

<sup>86</sup> Preámbulo de la Declaración de Estocolmo, firmada el 5 de junio de 1972.

<sup>87</sup> Otro de los beneficios de investigar plantas medicinales, es que muchas tienen la característica de ser inocuas, por lo que no generan otras enfermedades u otros malestares que a la larga pueden afectar, como con los medicamentos de patente (A. Ortíz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015).

<sup>88</sup> Al comenzar un proyecto, es difícil que los resultados se obtengan a corto plazo, la investigación no es así (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Otro caso conocido, es el de la UNAM con la comunidad de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, en donde se creó un centro ecológico en que se hace ecoturismo y así se beneficia a toda la comunidad (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

Como se ha dicho, la biotecnología permite la creación de oportunidades para establecer vínculos entre países megadiversos y países que cuentan con conocimientos técnicos especializados para transformar los recursos biológicos de otros países (Carmona, 2003). Los países en desarrollo cuentan con más oportunidades de financiamiento para investigar, por lo que es útil para los países en desarrollo poder tener acceso público a estos resultados de investigación y así poder obtener ideas para resolver sus problemas (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

La implementación nacional de los preceptos del PN, según Sonia Peña Moreno, oficial de políticas para la biodiversidad de la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza en Gland, Suiza, ha ocasionado que a los investigadores les sea difícil navegar a través de las leyes internas de cada país por las trabas que contienen y la complejidad burocrática a la que conllevan (Jones, 2011).

El gran universo de conocimientos y cuerpos conceptuales generados por comunidades indígenas y locales de todo el mundo se mantienen alejados de los paradigmas jurídicos y culturales que normalmente eran protegidas por los mismos derechos PI, lo que llevó a que estuvieran fuera de la protección jurídica no sólo internacional -con excepción de algunos países asiáticos-, y fuera de las posibilidades de conceptualización teórica e institucional de las sociedades del mundo occidental (Cañas *et al.*, 2008).

Entre países no existe una colaboración intencionada en pos de resolver un asunto que afecta a todos y cada uno de los habitantes, motivos por los cuales y con independencia de lo que podamos hacer para mantener al menos fuera de peligro al medio ambiente, los Estados tienen la obligación de establecer normas que regulen determinadas cuestiones en aras de aliviar al menos los males que afrontamos (Domingos *et al.*, 2012) porque la naturaleza le ha proporcionado al hombre todo lo que este necesita para subsistir, sin embargo el hombre no ha pagado con la misma moneda

realizando actos que van contra el desarrollo natural normal, al punto que atenta contra su propia vida (Domingos *et al.*, 2012).

## **5.2 Soluciones y alternativas que brindan las tecnologías y los expertos**

Las plantas son un patrimonio de la población mexicana, es un recurso poco explotado a comparación de Francia, Alemania, etc. en donde se tiene tradición en plantas medicinales, hay droguerías que son como farmacias pero de productos a base de plantas, hay un comercio muy fuerte de cápsulas, etc. y están estandarizados, las pregunta son ¿por qué México no tiene eso si es el tercer o cuarto país megadiverso en plantas?, ¿Por qué no hay un proyecto articulado? (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). La gran paradoja es que siendo un país con una enorme diversidad, utilizada en las regiones rurales y, que además es más económico, nuestras autoridades no entienden el valor que puede tener esto para hacer una industria de fitofármacos que resuelva los problemas de salud, se necesita juntar muchas instancias, es muy importante la decisión política para poder establecer programas de esta naturaleza (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Es necesario sentar los límites en la investigación etnofarmacológica y, sobretodo, dar la importancia debida a la participación de las comunidades indígenas y locales junto con el conocimiento local que aportan a las investigaciones porque “la actividad práctica de las comunidades se desarrolla alrededor de un orden que aparece como la mejor forma para lograr conocimientos” (Tarrés, 2013, pág. 57), lo que les ha dado como resultado miles de años en curación de enfermedades y malestares basada en conocimiento empírico.

Debe crearse desde la academia la cultura y conocimiento de lo económico para los ingenieros, para que no sólo investiguen, sino que hagan el balance entre lo que investigan y lo que se puede producir de manera comercial (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015) porque al hacer la vinculación con la industria, lo académico se detiene y comienza la economía (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015). Esto desde la perspectiva de la biotecnología

ecológica<sup>89</sup> que ha sido muy difícil de implementar en Europa, sólo se puede investigar por cuenta propia pero no se puede aplicar por la legislación, especialmente por la Ley Nacional de Plantas Genéticamente Modificadas de la Unión Europea, debido a esto no se puede obtener financiamiento y uno se tiene que trasladar a Estados Unidos o a otros países en donde sólo piden plantas para producción con valor farmacéutico express<sup>90</sup> y, además, debe ser muy barata la producción (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Por otro lado, hay campos de investigación en los que todavía no se incursiona, por ejemplo el de los insectos, que como con las plantas tenemos mucha tradición que no es explotada en nuestro país y son consumidos por muchas sociedades en el mundo, sobre todo en Asia, en 2014 apareció la primera revista científica sobre cómo el insecto puede servir para alimentar humanos o animales y en varios países ya se está produciendo, desafortunadamente en ninguno de donde obtienen los insectos (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). En Europa ya está la regulación, en México solo tenemos sistema de producción artesanal y casi no hay investigadores; debería de ser un tema importante pero sólo trabajan en ellos los biólogos quienes los clasifican y la visión de producir no les interesa, lo ideal es que si surge algo nuevo hay que regularlo y definirlo para que sea seguro (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015). Otra alternativa no estudiada, propuesta por el Dr. Obhermeyer, es la de las vacunas comestibles para los animales como vacas, ovejas y cabras, se obtiene el compuesto y ya está preparado en la planta con la que se les alimenta, es oro para el futuro quizá en 30 o 50 años.

