

EL VALOR DE LA BIODIVERSIDAD Y SU USO COMERCIAL SOSTENIBLE

Por: **Ricardo Fournier PhD.**
Ingeniero Bioquímico

Podemos definir biodiversidad como un amplio conjunto de organismos no humanos que habitan nuestro planeta. La biodiversidad se puede ver desde varios puntos de vista tales como el sociológico, comercial, económico, entre otros. En el contexto sociológico, la biodiversidad es el resultado de muchos y muy complejos intercambios de negociación en diferentes niveles y en diversos espacios entre los distintos actores del crecimiento y desarrollo de un país.

Desde un enfoque comercial, la definición más reconocida de biodiversidad hace referencia a la variedad de poblaciones y especies de plantas, animales y microorganismos genéticamente diferentes con los cuales el hombre comparte la tierra, y la variedad de ecosistemas de los cuales ellos son parte funcional. Esto nos permite observar la gran cantidad de externalidades generadas que dificultan medir y valorar la diversidad genética.

Entre los académicos, la biodiversidad tiene un gran valor para la humanidad, pero éste se pierde cuando se empieza a analizar si ese valor es independiente de las necesidades humanas. El propósito de este artículo es presentar los componentes cualitativos categorizados como éticos, estéticos y de servicio, útiles en la construcción del análisis de los valores económicos y comerciales de la biodiversidad.

VALORES ÉTICOS

Indudablemente los valores éticos se fundamentan en los sentimientos religiosos de todas las culturas hacia otras formas de vida a las que consideran como poseedoras de un valor intrínseco, y que implica el «deber» de protegerlas de la destrucción por parte de la humanidad.



Ilustración: Clara Inés Silva. Tomado de la revista Integración, Ciencia y Tecnología, Vol. 1 No. 2, 1995

Históricamente, la noción de derechos se ha extendido a otros animales diferentes de los seres humanos, como lo demuestran las leyes de protección que han aparecido en todas partes del mundo durante este siglo. En consecuencia, nosotros como especie dominante del planeta, tenemos la responsabilidad ética de preservar la biodiversidad del mismo, lo cual significa oponernos al exterminio intencional de otras especies. Este argumento indudablemente carece de bases científicas, pues, como mencionaba, el sentimiento religioso no puede ser cuantificable, pero en lo profundo de nuestro ser sabemos que todos los seres vivos tienen derecho a existir. El gran biólogo David Ehrenfeld, en su obra «La Arrogancia del Humanismo» llama a este sentimiento «el principio de Noé»,



Fotografía: Archivo Colciencias

TODOS LOS ORGANISMOS POR PEQUEÑOS QUE SEAN EXHIBEN LA BELLEZA DEL DISEÑO Y LA ADMIRACIÓN DE SU COMPLEJIDAD.

sosteniendo que todas las especies y comunidades se deben preservar porque existen y porque esta existencia en sí misma es la expresión de un proceso histórico de inmensa antigüedad y majestad. Si entendemos, como lo hacen y dicen los sociólogos y antropólogos, lo que significa la biodiversidad para la especie humana, comprenderemos entonces, la verdadera importancia de preservar todas las culturas sumergidas en la misma, siendo un caso concreto el pacífico colombiano donde la biodiversidad se ha enfocado para percibir y actuar como una representación y una estrategia de acción en un sistema de categorías y políticas.

VALORES ESTÉTICOS

Es la belleza de todas las especies, la que justifica la extensa acti-

vidad económica que surge de su disfrute. Todos los organismos por pequeños que sean exhiben la belleza del diseño y la admiración de su complejidad; nos sentimos maravillados ante el grado de sofisticada miniaturización imposible de diseñar artificialmente por los mejores ingenieros. Paul Ehrlich en su tratado «Causas y Consecuencias de la Desaparición de las Especies», ha llamado a este sentimiento de admiración «la belleza de los intereses». El gran antropólogo francés Claude Levi-Strauss, escribió que cualquier insecto es un tesoro irremplazable equivalente a los trabajos de arte más bellos que nosotros religiosamente preservamos en los museos. Sin embargo, la humanidad los extermina sin compasión.

VALORES ECONÓMICOS DIRECTOS

Los ecosistemas naturales contienen y mantienen una inmensa biblioteca genética de la cual la raza humana ha derivado los fundamentos de la civilización prometiendo incalculables beneficios futuros. Esta biblioteca de millones de especies y billones de poblaciones genéticamente distintas, es la que llaman los biólogos «diversidad biótica o biodiversidad».

Hoy, la base de la alimentación de la humanidad la constituyen cereales como el trigo, el arroz, el maíz, etc.; pastos salvajes que con el tiempo fueron domesticados, selectivamente cruzados y cultivados mucho tiempo después por la raza humana. Los parientes salvajes de éstos y docenas de otros cultivos, todavía representan una importante colección de genes esenciales para el mejoramiento y de-

sarrollo de nuevas variedades de las mismas, que nos permitirán garantizar su supervivencia. Por lo tanto, es extremadamente preocupante que la inminente disminución de la base genética de las mayores y más importantes cosechas, no se convierta en una de las preocupaciones y prioridades de la conservación de la biodiversidad.

La fuente primaria potencial de nuevos alimentos, drogas y otros materiales útiles, desaparece a una velocidad incontrolable, perdiéndose la oportunidad de desarrollar alternativas de alimentación para las regiones pobres del planeta, las cuales, paradójicamente, son las más ricas en recursos genéticos.

VALORES ECONÓMICOS INDIRECTOS

Nosotros no simplemente venimos de otras formas de vida, sino que somos completamente dependientes de las mismas para mantener la habitabilidad de nuestro planeta. Los miembros de las comunidades biológicas que conviven en un área, interactúan continuamente con su entorno denominándose ecosistema, de los cuales como veremos posteriormente depende la vida en el planeta.

Un claro ejemplo es el valor económico asignado al intercambio de gases ocurrido entre los ecosistemas. Una planta de maíz con un kilogramo de peso transfiere del suelo a la atmósfera 120 galones de agua durante su periodo de vida de unos pocos meses. Un árbol del bosque tropical retorna a la atmósfera en sus 100 años de vida más de dos millones quinientos mil galones de agua.

