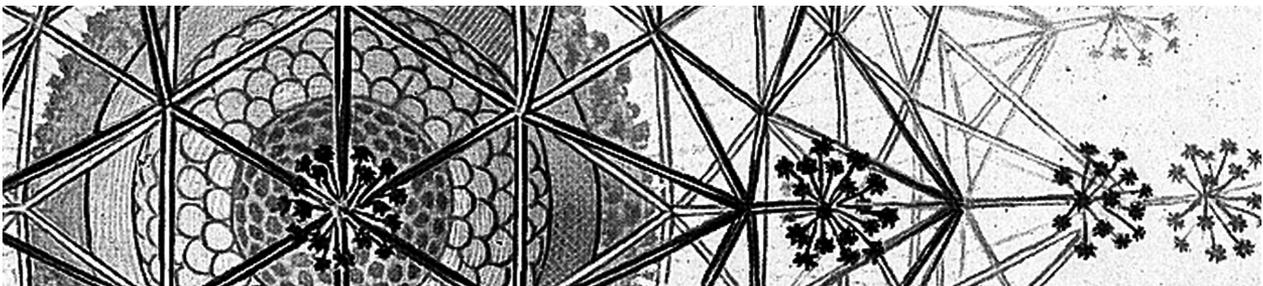




# Del Big Bang al Antropoceno

El andar de una naturaleza  
con derechos

Elizabeth Bravo Velásquez



## **LA NATURALEZA CON DERECHOS**

Del Big Bang al Antropoceno: el andar de una naturaleza con derechos

Instituto de Estudios Ecologistas del Tercer Mundo

### **Autora:**

Elizabeth Bravo Velásquez

### **Corrección de estilo y edición:**

Ivonne Yáñez

### **Diseño y diagramación:**

Manthra • Info@manthra.net

### **Foto de portada:**

Amonita. (Moluscos fósiles que poblaron los océanos de todo el planeta desde hace 350 millones de años hasta hace 64 millones de años)



### **INSTITUTO DE ESTUDIOS ECOLOGISTAS DEL TERCER MUNDO**

Alejandro de Valdez N 24-33 y La Gasca

Telefax.: (593 2) 3210411

info@estudiosecologistas.org

www.estudiosecologistas.org

Quito-Ecuador



### **EDITORIAL ABYA-YALA**

Av. 12 de Octubre N22-24 y Wilson,

Universidad Salesiana, Bloque A

Telf.: (593 2) 2506255 / 3962900 Ext. 2638

Fax: (593 2) 2506267

www.abayala.org

editorial@abayala.org.

Quito-Ecuador

Abril, 2013

## CONTENIDOS

<b>PREFACIO</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
Un acercamiento al antropoceno.....	9
La naturaleza y sus derechos .....	11
Los procesos evolutivos.....	12
La naturaleza tiene derecho a su restauración .....	12
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>LA DESTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO Y LA ERA ATÓMICA</b> .....	15
La física cuántica.....	16
Una mosca y una catedral: el átomo y su estructura.....	18
La energía nuclear.....	19
Peligros de la energía nuclear.....	20
Las armas nucleares .....	27
Pruebas nucleares .....	34
El problema de la minería de uranio .....	38
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>LA REORGANIZACIÓN DE LOS ÁTOMOS Y LA NANOTECNOLOGÍA</b> .....	41
¿Qué es la nanotecnología?.....	42
Las nanopartículas están por todas partes.....	44
Toxicidad de las nanopartículas.....	45
Aplicaciones militares de la nanotecnología .....	52
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>MOLÉCULAS DE VIDA Y MOLÉCULAS DE MUERTE</b> .....	55
Estructura y funciones de las moléculas.....	56
La química orgánica de síntesis .....	57
La petroquímica y los derivados de petróleo.....	59
Los plaguicidas: las moléculas de la muerte .....	61
Los herbicidas nacieron con la guerra: el caso del 2,4-D.....	62
El glifosato y su impacto en las interacciones ecológicas .....	68
Los dos metabolismos.....	69
Metabolitos secundarios en animales y plantas .....	71
Interés industrial de los metabolitos secundarios.....	72
Metabolitos, bioprospección y la mercantilización de la vida .....	73
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>LAS BIOMOLÉCULAS Y LOS MONOCULTIVOS</b> .....	77
Los carbohidratos.....	78
Los polisacáridos .....	81
Los lípidos .....	85