Cada sociedad desarrolla sus modos de gobernanza, sus sistemas de toma de decisión o de resolución de conflictos entre sus miembros, normas e instituciones (Hufty, 2009). Las personas, actores, instituciones y quienes estén involucrados en la ejecución de lo previsto en el PN, tienen que entender que por lo menos el tema vegetal es más complejo porque muchas veces depende de la comunidad y no es la planta en sí la importante, sino la planta que se encuentra en el territorio de alguna comunidad, la que tiene determinado efecto (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio

---

<sup>89</sup> La biotecnología ecológica o verde es la aplicación de técnicas biológicas a plantas con el propósito de mejorar la cantidad y calidad nutricional, y la producción económica; puede ayudar a los campesinos a cultivar comida sustentable (Yashveer *et al.*, 2014).

<sup>90</sup> Normalmente el precio de un medicamento de calidad es justificado por los altos costos de su I+D (Esquivel, 2013) y lo que buscan las empresas es reducir estos costos y el tiempo invertido.

de 2015) y las comunidades nos benefician con información etnomédica que sirve para seleccionar las plantas que se investigan, una vez que por medio de la ciencia se valida su uso popular, se puede saber la manera de utilizarlo y habría que regresarles esa información a ellos aunque no es tan sencillo porque se necesita un interlocutor que lo logre, tampoco se puede convencer a la gente de que colecten la planta en determinada época o la usen como se les dice, porque para ellos, ellos ya saben usarla, el retribuirles la información es justo pero no es fácil (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015), por ejemplo, un intento fallido de retribución contado por la Dra. Villareal, es el siguiente:

[...] cuando trabajaba en el Seguro Social, a través de las parteras empíricas [...] les decíamos que no utilizaran tal planta porque eran tóxicas y que la utilizaran en determinadas cantidades, te dicen que sí pero a los científicos nos tiene cierto rechazo, a la mejor a antropólogos o alguien que nos hicieran la conexión entre comunidades que entiendan sus costumbre y les informen, porque nosotros tratamos de explicarles y nos dicen que sí y la usan como quieren, o por ejemplo, ellas tienen plantas abortivas y no te lo dicen, ya sabemos de una que se llama zoapatle, obviamente ya sabemos y obviamente la usan, lo ideal es que usen los anticonceptivos para que no se embaracen pero les preguntas si lo usan y dicen que no, pero sí la usan, y pueden tener consecuencias terribles para las pacientes si no están informadas.

Una de las soluciones para ejecutar lo establecido en el CB y el PN en México, de acuerdo al Dr. Cardoso, es que:

“Hay que promover el sembradío de este material vegetal, porque la gente tiene tierras y cuando no llueve es muy difícil cultivar algo pero es cuando florece la planta, entonces se podría seleccionar las mejores plantas y que las personas lo planten, quizá en un sistema de cooperativas para cosechar, vínculo con la universidad para tener control de calidad, extracción, y de una forma farmacéutica en forma de jarabe, quizás, y tener algo estandarizado para beneficiarse toda esta cadena, es como regresar la información de la universidad a la comunidad, yo creo que es algo muy bonito que se podría quizás intentar hacer. Entonces los recursos que se generen de venta, asociarse en una compañía que los venda pero que después les regrese en cuestión de regalías y todas la cadena se beneficie, podría aplicarse en diferentes plantas [...], finalmente se beneficiaría la gente en la cuestión económica y social del entorno”.

Para que sean exitosos los cultivos de plantas medicinales dependen de varios factores, los más importantes son: la elección de las plantas medicinales, escoger un área adecuada con condiciones

agroecológicas favorables y relativamente bajos niveles de desarrollo económico, identificar un comprador que pueda garantizar la adquisición al menos en toda la gestión del periodo de cultivo, un compromiso a largo plazo de apoyar a los agricultores en los primeros años de comercialización, coordinación con agencias públicas para asegurar el acceso a plantas de alta calidad y un registro oficial como agricultores de plantas medicinales (Alam y Peppelenbos, 2009).

Por parte de la Dra. Villareal otra de las soluciones sería:

Debería de existir algún medio en el que seamos diferentes profesionistas y grupos multidisciplinarios quienes manejen eso, como decía, a través de antropólogos que están más en contacto con ellos les proporcionarían y mostrarían la información, los convencían con los elementos científicos que nosotros tenemos pero que sea accesible para ellos, a mí me encantaría por ejemplo, invitarlos y darles pláticas, no podemos hacer más porque no podemos vigilarlos.

[...]

El punto es retribuirles lo que nosotros entendemos de su materia prima y como lo deben de usar, para que ellos lo capitalicen. La ganancia que nosotros tenemos aquí retribuirseles a ellos, puede ser decirles que utilicen mejor las raíces, o las hojas, etc. porque eso estudiamos, entonces seleccionamos si el fruto es más activo de las hojas, a la mejor ellos usan las hojas porque eso reportan, también en la época del año y decirles que en otra época no les va a servir, ese tipo de información que queremos regresarles, cosas generales pero que pueden ser importantes, pero necesitamos las instancias porque si les vamos a platicar así pues puede que sólo me tiren de a loca. Se necesita todo un sistema.

[...]

Ojalá que se pudiera implementar una manera para estandarizar las plantas y que tuvieran el valor adecuado y que beneficie a las comunidades rurales, población urbana y, en general, porque también las utilizan aunque sea contaminadas y sin regulación.

Los agricultores deben tener una salida al mercado, precios atractivos, y apoyo técnico y de regulación para establecer una cadena de suministro sostenible (Alam y Peppelenbos, 2009), esa sería una de las mejores formas de implementar lo establecido en el PN y el CB. Lo anterior ha encontrado dificultades porque la naturaleza informal<sup>91</sup> de las plantas medicinales es uno de los principales problemas para quienes quieren cultivar, las empresas escogen sus proveedores

---

<sup>91</sup> Esta naturaleza informal se debe a que para obtenerlas no existe efectivamente una instancia gubernamental a quien se deba acudir antes de recolectar las plantas y muchas veces su adquisición depende del permiso que otorgue la comunidad en donde se encuentran.

basándose en el precio y no agregan ningún valor en sus políticas de compras (Alam y Peppelenbos, 2009), lo cual no hace equitativa la vinculación entre comunidades e industria.