Servicios ecosistémicos: clima y agua. Los ecosistemas na-

turales proveen a la humanidad de servicios esenciales sin los cuales sería imposible vivir, constituyéndose así, en el más poderoso argumento antropocéntrico para la preservación de los millones de formas de vida sobre la tierra. Uno de los servicios ecosistémicos más importantes es el mantenimiento de la composición gaseosa en la atmósfera. Son las interacciones de billones de microorganismos y plantas fotosintetizadoras, las que permiten mantener los cambios climáticos de manera casi imperceptible, evitando la extinción masiva de las especies superiores. Sin embargo, el hombre ha demostrado su inmensa capacidad para alterar el delicado balance de gases atmosféricos, destruyendo el ozono que nos protege e incrementando la concentración de dióxido de carbono hasta el punto de generar grandes cambios climáticos en todo el planeta. Los bosques de lluvia de la Amazonia controlan las

condiciones de humedad atmosférica hasta en un 80%, dependiendo su vegetación de esos ciclos autorrecirculantes de agua en un 100%. La destrucción del bosque tropical y de las selvas de la Amazonia y África, llevarían a una catástrofe climática de proporciones impredecibles al reducir la precipitación necesaria para mantener las cosechas alimentarias del mundo.

Servicios ecosistémicos: suelos, nutrientes y desechos. En una muestra típica de suelo por m² viven e interactúan 12 millones de animales benéficos, 35.000 insectos, 46.000 gusanos y especies afines, sin contar los billones de microorganismos cuya presencia es la determinante de la fertilidad del mismo. Si esto parece increíble, debemos recordar que en tan sólo un gramo de tierra fértil conviven 2.5 billones de bacterias, cien mil levaduras, cuatrocientos mil hongos, cincuenta mil algas y treinta mil protozoarios.

Pero lo realmente importante es el rol que los organismos juegan en los ecosistemas. Ellos convierten los nutrientes básicos como nitrógeno, hidrógeno y azufre en formas utilizables por las plantas superiores y los seres humanos, descomponiendo la materia orgánica, manteniendo la textura del suelo a través de la producción de humus y reteniendo el agua para el crecimiento de las plantas, etc. Sin embargo, la destrucción de los ecosistemas es irreversible, y su sustitución es prácticamente imposible. Desmontar el bosque tropical para sembrarlo de cultivos y pastos significa la pérdida irreparable de la inmensa biblioteca genética que regula los grandes ciclos bio-geoquímicos del planeta. Por otro lado, desconocemos el verdadero tamaño de la biodiversidad. Edward Wilson, uno de los más grandes conservacionistas del mundo, estima aproximadamente de 2 a 50 millones de especies. Si asumimos un promedio de 10 millones de especies y que cada especie consta de varios cientos de poblaciones genéticamente distintas, fácilmente se puede postular la existencia de billones de poblaciones sobre el planeta, las cuales se están extinguiendo a una velocidad 10.000 veces mayor a la velocidad con la cual venían extinguiéndose naturalmente desde hace 65 millones de años. Otros conservacionistas como el ya mencionado P. Ehrlich y el académico T. Erwin, estiman que la tasa actual de desaparición de especies es 150.000 veces mayor que la tasa natural de extinción.

Y también es cierto que la velocidad de extinción que hemos alcanzado es mil veces mayor a la velocidad de recuperación del entorno natural, empobreciendo biótica-



Fotografía: Diego Miguel Garcés



Fotografía: Diego Miguel Garcés

mente de manera acelerada el planeta. El agente causante de este desastre es el hombre, quien está consumiendo el 40% de toda la energía fotosintética del planeta generada por los ecosistemas. A este ritmo, para el año 2050 habrá desaparecido cerca del 50% de las especies.

El famoso reporte Brundland de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (Our Common Future) de 1.987, pretende para las próximas décadas incrementar 10 veces la actividad económica global en un esfuerzo para eliminar la pobreza. Esto implicaría incrementar el consumo de la producción primaria neta de energía fija por fotosíntesis (N.P.P.), factor que cuantifica la biomasa existente en el planeta en un 100%. Para cumplir con las metas de un crecimiento económico del 1000%, sería necesario que

la especie humana consumiera el 80% de todos los recursos bioenergéticos del planeta, acabando con la biota y destruyendo la biosfera en procura de eliminar la pobreza. Esta es la gran paradoja del crecimiento económico: para acabar con los pobres del mundo debemos acabar con el mundo entero. El analista político de Harvard, William Clark, sostiene que las implicaciones de la desesperada necesidad de crecimiento económico sobre el medio ambiente sería la mayor catástrofe de la humanidad.

ECONOMÍA DE LA PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD

La biodiversidad es un recurso absolutamente insustituible y de pérdida irreversible. Esta pérdida es la mayor y la más seria externalidad asociada con la actividad económica humana y dada la inmensidad de esta externalidad su evaluación es extremadamente difícil. Los economistas han tratado de evaluarla utilizando distintos enfoques. En primer lugar, dado que algunas especies se pueden valorizar, un análisis de costo-beneficio es factible para aquellas con un alto valor comercial, llegando incluso a monetizar los intereses estéticos con técnicas tales como la valoración del deseo de hacer Ecoturismo.

No obstante, aquellos métodos que se enfocan hacia el valor de las especies individuales, especialmente las escasas, no son capaces de calcular el valor agregado de los servicios ecosistémicos de la biodiversidad. Por ejemplo, se puede demostrar que muchas especies de ballenas que se alimentan de plancton no son críticas para la

estabilidad de un ecosistema; su extinción por la acción humana, incrementará las poblaciones de otras ballenas, aumentando a su vez la probabilidad de que éstas tarde o temprano sean exterminadas, generando una reacción en cadena que terminaría afectando los ecosistemas oceánicos; éste ha sido definido como el problema del «Rivet-Popet» (P. Ehrlich). Si la pérdida de un remache (Rivet) de un avión produce un accidente, al aumentar los esfuerzos de la estructura consecuentemente se produce, la pérdida de otros remaches que aumentarán la probabilidad de un accidente. Lo mismo ocurre en la naturaleza, las pérdidas de algunas especies dada la simbiosis y el equilibrio perfecto de los ecosistemas tarde o temprano convergen hacia la destrucción de los mismos. Esto definitivamente complica el análisis y la valoración del fenómeno de extinción de las especies. Y un sistema de mercado que no puede funcionar para el beneficio de la humanidad debe clasificar la capacidad de la tierra para soportar la vida como una externalidad que no puede ser internalizada apropiadamente.

La Comisión de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo se ha enfocado en la determinación de las enormes implicaciones en la pérdida de la biodiversidad a través de sus distintos programas, buscando la sostenibilidad en el uso de los recursos, al considerar a la raza humana como coactores con otras especies en los sistemas complejos auto-organizativos. En el contexto de la conservación biológica, esto implica el mantenimiento de la suficiente biodiversidad para asegurar la resiliencia (flexibilidad y ve-

locidad de respuesta) de los ecosistemas proveedores de servicios ecológicos de valor fundamental para las sociedades humanas.