## **CAPÍTULO 5**

<b>PROTEÍNAS Y ÁCIDOS NUCLEICOS. LOS MOTORES DE LA VIDA.....</b>	<b>89</b>
La proteína.....	89
Los ácidos nucleicos.....	91
El ADN es la única molécula capaz de replicarse .....	92
La edición del ARN y su papel en la evolución.....	93
Los transposones y retrogenes .....	94
La epigenética.....	95
Las mutaciones.....	96
Los priones .....	100

## **CAPÍTULO 6**

<b>ADN: DE MOLÉCULA DE LA VIDA A MATERIA PRIMA PARA LA INDUSTRIA .....</b>	<b>105</b>
¿Qué son los transgénicos? .....	109
Creación de una construcción genética .....	110
Los cultivos BT, con resistencia a herbicidas y sus peligros .....	111

## **CAPÍTULO 7**

<b>LOS PROCESOS EVOLUTIVOS.....</b>	<b>115</b>
Los grandes hitos de la evolución .....	116
Biología sintética: de los transgénicos a la vida artificial .....	116
El origen de las bacterias .....	120
Evolución de los eucariontes.....	122
El origen de la diferenciación celular .....	124
Los virus .....	126
La guerra, los gérmenes y las enfermedades .....	130
Bacterias fijadoras de nitrógeno .....	132
Los hongos micorrizas .....	135

## **CAPÍTULO 8**

<b>LA HIDROSFERA: DONDE SE ORIGINÓ LA VIDA.....</b>	<b>139</b>
El ciclo hídrico .....	139
Los orígenes del agua.....	140
La vida se originó en el mar.....	141
Algunos ecosistemas marinos importantes .....	145
Ecosistemas marino – costeros en el Ecuador .....	151
Los cuerpos de agua dulce.....	156
Uso del agua en la agricultura a gran escala.....	161
La hidroelectricidad y el acceso al agua .....	164

## **CAPÍTULO 9**

<b>LA GEÓSFERA: LAS ENTRAÑAS DE LA NATURALEZA.....</b>	<b>167</b>
Nuestra tierra primitiva.....	168
El origen de los continentes.....	170
La minera o la penetración en las entrañas del planeta .....	171
Impactos de las actividades petroleras.....	173
La geoingeniería y la conquista de la corteza terrestre .....	176

<b>CAPÍTULO 10</b>	
<b>LA RIZÓSFERA Y LA VIDA EN EL SUELO</b> .....	179
La descomposición .....	181
La mineralización .....	184
El ciclo de nutrientes.....	186
El ciclo del nitrógeno .....	186
El ciclo del azufre .....	187
El ciclo del fósforo .....	188
Fertilizantes sintéticos .....	190
Antibióticos en la agricultura.....	192
Geoingeniería a través del biochar .....	195

<b>CAPÍTULO 11</b>	
<b>NUUESTRO HOGAR LLAMADO BIÓSFERA</b> .....	197
La ocupación humana de la biósfera .....	199
Los grandes biomas del planeta y los peligros que enfrentan .....	201
El problema de la deforestación .....	214
Biodiversidad e historia geológica del neotrópico.....	215
El Ecuador y su biodiversidad .....	216
Las áreas protegidas y la privatización de la biósfera .....	218
La súper urbanización, un atentado a la biósfera.....	220
La agroindustria: otra amenaza a la biósfera.....	222

<b>CAPÍTULO 12</b>	
<b>ESA GASEOSA CAPA LLAMADA ATMÓSFERA</b> .....	227
La estructura de la atmósfera.....	228
Las funciones de la atmósfera.....	230
La atmósfera y la regulación del clima.....	232
Los organismos del aire.....	236
El aire y el sonido .....	238
Los grandes cambios climáticos planetarios.....	241
Dos impactos del cambio climático en la biodiversidad.....	243
El mercado de carbono, la privatización de la atmósfera .....	246
Otras formas de contaminación atmosférica .....	248

<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>255</b>
--------------------------	------------