Este tipo de retribución se debe plantear a manera de proyecto para obtener financiamiento del gobierno, aunque sea algo muy complejo porque no hay antecedentes pero podría ser algo muy rentable y se beneficiaría a todos (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), pero para esto es necesario preparar a las comunidades (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

Hay cierto tipo de valores con los que deben contar los investigadores en este campo, entre otros: tomar en cuenta que la ciencia siempre se basa en la misma información que se acumula, dependiendo de lo que reportas u otros (R.Quintero, entrevista personal, 21 de julio de 2015), honestidad, objetividad<sup>92</sup> (característica del método científico) (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015), confianza en los alumnos (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) y entre los investigadores, amistad (A. Ortiz, entrevista personal, 13 de agosto de 2015), ética, compromiso de no dañar al ambiente (V.M. Hernández, entrevista personal, 13 de agosto de 2015). El Dr. Obhermeyer coincidió en que en su grupo de trabajo es necesario contar con estos valores éticos, y los experimentos deben realizarse las veces que sean necesarias porque todos los datos son importantes aunque sean negativos, hay que adaptar la hipótesis o replantearla para tener un panorama de lo que pasa y hay veces en que se observa algo y después el organismo se comporta diferente, porque las plantas no se pueden esconder como los animales, pero pueden cambiar sus reacciones (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

Estos valores, finalmente, llegarán al objetivo de ganar información para lograr que un recurso natural sea aprovechado en lo máximo, hay que validar científicamente esos recursos, la investigación del Laboratorio puede dar valor agregado y permitir en un momento dado que tengan un uso seguro, hay que estandarizar esos productos, ya que como se mencionaba anteriormente, los

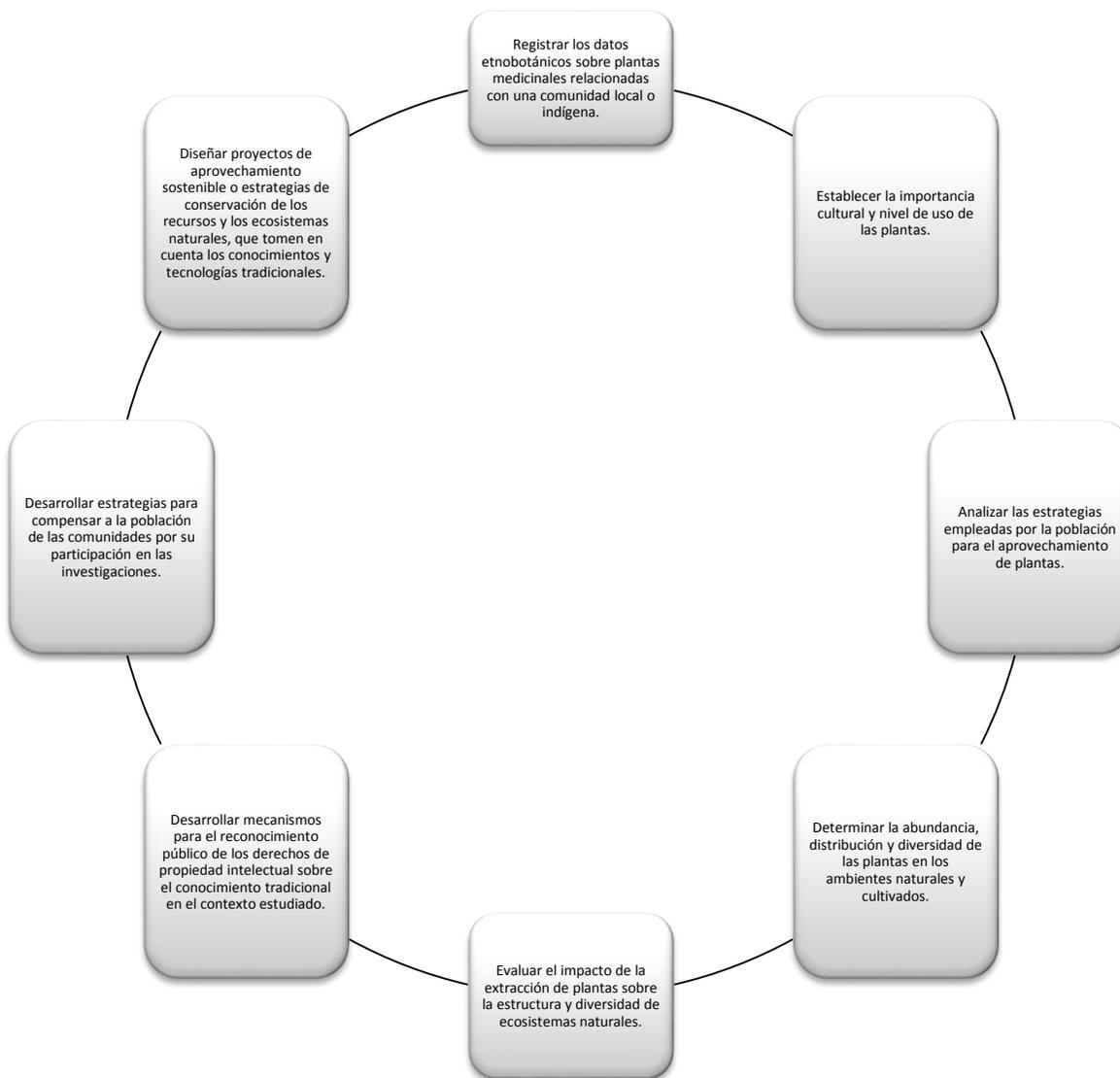
---

<sup>92</sup> En la investigación, el científico comúnmente se plantea una hipótesis que espera comprobar, pero la ciencia no es así, no siempre se obtienen lo esperado en un principio y aun así se obtiene un resultado aunque no sea el que se pensaba (B. Chávez, entrevista personal, 10 de junio de 2015).

productos herbolarios no siempre se usan de la mejor manera posible (M.L.Villarreal, entrevista personal, 7 de agosto de 2015).

En el siguiente Diagrama 11 podemos observar los principales objetivos de una investigación etnofarmacológica / etnobotánica multidisciplinaria que toma en cuenta los intereses y necesidades, tanto del medio ambiente como de las comunidades indígenas o locales de donde se obtienen las plantas y el conocimiento tradicional asociado a ellas.