Como ya lo mencionamos, el verdadero valor de la biodiversidad reside en los servicios ecológicos basados en las complejas interacciones de organismos, poblaciones y comunidades del ambiente natural. La pérdida de valor de la biodiversidad, se refleja en la alta sensibilidad de los ecosistemas hacia la disminución o la desaparición de las especies. Hay un límite crítico en la biodiversidad por debajo del cual la mayoría de los ecosistemas dejan de funcionar. Las especies y sus ambientes están íntimamente interconectados en una red de interrelaciones que son fundamentalmente no lineales, con brechas

y discontinuidades y valores límite. El gradiente que dirige todo el desarrollo de los ecosistemas es la energía solar, pero es la capacidad de auto-organización de los sistemas y en particular de la resiliencia de estas auto-organizaciones, la que determina su capacidad para responder a las tensiones impuestas por depredación o polución por fuentes externas. La verdadera importancia de la biodiversidad radica en preservar la flexibilidad y velocidad de respuesta de los ecosistemas.

VALORACIÓN ECONÓMICA

Para poder tratar el problema de evaluación es importante definir los distintos conceptos de valor. A nivel macroeconómico, corresponde a la noción de incentivo y se puede clasificar en: precio de mercado, valor individual o privado y valor social que es el impacto agregado sobre el bienestar de toda una sociedad. La importancia de la diferenciación entre estos tres conceptos, radica en que el valor de mercado de la biodiversidad a pesar de informar los millones de decisiones independientes responsables directamente de la pérdida de la biodiversidad, no es capaz de medir los cambios en bienestar social asociados con esas pérdidas o ganancias, excepto en los casos especiales donde se dan mercados perfectos intemporales. Se puede concluir que el valor de mercado de la biodiversidad no aproxima su valor social, convirtiéndose en un típico problema de convergencia que hace imposible el análisis matemático del valor agregado de la misma. La única alternativa de aproximación al problema de la convergencia, es analizar por se-

parado los valores de uso y toda una serie de externalidades del valor social de la biodiversidad.

VALORES DE USO

El valor total de un recurso se define como el valor de los bienes y servicios que un individuo es capaz de intercambiar con el propósito de poder utilizarlo en el presente y futuro. Existen dos elementos principales que conforman el valor privado de un recurso: uno es el servicio suministrado durante su uso ya sea por un individuo u organización (valor de uso) y dos, es una fuente residual de valor que se conoce como el valor de no-uso (valor estético, apreciación de la belleza, etc.). En nuestro enfoque macroeconómico y microeconómico nos concentraremos básicamente en analizar los valores de uso de la biodiversidad sin desconocer el valor del no-uso.

El valor de uso o costo de oportunidad de un recurso es la medida natural de su valor en un uso particular. Entre más útil es el recurso, mayor es su valor, convirtiéndose el precio del mismo en una aproximación razonable a este valor.

Una de las principales dificultades de valoración es que la mayoría de los organismos carecen de una utilidad perceptible y cuantificable como prestadoras de ecoservicios. La ignorancia de esta utilidad genera externalidades que conllevan a despreciar el verdadero valor no sólo de un organismo, sino muchas veces de un ecosistema. La única alternativa es considerar que los estimativos del valor de los servicios suministrados por los sistemas ecológicos dependen del reconocimiento de dichos servicios. Es claro que la variabilidad genética



Fotografía: Diego Miguel Garcés

de las especies es crítica para su supervivencia a largo plazo, permitiéndolo recuperarse de los choques producidos por el entorno; pero no es claro como la diversidad de los genes, genotipos, especies y comunidades influyen en el funcionamiento de los ecosistemas o cuales son los niveles óptimos de diversidad en las comunidades y ecosistemas y cuales son los factores que los controlan.

El significado de todo esto en el problema de la conservación de la biodiversidad es que mientras apenas entendemos que la preservación de las especies implica mantener sus hábitos, no es claro que componentes de los mismos son cruciales para su existencia. Este problema ha llevado a definir tres elementos fundamentales en la evaluación de costos de oportunidad de la biodiversidad:

1. El impacto de las perturbaciones exógenas en el tamaño de las poblaciones de los ecosistemas.
2. La sensibilidad de las funciones ecosistémicas al cambio en el tamaño relativo de las poblaciones.
3. La sensibilidad de las poblaciones ecosistémicas a la desaparición de las especies particulares.

La valoración de los recursos biológicos en el análisis económico contemporáneo, es una aplicación de la teoría microeconómica de la demanda al caso donde el consumo no depende únicamente de la canasta de bienes del mercado, sino también a un conjunto de bienes macro-ambientales públicos que están por fuera del mismo. Lo que verdaderamente interesa, es el valor económico en la variación

del nivel de servicios ecológicos asociados al cambio en los niveles de biodiversidad. El problema radica en que una demanda de servicios ecológicos asociados con un nivel de biodiversidad, no se puede observar directamente. Ante la ausencia de un mercado para servicios ecológicos, lo máximo observable son los cambios en la demanda de bienes de mercado que acompañan cambios en los niveles de la biodiversidad. En la segunda reunión de la Sociedad Internacional de la Economía Ecológica (Universidad de Estocolmo, 1992) se plantearon los parámetros de medición macroeconómica del capital natural basados en la función de producción y la teoría de la demanda. Considerando los aspectos microeconómicos de mercado que influyen en las políticas de comercialización, nos hemos limitado a hacer estos planteamientos macroeconómicos generales sin pretender desconocer la importancia del marco macroeconómico de la biodiversidad.

COMERCIALIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Con base en los derechos de propiedad implicados en el uso eficiente de los recursos naturales, se puede identificar el problema económico cuando se presenta una ausencia de derechos de propiedad claramente definidos, entendiendo por estos derechos, aquellas reglas que rodean el uso de los recursos que generan información, usualmente en forma de precios. Sobre el valor de estos recursos en sus usos varios, cuando los derechos propietarios no son completos o simplemente no existen, se da un sobreuso de los recursos naturales

que conlleva casi inevitablemente a los fenómenos de destrucción de los mismos o abuso de los ecosistemas propiedad de las naciones.