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Los casos de Chernóbil y Fukushima .....	22
Tabla 2: Extracción de uranio en el mundo.....	38
Tabla 3: Principales empresas de minería de uranio.....	38
Tabla 4: Metabolitos secundarios más explotados por la industria .....	72
Tabla 5: Comparación entre los preceptos de la genética tradicional y los nuevos descubrimientos.....	106
Tabla 6: Algunas enfermedades y sus gérmenes.....	132
Tabla 7: Temperaturas de la Tierra .....	168
Tabla 8: La biodiversidad hoy.....	199
Tabla 9: Bosques en la superficie terrestre .....	215
Tabla 10: Ecosistemas afectados por la expansión de la soya.....	223





## PREFACIO

La Constitución del Ecuador celebra “a la naturaleza, la Pacha Mama, de la que somos parte y que es vital para nuestra existencia” y se decide construir “una nueva forma de convivencia ciudadana, en diversidad y armonía con la naturaleza, para alcanzar el buen vivir, el *sumak kawsay*” (Preámbulo. Constitución del Ecuador).

La Pachamama, a la que hace referencia la Constitución de 2008, no puede ser equiparada con la idea de “naturaleza humanizada” – sobre todo en lo relativo a la dimensión instrumental. Al respecto, el jurista argentino Zaffaroni (2011) propone

“concebir a la naturaleza como una totalidad a la que estaríamos ligados internamente, es decir permaneciendo el hombre dentro de ella y sujeto a las relaciones de reciprocidad que la misma demanda. Establece una forma de relacionamiento entre la sociedad y la naturaleza. Es la que todo lo da, pero como permanecemos en su interior como parte de ella, exige reciprocidad”.

Posteriormente, en el Capítulo VII del Título II de la Constitución del Ecuador, se reconoce a la naturaleza como sujeto con derechos. Esto marca un antes y un después en derecho constitucional a nivel mundial pues, con este reconocimiento, la naturaleza deja de ser “un bien, disponible por parte de los dueños que la han parcelado, y a la que hay que extraerla hasta la última gota de vida, de tierra fértil, de agua, de minerales, de seres vivos que abriga” (Ávila, 2012).

El artículo 71 de la Constitución ecuatoriana dice:

“La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”.

Es decir una forma de relacionamiento armónico entre sociedad y naturaleza. Puesto que la Pachamama contiene e integra a los seres humanos, lo expuesto anteriormente debe ser el punto de partida que necesariamente supone la inclusión de las sociedades humanas en el tratamiento de los derechos de la naturaleza. En este sentido y con esta premisa, en el presente libro daremos una visión de los derechos de la naturaleza desde las ciencias de la vida y de la tierra. Su carácter divulgativo mantiene la rigurosidad científica con se abordan los problemas ambientales que afectan a nuestro planeta, y su relación con los derechos que la naturaleza tiene, reconocidos en la Constitución del Ecuador.





## INTRODUCCIÓN

### UN ACERCAMIENTO AL ANTROPOCENO

*Creo que una hoja de hierba no es menos  
/que el camino recorrido por las estrellas,  
Walt Whitman*

Hace algunos años, un amigo del pueblo Ashaninka de Perú me decía que la necesidad de reconocimiento de derechos surge cuando el bien protegido está en peligro. Es así también que surge el reconocimiento de los derechos la naturaleza; ante la necesidad de proteger su estructura, funciones, ciclos biológicos y procesos evolutivos, frente a la destrucción que causan las sociedades humanas.

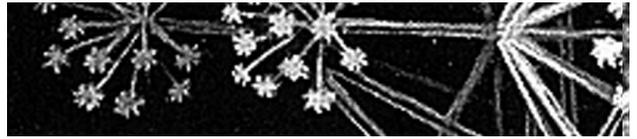
Los cambios que los humanos han producido en la naturaleza son tan profundos, que se dice que estamos frente a una nueva era: el antropoceno. Este concepto fue presentado por primera vez por Crutzen y Stoermer (2000). Ramón Fernández Durán desarrolla más estos postulados y estipula que:

El siglo XX inaugura pues un momento decisivo, e irrepetible, en la historia no solo de la especie humana, sino del planeta Tierra. El hecho de que a finales del pasado siglo el sistema urbano-agro-industrial mundial derrochara casi 100.000 veces la energía consumida por los seres humanos a principios del neolítico ha sido determinante en el advenimiento de esta tremenda singularidad histórica". [...] En definitiva, en los siglos XIX y XX se pensaba que la biósfera era un espacio inagotable, pero bruscamente estamos constatando que hemos superado ya su biocapacidad, al tiempo que degradábamos el entorno ecológico y geofísico de manera brutal (Fernández Durán, 2010: 5).