### Principales objetivos de una investigación etnofarmacológica / etnobotánica multidisciplinaria



## Diagrama 10

Fuente: Elaboración propia con información obtenido de Bermudez *et al.*, 2005.

Asimismo, es imperativo desarrollar mecanismos para compensar a la comunidad por su participación en la investigación, reconocer los derechos de propiedad intelectual del conocimiento tradicional sobre plantas medicinales y la conservación de los ecosistemas fuente y las especies útiles (Bermudez *et al.*, 2005). Debido a las implicaciones éticas de los estudios etnobotánicos, los investigadores que incursionan en este campo deben prepararse para discutir y negociar la forma en que sus investigaciones pueden beneficiar a los pobladores locales, bien sea a nivel individual o comunitario (Alexiades, 1996). Es importante que los beneficios abarquen otros aspectos además de la compensación económica directa atendiendo a las regulaciones vigentes, por el tiempo (Cunningham, 1996) y aportaciones de la comunidad.

Las políticas públicas deben contener dos elementos principales: regular la recolección de plantas medicinales salvajes para proteger la biodiversidad, y proveer a los campesinos de nuevas oportunidades de ingresos (Alam y Peppelenbos, 2009), lo que se puede considerar como distribución de beneficios.

En este sentido, constituye un factor determinante la aplicación y ejecución de la normatividad internacional, así como su implementación nacional, para contrarrestar el problema de biopiratería en este contexto de apropiación de recursos y de los procesos involucrados, tanto desde la perspectiva de los pueblos indios como desde la perspectiva de la nación como tal (Hersch-Martínez, 2002), así como por parte de comunidades científicas, empresas, etc...dicho factor supondría como resultado la distribución justa de beneficios derivados de la utilización de recursos genéticos y conocimiento tradicional tomados de comunidades indígenas o locales.

Cuando las compañías modifican el desarrollo de una semilla, arruinan los otros tipos porque ya no se tiene una diversidad y esto ocasiona que solo algunos actores globales determinen qué está permitido y qué no, eso no es un proceso democrático, porque hay que ir que ir a los asuntos políticos entre la Unión Europea y Estados Unidos, lo que fue antes con Estados Unidos, México y Suramérica y las cosas no deben funcionar así (G. Obhermeyer, entrevista personal, 30 de noviembre de 2015).

La falta de comprensión, junto con las inexistentes tecnologías para crecimiento optimizado, la producción, la cosecha o la manipulación, la adulteración y la contaminación de los productos de origen vegetal de especies mal identificadas y los contaminantes del ambiente, han comprometido la seguridad y eficacia en la forma de preparación de plantas medicinales (Murch *et al.*, 2000). También la falta de un marco jurídico crea un desorden, debe haber un marco de permisos (A.Cardoso, entrevista personal, 13 de agosto de 2015) en el que se pueda investigar con la plena seguridad jurídica.

## **6. Conclusiones**

A lo largo del proceso de investigación etnofarmacológica en México, el resultado es que uno de los actores implicados no se convierte en grupo social relevante, en este caso, los proveedores, a pesar de ser una pieza clave en el proceso. Por la falta de igualdad de condiciones en todos los aspectos no llegan a adquirir tal carácter a pesar de lo intentos legislativos por normar la interrelación entre todos los actores involucrados.

A pesar de que entre proveedores y usuarios existe flexibilidad interpretativa respecto a las plantas medicinales, se deben conjugar el conocimiento empírico con el conocimiento científico para crear un sistema de conocimiento que culmine deseablemente en la innovación y beneficios para ambos actores.

Una solución para este erróneo sistema de conocimiento al que se llega en la mutua construcción de la tecnología y la sociedad, es que hay que reflexionar sobre la importancia de un papel más proactivo de la academia y sus proveedores en la construcción social del conocimiento y su respectiva interrelación con la industria y la sociedad. Se requiere también la construcción de una red de actores e interacciones entre proveedores y usuarios que propicie la generación de innovaciones etnofarmacológicas basadas en ciencia a diferentes niveles de sofisticación tecnológica.

Respecto al instrumento del Consentimiento Fundamentado Previo, desde su creación hasta su firma y posteriormente, constituye un mecanismo de cierre y a la vez debe ser de reapertura (nunca

un cierre permanente), como un proceso evaluado y revisado continuamente durante su vigencia para actualizar los términos y condiciones del mismo, atendiendo a las necesidades de los proveedores y usuarios y con el objetivo de llegar al beneficio colectivo.

Aunque los mecanismos legislativos no fuesen eficazmente creados y ejecutados, existen formas moralmente preferibles en la creación de marcos tecnológicos que no involucran solamente las instituciones jurídicas. Es decir, cuando la comunidad científica cuenta con valores éticos que les permiten tomar decisiones a lo largo de la investigación que implican el cuidado de la biodiversidad y las personas que la tienen en su cuidado, los proveedores. Esto, sin embargo, no es suficiente ya que no existe el marco jurídico ni los instrumentos de política adecuados para favorecer el intercambio de conocimiento equitativo.

En México aún no se implementan los principios ni lo estipulado en legislación internacional. Por otro lado, dicha legislación tendría que modificarse en el tema de propiedad intelectual porque es una barrera en el avance de los derechos de las comunidades indígenas y locales. Esto lleva a cuestionar si la ratificación del Protocolo de Nagoya fue sólo un compromiso político con la comunidad internacional pero en realidad no es un tema relevante para el gobierno.

En definitiva, la falta de consideración en la legislación de los problemas de propiedad intelectual contextualizados; los plazos para la comercialización de productos derivados de plantas medicinales, así como el prescindir de los avances tecnológicos, también son problemas que deben resolverse para adecuar las normas a la realidad y que, por otro lado, no resulten obsoletas e inaplicables.

Cabe destacar que el PN no debió ser ratificado por México toda vez que no se cuenta con las bases para llevarlo a cabo (infraestructura, experiencia, especialistas, etc.), lo que da como resultado intentos ineficaces y fallidos en su implementación. Es por eso que antes de comprometerse como país a cumplir con legislación internacional se deben tener listas las condiciones para llevarla a cabo.