Desde el punto de vista comercial, el interés se centra en la información contenida por un recurso genético en la forma de una molécula o compuesto potencialmente útil. El problema se complica aún más al aceptar que existe una serie de valores no tradicionales de la riqueza genética que no radican únicamente en su potencial genético, sino también en valores externos tales como la capacidad de captación de carbón o el potencial de la biodiversidad para la regulación de la transferencia de gases a la atmósfera. ¿Cuánto vale para los países llamados desarrollados la Amazonia como «pulmón del mundo»?

Estas son respuestas sumamente difíciles de contestar en términos económicos o monetarios pues son el tipo de valores de existencia que no se prestan a un análisis microeconómico. Un ejemplo, es la valoración del uso potencial de la biodiversidad como materia prima genética en el diseño y producción de fármacos. El esquema de uso o explotación sostenible comercial de la biodiversidad que deseamos plantear, conduce necesariamente hacia una política de sustitución de los productos obtenidos por vías artificiales por los productos derivados directamente de la diversidad biológica. En el caso de productos farmacéuticos se trata de reemplazar los fármacos sintéticos por fitofármacos o principios farmacéuticos obtenidos de fuentes biológicas. La base fundamental de este esquema es el principio de simbiosis de toda la biosfera, el cual ha sido desconocido por las

grandes compañías multinacionales en su afán de lucro.

Esta simbiosis de los principios naturales, simplemente refleja la maravillosa y eficiente sinergia entre todas las moléculas que conforman la naturaleza; su violación es la causa total de los pésimos resultados obtenidos utilizando los modelos actuales de bioprospección, diseño y desarrollo de fármacos a partir de extractos naturales.

El modelo se debe plantear teniendo en cuenta la ley natural de los efectos compensados. No existe una sola molécula en la naturaleza que actúe sin depender completamente de la acción de otras. ¿Qué sentido tiene aislarlas de su entorno natural y pretender que su acción como entes independientes de su entorno molecular siga siendo el mismo?

Toda la investigación de los grandes institutos y empresas farmacéuticas históricamente ha estado orientada hacia ese fin, con resultados mediocres y algunas veces catastróficos. Llevamos casi 50 años luchando contra terribles enfermedades como el cáncer y los resultados han sido pobres. Todo porque seguimos insistiendo en encontrar moléculas aisladas y únicas, con acción terapéutica, produciendo toda una generación de drogas con efectos secundarios y colaterales que causan casi la total destrucción del organismo humano al tratar de curar estas enfermedades.

Basta ver para entender lo que ocurre cuando una molécula con propiedades terapéuticas se saca de su contexto, el caso de las llamadas drogas ilícitas. La hoja de la coca se ha mameado durante si-

glos por poblaciones indígenas sin efectos nefastos. Sólo fue aislar uno de sus docenas de alcaloides, para que esta molécula produjese los catastróficos efectos en el organismo humano, que conllevaron a su regulación y posterior prohibición, sin contar los efectos desastrosos para la sociedad, además del desangre absurdo de nuestra nación en una guerra interna, detrás de la cual se encuentran los temibles intereses económicos de

las llamadas sociedades desarrolladas.

Y así, como las drogas lícitas que continúan en el mercado producen resultados terapéuticos mediocres. No se puede aislar un principio activo desconociendo la compleja red de interacciones del mismo con otras moléculas de la misma planta, las cuales equilibran todo el proceso de acción de los principios activos terapéuticos naturales. Muchos de éstos, aislados de los extractos naturales son tan tóxicos que hacen imposible su uso como medicinas, mientras que como parte de los extractos son utilizados sin mayores problemas. ¡No tiene sentido ni explicación lógica que de 250.000 muestras de plantas u extractos naturales obtenidas con base en el acervo de conocimientos etnobotánicos del mundo entero y que utilizan exitosamente más de 4.000 millones de seres humanos, el Instituto Norteamérica Nacional de Cáncer sólo haya podido encontrar en un lapso de treinta años, cuatro moléculas comer-

LA ÚNICA ALTERNATIVA
POTENCIALMENTE CAPAZ DE EVITAR
EL ROBO DE NUESTROS RECURSOS,
ES LA DE HACER VERDADERA
INVESTIGACIÓN DE PUNTA EN EL
PAÍS, QUE PUEDA COMPETIR CON
LA INVESTIGACIÓN DE LAS
MULTINACIONALES.



Fotografía: Diego Miguel Garcés

cializables!, como también es increíble que pretendamos todos los investigadores, empresas, institutos y naciones del mundo, seguir el modelo de bioprospección y desarrollo de fármacos de un organismo que ha fracasado rotundamente en su llamada lucha contra el cáncer (léase el INC), consumiendo miles de millones de dólares en tres o cuatro décadas. Por lo anterior el modelo debe cambiar o seguiremos fracasando en nuestro empeño por combatir las mayores dolencias de la humanidad.

Ahora el discurso de la biodiversidad ha adquirido un tono mucho más preocupante, el de pretender, salvajemente y en nombre del desarrollo económico, convertir la riqueza genética en un bien de capital comercializable bajo los mismos principios que el de vender un par de zapatos.

En esta oportunidad, nuestro interés radica en cómo poder usar la inmensa cantidad de información genética que se encuentra en nuestra biodiversidad, sin causarle daños irreparables ni destruirla, para la producción de fármacos. Para la producción de éstos lo realmente importante es la preservación de la información genética contenida en una determinada especie y esto por lo general es muy difícil de apreciar. La destrucción de un fenotipo individual conlleva a la destrucción de genotipos potencialmente valiosos endémicos a ciertos nichos ecológicos. En esto radica la importancia de complementar la información botánica (o zoológica) con una completa información genética fenotípica, genotípica y molecular, trabajo difícil con los recursos financieros limitados asignados por nuestro país, pero absolutamente esencial

para la preservación de nuestra biodiversidad.

BIOTECNOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD

En las últimas décadas el mundo ha contemplado con asombro el rápido desarrollo de la biología, la bioquímica y la genética, lo que ha llegado a llamarse revolución biotecnológica; desarrollo que ha llevado a un extraordinario incremento de los conocimientos sobre la vida y los seres vivos, que nos permiten hoy intervenir a niveles realmente extraordinarios sobre los mismos.