El antropoceno es un proceso que viene de la mano con el sistema capitalista y que se sustenta en la exfoliación colonial por parte de unos países sobre los recursos naturales de otros (Alimonda, 2012), y sustentado en una ciencia que ha posibilitado esta exfoliación.

En 1995, la sociedad urbano-agro-industrial movilizó 104 mil millones de toneladas de energía y materiales, incluyendo biomasa, rocas y minerales. Superando con creces lo que moviliza la naturaleza a través de sus ciclos bio-geo-químicos (24 veces de más de cobre, 12 veces más de plomo u 8,5 veces más de molibdeno) (Azar et al, 1996).

También en círculos oficiales, como en el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), existe preocupación por los niveles de extracción que tienen las sociedades humanas. El CDB señala que en 1961 la humanidad usaba la mitad de la biocapacidad del planeta. En 2001, usó 1,2 veces esa biocapacidad. Es decir que



a inicios del nuevo milenio ya teníamos un "déficit ecológico" de 0,2 planetas. Para el Centro sobre la Resiliencia de la Universidad de Estocolmo (CRUE), hemos llegado a estos niveles por la expansión de la civilización urbano-agro-industrial hasta los rincones más apartados del Planeta (citado en Ruiz, 2012). En 2009, el CRUE y un grupo de 28 científicos identificaron nueve barreras planetarias solamente bajo las cuales el modelo urbano-agro-industrial podría continuar garantizando la vida a las generaciones futuras. Ellos sostienen que si se pasa estas barreras se podrían generar cambios ambientales abruptos o irreversibles. Estas fronteras son:

1. La pérdida de la capa de ozono estratosférica
2. La extinción de las especies y la erosión de la biodiversidad
3. La contaminación química (como metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes, materiales radioactivos)
4. El cambio climático
5. La acidificación de los océanos
6. El sobre consumo y cambios en ciclo hidrológico del agua dulce
7. Los cambios en el uso de la tierra (sobre todo para la agroindustria)
8. La acumulación de nitrógeno y fósforo en la biósfera y los océanos
9. La carga de contaminantes en forma de aerosoles, partículas en suspensión, gotas, gases, polvo y humo

Ellos sostienen que ya hemos sobrepasado las tres primeras barreras, superando la capacidad de resiliencia del planeta, y nos estamos acercando peligrosamente a las otras fronteras<sup>1</sup> Lo más grave sería la pérdida de biodiversidad.

Las principales formas de degradación de la naturaleza podrían también agruparse de la siguiente manera:

- Agotamiento de la biodiversidad, de los recursos pesqueros, madera, agua limpia
- Destrucción de la capacidad de regeneración de los ciclos biofísicos
- Contaminación de diversos tipos: química, electromagnética, biológica y genética
- Transformación de los ecosistemas en otras formas de uso

---

1 Más información sobre estas fronteras puede encontrarse en: <http://www.stockholmresilience.org/21/research/research-programmes/planetary-boundaries/planetary-boundaries/about-the-research/quantitative-evolution-of-boundaries.html> Página visitada el 3 de febrero de 2013.



## LA NATURALEZA Y SUS DERECHOS

El artículo 71 de la Constitución del Ecuador señala que los derechos de la naturaleza incluyen el mantenimiento de su estructura y funciones, y el respeto de sus ciclos evolutivos y procesos biológicos. Lo que se consagró en la Constitución del Ecuador fue por lo tanto, el derecho que tiene la naturaleza a que se mantenga su orden (estructura), la forma como éste orden trabaja (sus funciones) y el resultado de ese trabajo que se refleja en los ciclos biológicos y los procesos evolutivos. Estos aspectos están relacionados entre sí, porque al cambiar la estructura de algún componente de la naturaleza, se alteran sus funciones, lo que puede tener efectos tanto en los procesos evolutivos como en los ciclos biológicos.