Finalmente, dentro del problema de la distribución de beneficios han surgido algunas interrogantes que quedan abiertas a resolver en otras investigaciones. Por ejemplo, ¿Cómo determinar a quién en específico del universo de personas que conforman a los proveedores se le retribuirán los beneficios? ¿Qué tanto afecta el tiempo que debe transcurrir para crear el consentimiento fundamentado previo? ¿Cómo se pueden constituir los proveedores en grupos sociales relevantes? ¿Cómo modificar los derechos de propiedad intelectual para que se encuentren en armonía con los de acceso a recursos genéticos y la distribución de beneficios derivados de su utilización y eliminar los vacíos legales en este tema?

## Bibliografía

- Abarca Camacho, C. (7 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador).
- Agencia ID. (07 de Julio de 2014). *INGENET Bitácora*. Recuperado el 29 de Marzo de 2015, de <http://bitacora.ingenet.com.mx/2014/07/id-con-residuos-vegetales-logran-cientificos-morelenses-obtener-plasticos/>
- Aguilar, A. (12 de Junio de 2014). Evalúa Probiomed otra planta de biotecnológicos este año, México prioridad y opciones Brasil o Rusia por falta de estímulos. *El Universal*.
- Alam, G., y Peppelenbos, L. (7-13 de Marzo de 2009). Cultivation of Medicinal Plants in Uttarakhand. *Economic and Political Weekly*, 44(10), 99-104.
- Alexiades, M. (1996). Protocol for Conducting Ethnobotanical Research in the Tropics. En *Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: a Field Manual*. New York: New York Botanical Garden.
- Antúnez Sánchez, A. F. (2011). Generalidades históricas de contemporaneidad en la dimensión social - jurídica del medio ambiente. Una apreciación en la primera década del s. XXI de la problemática ambiental. *Derecho y cambio social*(25), 1-60.
- Báez, C. (12 de Febrero de 2015). *CONACyT Prensa*. Recuperado el 29 de Marzo de 2015, de CONACyT, Agencia Informativa: <http://conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/809-recibe-institucion-mexicana-siete-registros-de-patentes-en-2014>
- Baker, D., Chu, M., Oza, U., y Rajgarhia, V. (2007). The value of natural products to future pharmaceutical discovery. *Natural Product Reports*(24), 1225-1244.
- Balderas Hernández, G. (13 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Barona Ríos, C. (2000). *Los Espacios de Investigación y Docencia en el Desarrollo de la Universidad Mexicana Contemporánea*. Cuernavaca, Morelos: UAEM.

- Becher, T. (2001). *Tribus y territorios académicos*. Barcelona: GEDISA.
- Bermudez, A., Oliveira - Miranda, M., y Velázquez, D. (Agosto de 2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*, 453-459.
- Bernad, N., y Wright, R. (1996). Environmental Science. The way the world works. *Prentice Hall*, 672.
- Bertaux, D. (1993). De la perspectiva de la historia de vida a la transformación de la práctica sociológica. En J. Marinas, y C. Santamarina, *La historia oral: métodos y experiencias* (págs. 19-34). Madrid: Debate.
- Bertaux, D. (2005). *Los relatos de vida. Perspectiva etnosociológica*. (G. González, Trad.) Barcelona: Bellaterra.
- Boeris, M. (2007). Purificación del Extracto Hidroalcohólico de *Salpichroa origanifolia*. *Ciencia Veterinaria*, IX(1), 68-73.
- Borraz, P. (4 de Noviembre de 2010). ONU: Documentos relevantes de la COP 10 del Convenio sobre la Diversidad Biológica. *SERVINDI*.
- Burton, G., y Evans-Illidge, E. (21 de Marzo de 2014). Emerging R and D Law: The Nagoya Protocol and Its Implications for Researchers. *ACS Chemical Biology*, 588-591.
- Cañas Moreno, R., Ahuatzí Magaña, R., España Gómez, M., y Soberón Mainero, J. (2008). Situación legal de la recolecta científica. *Capital natural de México*, I, 215-225.
- Cardoso Taketa, A. (13 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Carmona Lara, M. (2003). *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Comentarios y concordancias*. México: UNAM.
- Casasenero Orduña, R. (08 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador).

- Cedillo, E., y Estrada, E. (1990). Las plantas útiles del municipio de Tepoztlán, Morelos. *Revista de Geografía Agrícola*, 39-71.
- Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, y Fundación Dag Hammarskjöld. (2001). Recuperado el 04 de Agosto de 2014, de Negocios Verdes:  
[http://www.bcienegociosverdes.com/Almacenamiento/Biblioteca/210/Siembra\\_de\\_soluciones\\_Tomo\\_1.pdf](http://www.bcienegociosverdes.com/Almacenamiento/Biblioteca/210/Siembra_de_soluciones_Tomo_1.pdf)
- Chauvet, M., Barajas, R., & González, A. (2009). El poder y el acceso al conocimiento. En L. Arias, A. Ávila, R. Barajas, M. Blanco, G. Blanco, T. Córdova, . . . F. Zuno, *Desafíos del campo latinoamericano frente a la ciencia y la tecnología del siglo XXI* (págs. 173-193). Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Chauvet, M., Castañeda, Y., Trigueros, P., González, A., Massieu, Y., y González, R. L. (2012). *Efectos sociales de la papaya transgénica: una evaluación ex ante*. México: UAM.
- Chávez-Sandoval, B. E. (10 de Junio de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Chen, L. (4 de Junio de 2015). 2015 Global 2000: The World's Largest Drug And Biotech Companies. *Forbes*.
- Clinton, P., y Mozeson, M. (Mayo de 2010). PharmExec 50. *Pharmaceutical Executive*, 69-80.
- Coffey, A., y Atkinson, P. (2003). Narrativas y relatos. En *Encontrar el sentido a los datos cualitativos: estrategias complementarias de investigación*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- CONABIO, Gobierno del Estado de Morelos, y UAEM. (2004). *La Diversidad Biológica en Morelos, Estudio del Estado*. (T. Contreras, F. Jaramillo, y J. Boyás, Edits.) Cuernavaca.
- CONACyT. (2014). *CONACyT*. Recuperado el 15 de Febrero de 2016, de <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-y-apoyos/fondos-mixtos>
- CONACyT. (s.f.). *CONACyT*. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de <http://www.conacyt.mx/index.php/fondos-mixtos-constituidos/item/morelos>