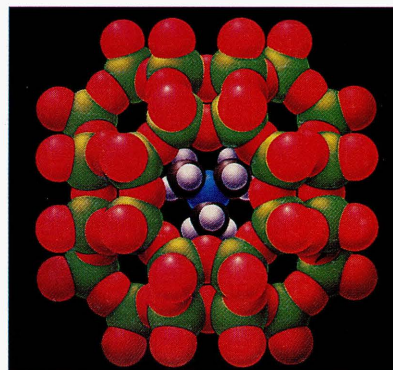
En febrero de 1997, un laboratorio escocés produjo el primer mamífero clonado (la Ovejita Dolly); un año después, Richard Seed, científico norteamericano anunciaba a un mundo estupefacto la clonación de seres humanos, despertándonos de manera abrupta a la materialización y mercantilización de la vida humana. Por otro lado, la comercialización con ánimo de lucro y de manera inmoral e ilegal, de órganos humanos es una aterradora realidad que invade nuestro medio.

El 40% de los procesos biológicos del mundo es controlado por empresas multinacionales, por ello se ha iniciado el patentamiento de todo tipo de formas de vida incluyendo la humana.

Se han cerrado casi completamente los flujos de información biotecnológica con valor comercial entre países avanzados y países en desarrollo. El 90% de la investigación mundial en ingeniería genética se lleva a cabo en Estados Unidos, Japón y Europa donde residen casi todos los grandes investigadores y científicos del mundo,

y se ha producido la total privatización de los conocimientos científicos, considerados estratégicos para el desarrollo económico, esto es, la apropiación del conocimiento colectivo de la humanidad por parte de las grandes compañías.

La clonación de la Oveja Dolly puede ser tan perjudicial para la humanidad, como la mega fusión de AHP con la Monsanto, generando junto con Novartis, los primeros dos monstruos agro-farmacológico-biotecnológicos.



Fotografías: Archivo Colciencias

En la actualidad el 85% de todas las plantas mejoradas genéticamente pertenecen a 14 compañías y el 90% de las moléculas-fármaco con ventas superiores a los 100 millones de dólares son propiedad de 10 multinacionales.

Otro grave fenómeno, es el nacimiento de cientos de pequeñas compañías de investigación (muchas de ellas de papel) con gran inexperiencia en el campo comercial y que a pesar de su demostrada falta de rentabilidad económi-

ca han podido colocar acciones en bolsa (IPO), basadas en la reputación personal de sus fundadores, cotizando rápidamente en el mercado de valores sin que estas empresas tengan todavía productos en el mercado.

Puede darse el caso que con productos que no han mostrado verdaderos beneficios pero que provienen de productos naturales de las selvas tropicales se logren alianzas estratégicas con gigantes farmacéuticos que logran valorizarlas en forma desproporcionada. La estrategia puede ser muy simple: conformar una empresa en Colombia, por ejemplo con socios locales. A cambio de su participación accionaria se comprometen a conseguir recursos para iniciar operaciones y si estos dineros son baratos (cofinanciación por el Estado), la inversión será más rentable. Además, firman un contrato ventajoso con su socio local, que les permita transferir gran parte del capital de arranque a su empresa, la cual a su vez ya capitalizada con recursos ajenos (colombianos) lanza un ofrecimiento accionario público en bolsa en los Estados Unidos, logrando de esta forma sobrecapitalizarse.

Estas sociedades (cuasi de papel) invisibles a la opinión pública y sin obligación de rendir cuentas a nadie «juegan» con las lagunas legales en el campo de las patentes, ya que patentan sistemáticamente todo lo que pueda tener algún valor e impiden la publicación de información genética valiosa a la espera de su valorización en el mercado, perpetrando verdaderos actos de pillaje en la investigación pública.

La única alternativa potencialmente capaz de evitar el robo de

nuestros recursos, es hacer una verdadera investigación de punta en el país que pueda competir con la realizada por las multinacionales. El principal argumento en contra de este planteamiento es el costo de la investigación y la escasez de recursos para llevarla a cabo. Sin embargo, quienes plantean este argumento olvidan que poseemos una verdadera ventaja, no sólo comparativa sino también competitiva en el campo de los recursos naturales. Pero si utilizamos los mismos modelos y esquemas de las multinacionales para la generación de productos biotecnológicos de alto valor agregado, tendríamos que poseer los recursos financieros y el potencial de mercadeo y comercialización de las mismas. Desafortunadamente casi todos los investigadores de primera línea en Colombia han sido formados en países capitalistas donde imperan estos modelos, pareciendo incapaces de cambiar sus paradigmas mentales. También es cierto que contamos con una buena cantidad de recursos humanos que nos permitirían establecer modelos de desarrollo de fito-fármacos relativamente más baratos. Un ejemplo interesante es el desarrollo de la vacuna sintética contra la malaria. A una multinacional farmacéutica le cuesta entre 200 y 300 millones de dólares un desarrollo similar y debe emplear el esfuerzo de cientos de investigadores trabajando contra reloj entre 10 y 15 años en promedio en sofisticados laboratorios para llegar a resultados más o menos satisfactorios. Al doctor Patarroyo le costó una décima parte de lo que le hubiese costado a una multinacional, con sólo 100 investigadores y en la mitad del tiempo. La razón fundamental de

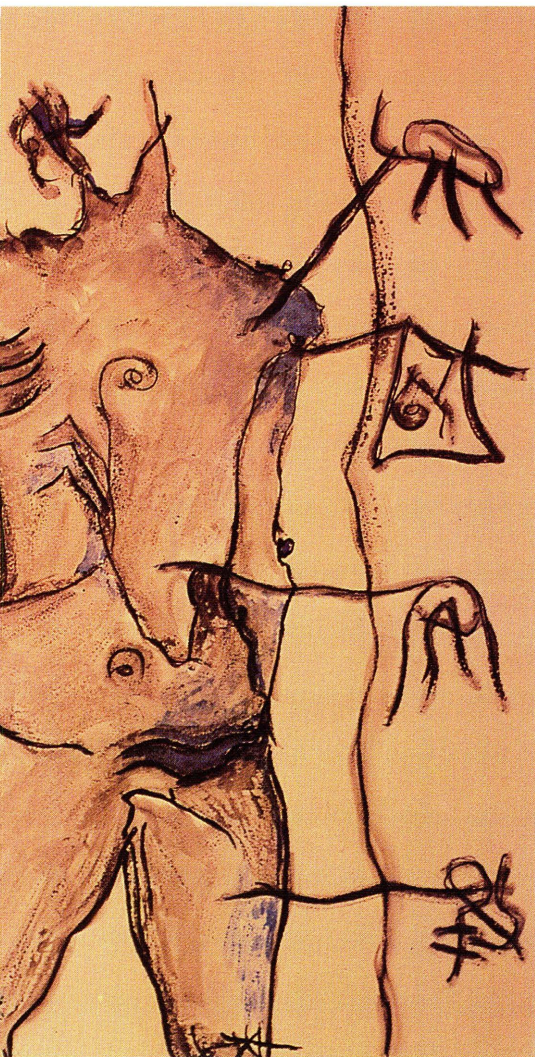


Ilustración: Clara Inés Silva

este éxito fue utilizar otro paradigma de pensamiento que permitiera generar modelos de investigación y desarrollo más eficientes.