El orden de la naturaleza (estructura) puede ser analizado partiendo de su forma de organización más micro, como son los átomos, las moléculas que conforman; los seres vivos organizados en poblaciones, las comunidades biológicas a las que pertenecen y los ecosistemas que los albergan. Otra forma de comprender la estructura de la naturaleza es tomar como base al planeta y sus diferentes capas: empezando por la más interna, la geosfera (o litosfera), la cubierta de agua (hidrosfera), la biosfera donde se desarrolla la vida terrestre, la rizosfera o la vida en el suelo y la atmósfera.

Sea cual fuera la unidad de análisis, en cada una de ellas hay una naturaleza en funcionamiento. El estudio de las funciones de la naturaleza incluye el estudio de su funcionamiento desde el nivel atómico hasta el nivel cósmico, pasando por el mundo químico, bioquímico y biológico. Muchas de las funciones de la naturaleza tienen lugar a través de ciclos, como es el ciclo del agua y del carbono, sin los cuales no habría vida en el planeta; y otros, como los ciclos biogeoquímicos a partir de los cuales los elementos minerales se hacen disponibles para los seres vivos por intermediación de microorganismos, generalmente bacterias especializadas (por ejemplo el ciclo del nitrógeno o del fósforo). Hay ciclos muchos más complejos como es la sucesión ecológica que tienen lugar a lo largo de muchos años y que producen transformaciones profundas en los ecosistemas. Hay transformaciones que se dan a mucho más largo plazo; estos son los procesos evolutivos a través de los cuales surgen nuevas especies, nuevos procesos fisiológicos, nuevos ciclos biológicos.

Casi todos los ciclos biológicos se inician con la energía solar; esta es la base de la vida en el Planeta. A través del proceso de la fotosíntesis los vegetales (llamados en ecología "organismos productores") elaboran la materia y energía que sirve de base alimenticia para los organismos consumidores (animales, humanos, hongos). Casi toda la vida en la Tierra depende del ciclo del Carbono, es decir



de la fotosíntesis<sup>2</sup>, y a través del ciclo de alimentos, todos los organismos vivos interactúan entre sí, y con el medio. Por lo tanto, desde la perspectiva del Sumak Kawsay, debemos un cuidado a toda la cadena de la vida que participa en el mantenimiento de los ciclos biológicos y su regeneración.

## LOS PROCESOS EVOLUTIVOS

A lo largo del siglo XX prevaleció la noción darwinista / malthusiana que sostiene que la evolución está determinada por la mano invisible de la “selección natural” y la “sobrevivencia de los más aptos”. Esta teoría, más tarde recreada bajo un neo-darwinismo que establece el matrimonio entre la genética de Mendel, como base de la herencia biológica, con la teoría de la evolución de Darwin, marcó el camino que seguirían las ciencias de la vida y las disciplinas relacionadas como la agricultura, antropología y la medicina en el siglo XX, hasta el presente.

Esta síntesis moderna dice que las mutaciones genéticas aleatorias son la principal fuente de variabilidad, y que estas mutaciones pueden ser positivas (o adaptativas) y por lo mismo “seleccionadas” (es decir le otorgan a su portador la capacidad de dejar descendencia fértil, de transmitir sus genes a las siguientes generaciones), o pueden ser negativas y, por lo mismo, eliminadas por la selección natural.

El neodarwinismo establece que un carácter está controlado por un gen que le confiere a un organismo una ventaja (o desventaja) adaptativa, y explica así cada uno de los caracteres en un organismo. Los neodarwinistas más extremos plantean la teoría del “gen egoísta” según la cual, los genes están en constante competencia para poder transmitirse a las futuras generaciones. De esta forma se explicaría el proceso evolutivo, y bajo esta visión se han desarrollado tecnologías como la medicina alopática, el uso de agrotóxicos para la agricultura, los organismos genéticamente modificados, y otras nuevas tecnologías que manipulan la vida.