- Cruz Miranda, O. L. (08 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Cunningham, A. (1996). Professional ethics and ethnobotanical research. En M. Alexiades, *Selected Guidelines for Ethnobotanical Research: a Field Manual*. (págs. 19-51). New York: New York Botanical Garden.
- De Silva Gutiérrez, G. (2012). *Gustavo de Silva*. Recuperado el 14 de Octubre de 2015, de <http://gustavodesilva.com.mx/wp-content/uploads/2012/04/artjnormtratint.pdf>
- Declaración de Estocolmo (05 de Junio de 1972).
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (09 de Mayo de 2016). *Proyecto Gobernanza de la Biodiversidad*. Obtenido de <http://governanzabiodiversidad.mx/images/ci/Fact%20Sheet%20Es.pdf>
- Domingos, J., Galindo, Y., y Antúnez, A. (Julio de 2012). Una mirada en retrospectiva al derecho ambiental internacional desde el ejercicio de la pesca ilícita en Angola en el siglo XXI. *vLex International*(8), 1-42.
- Drane, J. (2006). *Medicina más humana*. (M. Mejía, Trad.) Bogotá: San Pablo.
- Dutrénit, G., Capdevielle, M., Corona, J. M., Puchet, M., Santiago, F., y Vera-Cruz, A. (2010). Avances en la construcción de capacidades de innovación en el sector privado. En *El sistema nacional de innovación mexicano: instituciones, políticas, desempeño y desafíos* (págs. 246-333). México: Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco.
- El Sol de Cuernavaca. (13 de Noviembre de 2014). Morelos, propicio para la inversión: Graco. *El Sol de Cuernavaca*.
- Escalón, E. (23 de Enero de 2006). La medicina tradicional no es negocio para empresas farmacéuticas. *Universo*(208).
- Esquivel, E. (27 de Mayo de 2013). *SDPnoticias*. Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de <http://www.sdpnoticias.com/columnas/2013/05/27/la-industria-farmaceutica-en-mexico-un-jugoso-negocio-con-la-salud>

- Etzkowitz, H. (2002). *La triple hélice: universidad, industria y gobierno Implicaciones para las políticas y la evaluación*. (C. De Allende, Trad.) Estocolmo: SISTER.
- Faust, K. (2002). Las redes sociales en las ciencias sociales y del comportamiento. En J. Gil, y S. Schmidt, *Análisis de redes. Aplicaciones en ciencias sociales* (págs. 1-12). México: Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas UNAM.
- Flores Vallejo, R. C. (2016). *Aislamiento y caracterización de hongos endófitos productores de metabolitos antiinflamatorios de la especie medicinal mexicana crescentia alata kunth. (Tesis de Maestría en Biotecnología)*. Morelos: Centro de Investigación en Biotecnología UAEM.
- Flores Vallejo, R. C. (8 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Flores, J. (21 de Enero de 2010). La falta de políticas públicas impide la innovación. *La Jornada*.
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (2013). *Foro Consultivo* . Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de [http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/acertadistico/conacyt/sistema\\_nacional\\_de\\_investigadores.pdf](http://www.foroconsultivo.org.mx/documentos/acertadistico/conacyt/sistema_nacional_de_investigadores.pdf)
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (2014). *Diagnósticos Estatales de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014, Nuevo León*. Ciudad de México: ROSS.
- Fraser, R. (1990). La formación de un entrevistador. *Historia y Fuente Oral*(3), 129-150.
- Frei, B., Sticher, O., y Heinrich, M. (1998). Medical ethnobotany of the Zapotecs of the Isthmus-Sierra (Oaxaca, Mexico): documentation and assessment of the indigenous uses. *J. Ethnopharmacol.*(65), 149-165.
- Gerwick, W., y Moore, B. (21 de December de 2012). Lessons from the Past and Charting the Future of Marine Natural Products Drug Discovery and Chemical Biology. *Chemistry & Biology*, XIX(12), 85-98.

- Gobierno del Estado de Morelos. (2001). *Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2001-2006*. Cuernavaca.
- González Aguirre, R., y Barajas Ochoa, R. (2012). III Congreso Internacional Ciencia, Sociedad y Tecnología: Desafíos y Alternativas. Distrito Federal.
- González, J. J. (2014). *Teoría del Derecho Ambiental. Los fundamentos jurídicos de la sostenibilidad* (Tercera ed., Vol. I). México: IMIDA.
- Gundermann Kröll, H. (2013). El método de los estudios de caso. En M. L. Tarrés, *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. México: El Colegio de México: FLACSO.
- Hamlett, P. (2002). Technology Theory and Deliberative Democracy. *Science, Technology and Human Values*, 3.
- Harrop, S. (21 de Enero de 2011). ‘Living In Harmony With Nature’? Outcomes of the 2010 Nagoya Conference of the Convention on Biological Diversity. *Journal of Environmental Law. Oxford University Press*, 23(1), 117-128.
- Hernández Velázquez, V. M. (13 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Hersch-Martínez, P. (2002). La doble subordinación de la etnobotánica latinoamericana en el descubrimiento y desarrollo de medicamentos: algunas perspectivas. *Etnonbiología*(2), 103-119.
- Horizon 2020. (21 de Febrero de 2014). *Comisión Europea*. Recuperado el 1 de Abril de 2016, de Horizon 2020, Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/reproducing-plant-production-processes-key-drugs>
- Huerta, E. (2014). *Una guía para pacientes y sus familiares. Confrontando el cáncer*. New York: Penguin Group.