Otra característica de la biotecnología es la velocidad con que los productos desarrollados van del laboratorio al mercado utilizando esquemas de comercialización extremadamente eficientes y eficaces, que permiten introducirlos al mercado más rápidamente que la capacidad de control y respuesta social a las consecuencias de los mismos. Debido al largo tiempo de desarrollo de un producto (12 años en promedio), y al relativamente corto tiempo de protección que confieren las patentes, una multinacional tiene menos de 8 años para amortizar sus gastos de Investigación y Desarrollo. Esto implica que muchas veces se toman caminos más rápidos que conllevan a consecuencias realmente desastrosas a largo plazo. Si tenemos en cuenta que los efectos secundarios más críticos de un nuevo medicamento se presentan una o dos generaciones después de su lanzamiento al mercado, podríamos concluir que el 90% de todos los medicamentos biotecnológicos nuevos no han sido debidamente probados.

Las consideraciones éticas y morales de las nuevas biotecnologías quedan ocultas tras la seducción del reto intelectual y la solución de problemas científicos complejos. El mito del trabajo bien hecho como un Ethos autojustificativo, ignorando los contextos sociales en los cuales se desarrolla, sitúa al científico más allá del bien y del mal, reivindicando una total responsabilidad social en nombre de una supuesta neutralidad de su ciencia; científicos totalmente descontextualizados de las realida-

des socio-culturales de nuestra época y poseedores de un conocimiento sin precedentes históricos que les permite manipular la naturaleza a su antojo, en medio de su miopía siguen viendo la naturaleza como algo alejado, objeto de estudio, manipulable y desechable. Esta es probablemente la mayor tragedia de la biotecnología y de las ciencias en general. Olvidar que somos naturaleza y que cuando hablamos de biodiversidad debemos, responsablemente, incluirnos en ella. La ciencia alienada difícilmente podrá convertirse en la verdadera solución a nuestros problemas y la ciencia en poder de los intereses privados es necesariamente alienada.

Los problemas más graves de alteración de la biosfera están íntimamente relacionados a esta ciencia deshumanizada. Es en extremo preocupante escuchar a los biotecnólogos argumentar que la clonación de especies superiores es el primer paso serio en la conversión del ser humano en Dios y que el papel de la ciencia experimental es precisamente violar las denominadas leyes de la naturaleza (Steen Willadsen y Richard Seed a raíz de la clonación de Dolly).

DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y QUÍMICA

Los productos naturales han servido históricamente como plantillas para el desarrollo de muchas clases importantes de drogas. Por eso, la necesidad del hombre para tratar sus dolencias es también su necesidad por obtener agentes terapéuticos. Sin embargo, unos 800 millones de personas que representan casi un quinto de la población del mundo, padecen enfermedades

tropicales como malaria, schistosomiasis, trypanosomiasis, lepra, leishmaniasis, etc., las cuales carecen de tratamiento adecuado.

Son estas áreas de investigación las que refuerzan la necesidad por el estudio de sustancias químicas encontradas en plantas (productos naturales) y su explotación para satisfacer las necesidades terapéuticas de la humanidad adecuadamente. Sería el resultado de un esfuerzo multidisciplinario de manera sistemática y coordinada. Todo esto funcionará apropiadamente si es dirigido por un «Centro Nacional para el Desarrollo de Productos Naturales».

El Centro utilizará un enfoque integrado y multidisciplinario para descubrir, desarrollar y comercializar nuevos productos farmacéuticos y agroquímicos. Este proceso iniciará con la explotación del conocimiento sobre los usos tradicionales, desarrollo y comercialización de los productos derivados de plantas superiores y finalmente, cerrará el círculo desarrollando las fuentes de plantas de estos productos en cosechas de alto valor como alternativa para los agricultores. Un rasgo único es la importancia dada a la comercialización; una división del Centro estará orientada hacia las aplicaciones y se dedicará exclusivamente a la distribución, para asegurar que los productos desarrollados sean mercadeables.

El potencial para desarrollar nuevas fuentes de químicos valiosos derivados de las plantas está inexplorado y sus beneficios inexplorados. Las plantas son fuentes conocidas de medicinas, insecticidas, herbicidas y otras sustancias útiles; impulsar nuevas industrias y cosechas basadas en extractos de

plantas y residuos de extracción, proveerá oportunidades de expansión industrial y agrícola que beneficiará a granjeros, consumidores e industriales en nuestro país.

El desarrollo de nuevas cosechas y productos de plantas logrará:

1. Proveer agentes insecticidas (pesticidas) que cumplan con las normas de protección y conservación de otras especies vegetales y animales según los estándares del Ministerio del Medio Ambiente.
2. Tratar enfermedades tropicales con nuevos productos (drogas) para los consumidores actuales y potenciales.
3. Diversificar y aumentar la eficiencia de la producción agrícola.
4. Mejorar el suelo como medio fundamental para las cosechas y productos nuevos según sus formas de uso.
5. Brindar a los agricultores más estabilidad en el campo económico para el sostenimiento de las cosechas nuevas y actuales.
6. Mejorar la agroindustria colombiana, además de proveer los medios para el nacimiento de nuevas industrias.
7. Generar nuevas oportunidades de empleo.
8. Brindar a la industria nacional diferentes opciones de materia prima para la elaboración de productos.

Se evidencia, entonces, un interés en el potencial de las sustancias encontradas en las plantas superiores para generar prototipos (farmacéuticos y agroquímicos). Hasta ahora los esfuerzos para asimilar el potencial de los productos naturales derivados de las plantas

han estado restringidos a programas de investigación centrados en escenarios académicos. Varios factores convergentes están provocando un renacimiento en la investigación de los productos naturales relacionados con las plantas superiores pues ellas representan una extraordinaria fuente de nuevos agentes bioactivos que deben ser examinados. Algunos de estos factores son: los adelantos en tecnología de bioprospección, separación, comprensión de rutas bioquímicas, fisiológicas y en tecnologías de determinación de estructura; la revolución de la biotecnología y el éxito histórico de este modelo; la pérdida de diversidad biológica, química, de practicantes de medicina tradicional y la competencia mundial.