- Hufty, M. (2009). *Graduate Institute Geneva*. Recuperado el 05 de Febrero de 2015, de [http://graduateinstitute.ch/files/live/sites/iheid/files/shared/executive\\_education/IMAS/Modules\\_IMAS\\_2009\\_2010\\_S3/Gouvernance/ANG/Governance\\_Analytical\\_Framework22%20f%C3%A9vrier.pdf](http://graduateinstitute.ch/files/live/sites/iheid/files/shared/executive_education/IMAS/Modules_IMAS_2009_2010_S3/Gouvernance/ANG/Governance_Analytical_Framework22%20f%C3%A9vrier.pdf)
- Hummelbrunner, R., y Williams, B. (2015). *Systems Concepts in Action: A Practitioner's Toolkit*. Stanford: Stanford University Press.
- IMCO Staff. (2014). *Instituto Mexicano para la Competitividad*. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de <http://imco.org.mx/indices/indice-de-competitividad-estatal-2014-las-reformas-y-los-estados/>
- Info Morelos. (2015). *Info Morelos*. Recuperado el 28 de Marzo de 2015, de <http://www.infomorelos.com/tecnologia/index.htm>
- Interarts. (12 de Mayo de 2015). *Derechos culturales. Cultura y Desarrollo*. Obtenido de <http://www.culturalrights.net/es/documentos.php?c=18&p=196>
- International Association for the Protection of Intellectual Property. (Julio de 2006). Questionnaire on the requirement of indicating the source and/or country of origin of genetic resources and traditional knowledge in patent applications. *Answer of the Mexican Group*.
- Jalife, M. (23 de Septiembre de 2015). Grave parálisis en leyes de Propiedad Intelectual. *El Financiero*.
- Jones, N. (4 de August de 2011). Gene pool offers way to save Mexican oasis. *Nature*, 476, 19.
- Katewa, S., Chaudhary, B., y Jain, A. (2004). Folk herbal medicines from tribal area of Rajasthan. *J. Ethnopharmacol*, 41-46.
- Laird, S. (2013). *Bioscience at a Crossroads: Access and Benefit Sharing in a Time of Scientific, Technological and Industry Change: The Pharmaceutical Industry*. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

- Larrea, C., y Estrada, F. (2004). *Antropología en un mundo en transformación*. Barcelona: Publicacions i Edicions de la UB.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (28 de Enero de 1988). México. Recuperado el 12 de Mayo de 2015
- Lozoya Legorreta, X. (1994). *Plantas, medicina y poder: Breve historia de la herbolaria mexicana*. México: Pax México.
- Lozoya Legorreta, X. (1997). *Plantas, Medicina y Poder: Breve historia de la herboralia mexicana*. México: Pax México.
- Mackenzie, R., Burhenne-Guilmin, F., La Viña, A., y Werksman, J. (2004). *Guía Explicativa del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología*. Reino Unido: Unión Mundial para la Naturaleza.
- Magos Guerrero, G. A., y Lorenzana-Jiménez, M. (Noviembre-Diciembre de 2009). Las fases en el desarrollo de nuevos medicamentos. *Revista de la Facultad de Medicina UNAM*, 52(6), 262.
- Martin, G. (2001). *Etnobotánica: Manual de métodos*. Montevideo: Nordan-Comunidad.
- McAlpine, J. (2009). Advances in the understanding and use of the genomic base of microbial secondary metabolite biosynthesis for the discovery of new natural products. *Journal of Natural Products*, 566-572.
- Medellín Cardoso, E. (13 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Monje, A. (3 de Diciembre de 2012). Hay fuga de cerebros... *Diario de Morelos*.
- Moscoso, P. (2011). Principios de competencia judicial internacional y de protección del medio ambiente. *Ius et Praxis*(2), 283-304.
- Murch, S., Krishnaraj, S., y Saxena, P. (2000). Phytopharmaceuticals: Problems, limitations and solutions. *The Scientific Review of Alternative Medicine*(4), 33-37.

- Murch, S., Peiris, S., Liu, C.-Z., y Saxena, P. (2004). In vitro conservation and propagation of medicinal plants. *Biodiversity*, 5(2), 19-24.
- Naciones Unidas. (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>
- Obhermeyer, G. (30 de Noviembre de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Ordóñez, S. (2002). *La nueva industrialización en Morelos. Evidencia empírica y elementos teórico-metodológicos para el estudio de la industrialización regional*. Cuernavaca: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.
- Ortiz Caltempa, A. (13 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador).
- Palacio, M., Domínguez, R., y Cardona, H. (2007). *Ética, Innovación Y Estética*. Medellín: ITM.
- Patiño Restrepo, J. F. (2006). *Metabolismo, nutrición y shock* (Cuarta ed.). Bogotá: Médica Panamericana.
- Pérez, G. (2013). *Industria Farmacéutica*. México: ProMéxico.
- Portal sobre Conservación y Equidad Social. (s/f). *Portal CES*. Recuperado el 5 de Marzo de 2016, de <http://www.portalces.org/adb/que-es-abs>
- Quintero Ramírez, R. (21 de Julio de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Raven, P., Evert, R., y Eichhorn, S. (1992). *Biología de las plantas*. Barcelona: Reverté.
- Rey Santos, O. (2006). Los retos en la implementación del Derecho Ambiental. En L. M. Ambientalistas (Ed.), *4to Encuentro Internacional de Derecho Ambiental*. México.
- Rivera Díaz, S. (9 de Abril de 2013). Investigadora de la UAEM obtiene el premio "Martín de la Cruz". *El Caudillo de Morelos*, pág. 15.
- Rivera, S. (20 de Marzo de 2015). Promueve la UAEM crear otros cinco centros de investigación. *La Unión de Morelos*.