Los esfuerzos para desarrollar nuevos y efectivos agentes farmacéuticos tradicionalmente dependen de: la síntesis de análogos; la derivación de agentes existentes; uso de terapias combinadas con otras drogas; búsqueda y descubrimiento de nuevos modelos de agentes farmacéuticos; y del mejoramiento de métodos de liberación de agentes existentes hacia los objetivos deseados (target).

Por lo tanto, se presenta una urgente necesidad de perfeccionar el uso de los agentes que proporcionan información de manera eficaz. Es indispensable desarrollar prototipos totalmente nuevos que no compartan las mismas toxicidades y/o resistencias cruzadas. Los productos naturales han sido una gran fuente de prototipos bioactivos y es esencial que la búsqueda para nuevas drogas siga este enfoque.

La mayor ventaja de esta estrategia es la probabilidad de identi-

ficar nuevos prototipos con estructuras químicas diferentes y que además posean mecanismos de acción con baja toxicidad similar. Claramente se demuestra que las plantas superiores representan una extraordinaria fuente de nuevos agentes bioactivos que deben ser examinados.

Los elementos fundamentales de un programa de descubrimiento de drogas son la bioprospección y el bioensayo que se utilizan para descubrir sustancias con la actividad biológica deseada. El protocolo de bioprospección-bioensayo seleccionado para el descubrimiento de nuevas drogas debe reunir una variedad de requisitos como estar bajo un estricto control de costos, cumplir con el criterio esperado de facilidad de funcionamiento y demostrar especificidad y biosensibilidad. Otro requisito importante del bioensayo es su habilidad de servir como una guía durante la fase dirigida de purificación de agentes que muestren actividad, lo cual es especialmente cierto en el descubrimiento de sustancias de fuentes naturales, dado que es probable que estos materiales estén presentes en concentraciones muy bajas en mezclas muy complejas, sólo una combinación de procedimientos provee criterios exigentes que sirven como templates para la actividad biológica. La selección y abastecimiento de nuevas fuentes de productos naturales así como la capacidad para lograr buena purificación en los bioensayos dirigidos y la elucidación de la estructura, junto con los procedimientos del bioensayo primario forman parte de estos requisitos. La actividad inicialmente descubierta debe confirmarse en ensayos secundarios y terciarios que ayudarán a definir el

potencial de la sustancia para su utilidad clínica y finalmente, un portafolio de información sobre la sustancia debe presentarse para hacer un juicio sobre su potencial de desarrollo exitoso como bio-principio clínicamente útil. Por ejemplo, debe conocerse su toxicidad general, farmacocinética, mecanismo de acción, desarrollo analógico, etc. Basado en estas consideraciones, el Centro Nacional para el Desarrollo de Productos Naturales, debe formular un programa innovador de colaboración multidisciplinaria que investigue, descubra y desarrolle nuevos prototipos farmacéuticos y agentes agroquímicos de las plantas superiores.

El hilo común de todos los esfuerzos de investigación del Centro es la identificación y el desarrollo comercial de sustancias derivadas de plantas que tienen una actividad biológica selectiva. Los esfuerzos del Centro enfatizan dos áreas ampliamente definidas: mejorar la salud humana y aumentar la productividad agrícola, siendo la diferencia entre estas dos áreas la utilización de bioensayos específicos para identificar materiales potenciales. Se emplean bioensayos que definan actividad útil para el tratamiento de enfermedades con el fin de encontrar prototipos farmacéuticos; bioensayos que midan actividades de reducción de tensión biológica o medio ambiental en plantas alimenticias; o se utilizan animales para identificar materiales con posible utilidad en el aumento de la productividad pecuaria. Las estrategias que se deberán seguir en el proceso de descubrimiento y comercialización de principios activos farmacéuticos se clasifican en las siguientes etapas:

ETAPA 1. Valuación previa. Se debe realizar un sondeo para definir los segmentos del mercado (necesidades terapéuticas), determinar el mercado potencial para los productos, establecer posibles canales para la comercialización de diferentes clases de productos, etc. Las evaluaciones adicionales se presentan con cada fase en el desarrollo del producto.

ETAPA 2. Identificación de plantas con actividad biológica. Cuando las plantas forman parte de una especie, llegan a generar una actividad biológica específica identificada entre otros por:

- Evaluación de Géneros y Familias en forma ordenada,
- Bases de información «data» (e.g., NAPRALERT, USDA, EBL Banco de datos, DIALOGAN, etc.),
- Énfasis en los Programas Nacionales de investigación según las practicas tradicionales

ETAPA 3. Recolección de material de la planta. Este material será recolectado en un trabajo de campo por Centros Botánicos, laboratorios y/o grupos de investigación a lo largo del país.

ETAPA 4. Identificación exhaustiva de la planta y determinación de la especie. Es importante la clasificación taxonómica de las plantas para evitar que sean identificadas y utilizadas de manera inadecuada.

Esta función será realizada por taxónomos.

ETAPA 5. Elaboración de extractos vegetales. Para la preparación de extractos de las plantas se podrán realizar procedimientos normales de laboratorio.

ETAPA 6. Análisis y evaluación de los extractos. A través de convenios con laboratorios o centros de investigación, se debe llevar a cabo ensayos biológicos estandarizados utilizando macromoléculas y organismos intactos in vitro.

ETAPA 7. Recopilación de volumen, extracto, fraccionamiento y purificación. Cuando una especie específica de plantas ha desarrollado actividad biológica se debe pasar a la recolección en volumen y extracción a gran escala. Luego, se fraccionan los extractos y se purifican los principios activos caracterizando químicamente. Una evaluación biológica de todos los fragmentos es el resultado del fraccionamiento y su correspondiente purificación; si persiste actividad biológica, estos se deben aislar y purificar de aquellos constituyentes químicos que poseen.

ETAPA 8. Identificación de los principios activos. Cada principio activo purificado biológicamente tiene una estructura química que se determina con espectroscopia especializada, cristalografía por rayos X y medios químicos.

ETAPA 9. Determinación de la farmacología de los principios activos y su toxicidad preliminar. Con el uso de ensayos biológicos in-vivo e in-vitro (ensayos secundarios y terciarios) se puede evaluar la actividad biológica y la toxicidad de los principios activos químicamente puros. De esta manera, se obtendrá para cada nuevo compuesto, su actividad biológica según su espectro; además, la medición de su potencia. En algunas ocasiones el ensayo in-vivo muestra la eficacia del agente y su desarrollo potencial.

ETAPA 10. Establecimiento de la relación estructura-actividad. Si se desea obtener una molécula con menos efectos colaterales y mayor eficacia, se recomienda utilizar el principio activo como guía para su desarrollo. Los departamentos de desarrollo de modelos moleculares son indispensables para este tipo de análisis ya que su labor es determinar la eficacia y toxicidad de los compuestos primarios modificados químicamente.

ETAPA 11. Evaluación para el desarrollo comercial. Previo a la toma de la decisión de desarrollo comercial se debe realizar un portafolio de información específica del prototipo. En esta etapa, se desarrolla un estudio de mercado específico del mismo.

ETAPA 12. Desempeño en ensayos de campo. Se deben realizar cumpliendo las normas legales de las respectivas dependencias gubernamentales en cada zona o departamento donde sean aplicadas. Posteriormente, se debe escoger una institución especializada que se encargará del desarrollo del producto y los ensayos de campo.

ETAPA 13. Comercialización. La comercialización es sin lugar a dudas una de las etapas más importantes del desarrollo de un producto. Un nuevo producto puesto en el mercado para aumentar la productividad agrícola y/o para tratar una enfermedad, siempre ejerce un impacto en el retorno monetario de quien se ocupa de su producción y distribución, implicando un completo estudio de factibilidad financiera.

ETAPA 14. Evaluación. Permanentemente se deben realizar estudios agronómicos con el propósito de definir condiciones óptimas de crecimiento, de esta manera los compuestos químicos de la planta aumentarán su rendimiento, optimizando las cosechas y elevando los niveles de rendimiento económico.

* Para aquellas plantas que poseen actividad biológica de extrema utilidad, se hace indispensable repetir los pasos 2 y 6. De esta manera se ahorrarán esfuerzos en purificación y fraccionamiento de los compuestos a los que no se les puede verificar actividad alguna. Este paso será clave para evitar fallas al desarrollar más fármacos. Se deben desarrollar campañas con el ánimo de interesar más al sector privado para que lleve a cabo programas de investigación y desarrollo en productos naturales de plantas superiores con el fin de sustituir de esta manera productos de origen químico.

Con los avances en bioensayos, separación y tecnologías de elucidación de estructuras se pueden descubrir e identificar rápidamente en la planta sustancias con actividad potencial. La sensibilidad de los bioensayos de rutina actualmente utilizados para nuevos prototipos de menos de 1 mg/ml, hacen posible detectar sustancias presentes a concentraciones de 0.001% o menos del peso seco de la planta.

En conclusión, cualquier sistema para la producción de un producto natural derivado de plantas debe considerar ciertos criterios. Debe ser económico, sustentable, fiable y de bajo impacto medioambiental.

Es decir, se debe descubrir y desarrollar una fuente superior del producto natural que contenga un rendimiento alto del agente, un sistema de producción eficaz, una óptima cosecha, tecnología apropiada de procesamiento y un sistema de extracción y purificación

económicamente eficiente que minimice los costos de producción.

Para el desarrollo de una fuente sustentable, económica y fiable, la alternativa apropiada puede ser la producción de plantas cultivadas con este fin específico. Para esto, hay dos estrategias:

1. Traer a cultivo la fuente reconocida para producción de una determinada droga y
2. Evaluar y seleccionar variedades actualmente cultivadas como precursoras de drogas. La estrategia uno se ve afectada por todos los problemas asociados con la introducción de una nueva planta a cultivos tecnificados, proceso que ha tenido éxito solo con tres mil especies de las casi quinientas mil que existen en el mundo para ser establecidas como tal. Sin embargo, con los actuales avances de comprensión agronómica y biológica de las plantas, es factible traer a cultivo industrial especies vegetales precursoras de fármacos, lo cual se puede perfilar como futura estrategia para mantener una fuente fiable de producción de drogas. Pero la necesidad de recuperar la inversión hecha durante la etapa de desarrollo impactará negativamente la factibilidad económica para mantener una fuente confiable en la producción del fármaco. En contraste, la estrategia dos de selección de variedades cultivadas actualmente para la producción de droga, presenta varias ventajas: un sistema de cultivos industriales sólidamente establecido, uniformidad de las plantas cultivadas y origen genético conocido. Finalmente, el cultivo proporcionará densidades



Fotografía: Diego Miguel Garcés

altas en situaciones definidas que reducirán significativamente los costos de transporte y recolección de las mismas. Sin embargo, la mayor ventaja de esta estrategia es su flexibilidad y sensibilidad para producir los principios activos específicos.

Este sistema puede establecerse rápidamente y de manera fiable para iniciar la producción de una droga. Una vez establecido el cultivo, puede asumirse que este proporciona droga a un rendimiento aislado de 0.03% w/w del peso de la biomasa.

Así, para producir 20 Kg de droga y cumplir las necesidades de comercialización, será necesario colectar y

procesar aproximadamente 70.000 Kg de biomasa. Si sólo se recolectaran 10 gr. de biomasa seca por planta, sería necesario obtenerla de siete millones de plantas y si éste se planta a un metro de distancia a través de doce espacios de tres centímetros (4.500 plantas por fanegada), entonces menos de mil seiscientos fanegadas proporcionarían la cantidad exigida de biomasa para satisfacer las necesidades clínicas. Este balance de producción es fácilmente cumplido en un periodo relativamente corto de tiempo.

El análisis cuidadoso del problema de suministro de cantidades suficientes de un fármaco derivado de plantas, que satisfaga las necesidades clínicas, demuestra que con investigación adicional, implicarían una modesta inversión factible en países como el nuestro y nos permitiría establecer una bio-farma-industria con suficientes ventajas competitivas para incursionar en los mercados globales en el próximo milenio.&

BIBLIOGRAFÍA

- Escobar, Arturo y Pedrosa, A. *Pacífico ¿Desarrollo o Diversidad?* CEREC, Santafé de Bogotá, 1996.
- Brundtland, G. H. "Global Change and Our Common Future". Environment, Vol. 31, pag. 16 - 20, 40 - 43, 1989.
- Costanza, R. "Ecological Economics" Columbia Press, New York, 1991.
- Dally, H. E. *Ecological Physical Chemistry*. Elsevier, Amsterdam, 1991.
- Mc. Neill, I. "Strategies for Sustainable Development Scientific American". Vol. 261, 3. 1989.
- Takayam, A. "Mathematical Economics". Cambridge University Press, New York, 1985.
- Science, "Genome Issues", Vol. 247 y 275, 1996 y 1997.