- Romero, L. (17 de Marzo de 2015). Biotecnología, entidad con más patentes. Ciencia básica. *Gaceta UNAM*(4678), pág. 10.
- Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Estado de Morelos 2006 - 2012. (Noviembre de 2010). Promoviendo la vinculación academia – empresa para generar competitividad. 1-24. Morelos.
- Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología. (s.f.). *Morelos*. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de <http://cloud.morelos.gob.mx/mapa/CentrosdeInvestigacionMorelos.pdf>
- Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica. (2011). *Hojas informativas de la serie ABS: El Protocolo de Nagoya sobre Acceso y Participación en los Beneficios*. Montreal: Serie ABS.
- Secretaría del Convenio de Diversidad Biológica. (2011). *Hojas informativas de la serie ABS: Uso de los recursos genéticos*. Montreal: Serie ABS.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). Conocimiento Tradicional. *Hojas informativas en la serie ABS*.
- SEGOB. (29 de Noviembre de 2011). *Sistema de Información Legislativa SEGOB*. Recuperado el 19 de Junio de 2015, de <http://sil.gobernacion.gob.mx/Numeralia/Iniciativas/resultadosNumeraliaIniciativas.php?SID=&Origen=IL&Serial=be38e52bb211f0aedd6571fa166e5d71&Reg=470&Paginas=15&pagina=6#E77>
- SEMARNAT. (14 de Julio de 2015). *CONAGUA*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/IAC.pdf>
- Sermina Domínguez, J. F. (08 de Agosto de 2015). (D. T. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Séve, J. (Marzo de 2002). *Tanzania Natural Resource Forum*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de [http://www.tnrf.org/files/E-INFO\\_SeveJ\\_2002A\\_Discussion\\_Paper\\_on\\_Environmental\\_and\\_Natural\\_Resources-Accounting\\_and\\_Potential\\_Applications\\_in\\_African\\_Countries.pdf](http://www.tnrf.org/files/E-INFO_SeveJ_2002A_Discussion_Paper_on_Environmental_and_Natural_Resources-Accounting_and_Potential_Applications_in_African_Countries.pdf)

- Shiva, V. (Junio de 1992). Biodiversity a Third World Perspective. *The Third World Network*.
- Silva, J. (2003). El impacto de los convenios internacionales sobre la legislación interna mexicana relativa a la adopción internacional de menores. *Revista de Derecho Privado*(4), 151-195.
- Sundbo, J. (1999). The theory of innovation: entrepreneurs, technology and strategy. *The Economic Journal*, 494-496.
- Supremacía Constitucional. La reforma al Art. 1o de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, de 10 de junio de 2011, respeta este principio, LXXV/2012, Libro XIII, Tomo 3 (Jurisprudencia de la Segunda Sala SCJN Octubre de 2012).
- Supremacía constitucional. No se transgrede ese principio cuando se origine un conflicto entre leyes federales y locales por una aparente contradicción entre ellas, tratándose de facultades concurrentes, IV.2O.A.2 CS (10A) (Tesis Aislada del Segundo Tribunal Colegiado en Materia Administrativa del Cuarto Circuito 21 de Noviembre de 2014).
- Tapia Uribe, M. (2006). *Morelos. Capital del conocimiento*. Cuernavaca: UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- Tarrés, M. L. (2013). Lo cualitativo como tradición. En M. L. Tarrés, *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social* (págs. 37-59). México: FLACSO.
- Tilburt, J., y Kaptchuk, T. (2008). Herbal medicine research and global health: an ethical analysis Bulletin of the World Health Organization. *Bulletin of the World Health Organization*(86), 577-656.
- Tratados Internacionales. Son parte integrante de la Ley Suprema de la Unión y se ubican jerárquicamente por encima de las leyes generales, federales y locales. Interpretación del artículo 133 constitucional, IX/2007, Tomo XXV (Pleno de la SCJN Abril de 2007).

- UAEM. (29 de Enero de 2013). *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. Recuperado el 02 de 02 de 2015, de <http://www.uaem.mx/generacion-de-conocimiento/centros-de-investigacion/centro-de-investigacion-en-biotecnologia>
- UAEM. (9 de Diciembre de 2014). *UAEM*. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de <http://www.uaem.mx/comunicacion-y-medios/comunicacion-universitaria/boletines/presento-su-primer-informe-de-actividades-director-del-centro-de-investigacion-en-biotecnologia>
- UAEM. (02 de Febrero de 2015). *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. Obtenido de <http://www.uaem.mx/organizacion-institucional/unidades-academicas/centros-de-investigacion/ceib/investigacion-y-docencia/laboratorios>
- UNCTAD/OMC, y OMPI. (2004). *La Clave de la Propiedad Intelectual: Guía para pequeños y medianos exportadores*. Ginebra: CCI; OMPI.
- Universidad de Alcalá. (13 de Mayo de 2016). *Universidad de Alcalá*. Obtenido de Entorno de publicación docente: [https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2\\_asignaturas/asig30645/presentacion/Lecci%F3n%201-EPD%20PDF.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/epd2_asignaturas/asig30645/presentacion/Lecci%F3n%201-EPD%20PDF.pdf)
- Valdepeña, D. (18 de Julio de 2014). Fuga de profesionistas por desempleo en Morelos. *Quadratin Morelos*.
- Vázquez García, M. (08 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Vela, F. (2013). Un acto metodológico básico de la investigación social: la entrevista cualitativa. En M. L. Tarrés (Ed.), *Observar, escuchar y comprender* (págs. 63-93). México: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Villarreal Ortega, M. L. (7 de Agosto de 2015). (T. I. Mohzo Díaz, Entrevistador)
- Viniegra-González, G. (13 de Octubre de 2009). Reseña de la Biotecnología Mexicana. *La Enciclopedia de las Ciencias y la Tecnología en México*.

- Visión Morelos. (2014). *Morelos*. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de <http://morelos.gob.mx/?q=visionmorelos/secretaria-de-innovacion-ciencia-y-tecnologia>
- Visión Morelos. (21 de Febrero de 2016). *Morelos*. Obtenido de <http://morelos.gob.mx/?q=visionmorelos/secretaria-de-innovacion-ciencia-y-tecnologia>
- Voto particular de la ministra Margarita Beatriz Luna Ramos en el AR-120/2002, Tomo XXIV, No. 40146 (Pleno SCJN Febrero de 2009).
- Woodhouse, E., Hess, D., Breyman, S., y Martin, B. (1 de Abril de 2002). Science Studies and Activism: Possibilities and Problems for Reconstructivist Agendas. *Social Studies of Science*, 297-312.
- Yashveer, S., Singh, V., Kaswan, V., Kaushik, A., y Tokas, J. (2014). Green biotechnology, nanotechnology and biofortification: perspectives on novel environment friendly crop improvement strategies. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 30(2), 113-126.
- Zainol, Z., Amin, L., Akpoviri, F., y Ramli, R. (30 de Septiembre de 2011). Biopiracy and states' sovereignty over their biological resources. *African Journal of Biotechnology*, 10(58), 12395-12408.