Los nuevos descubrimientos de la biología evolutiva contradicen estas teorías y cuestionan el sesgo ideológico que promueve la competencia y la lucha por la supervivencia como mecanismo central de la evolución de las especies.

## LA NATURALEZA TIENE DERECHO A SU RESTAURACIÓN

Aunque creamos que conocemos muchos sobre el funcionamiento de la naturaleza y sus ciclos, los nuevos descubrimientos e interpretaciones de la biología

2 Hay algunas excepciones. Este es el caso de los organismos quimiosintéticos (generalmente bacterias muy primitivas) que usan la energía química de ciertos compuestos como los sulfitos. Sin embargo, varios de estos viven en simbiosis con otros organismos.



evolutivo, de la ecología y de la ecología genética, los nuevos paradigmas que surgieron a partir de la física cuántica nos demuestran que no es así. Sin embargo, la tecnociencia está ampliando sus fronteras de exploración y explotación de la naturaleza y abriendo puertas de las que no sabemos si tendremos retorno. Por ejemplo, con la ingeniería genética, la nano-biotecnología y otras técnicas modernas, se está alterando la estructura del ADN, que es la primera molécula capaz de autoreplicarse y considerada como la molécula que más información puede transmitir (no en vano de ella depende la variabilidad de todas las formas de vida y funciones biológicas). Con fines puramente comerciales se intenta manipular su estructura básica, y convertir una “molécula viva” en una suerte de chip que transmite información.

Lo mismo ocurre a nivel de ecosistemas. La construcción de grandes represas, la explotación de recursos no renovables en zonas cada vez más profundas, la incursión de la geoingeniería a zonas que hasta ahora no han estado al alcance de las sociedades humanas, son algunas de estas nuevas fronteras que se están abriendo.

Esto dificulta el mandato constitucional del Ecuador que establece que, frente a los daños ambientales -que la tecnociencia y la industria ha infringido en contra de la naturaleza- ésta tiene derecho a su restauración (Art. 72).

Si nos enfocamos sólo en la restauración de los ecosistemas, vemos que la ecología convencional sostiene que todos los ecosistemas empiezan con una formación vegetal simple, pionera y avanza de manera progresiva hacia comunidades más complejas o clímax; es decir, a través de la sucesión natural se llega siempre a un ecosistema en equilibrio. De acuerdo a esta concepción, para cumplir con los derechos de la naturaleza, los ecosistemas a protegerse serían aquellos que han llegado al equilibrio, pues son los que estarían cumpliendo plenamente sus funciones, como podrían ser los bosques húmedos tropicales o los arrecifes de coral.

Sin embargo, hay ecosistemas frágiles y muy vulnerables a los cambios del ambiente exterior, o aquellos en los que el equilibrio no es deseable sino más bien la capacidad de elasticidad y adaptabilidad frente a cambios dramáticos periódicos, a los que además se adaptan las sociedades que los habitan. Muchas políticas públicas, a nivel nacional o internacional, se toman sin basarse en estas premisas<sup>3</sup> obteniendo resultados errados, sin entender las dinámicas de estos ecosistemas, ni los conocimientos de las comunidades sobre el manejo del territorio<sup>4</sup> Estos son aspectos en los que debemos profundizar cuando queramos aplicar medidas “científicas” para proteger las funciones de los ecosistemas.

3 Por ejemplo el Convenio de Lucha contra de la Desertificación

4 Ver: BLAIKIE, Piers y BOORKFIELS, Harold. 1987. Land Degradation and Society, Methuen, (Londres).



Otra serie de propuestas para mantener las “funciones ecológicas” y su restauración es buscar soluciones de mercado. Un ejemplo es la creación del concepto de “servicios ambientales” los que pueden ser mercantilizados. La concepción de “servicios ambientales” o “servicios de la naturaleza” reduce el valor de esta última a la utilidad y servidumbre que podría tener para una actividad humana concreta, sin tomar en cuenta su valor ontológico. Por supuesto, en un marco de capitalismo liberal todo servicio es una mercancía y por lo tanto se puede privatizar. Lamentablemente en la Constitución del Ecuador se reconoce que las funciones de la naturaleza pueden ser transformadas en servicios a los que se da el mismo tratamiento que a los recursos naturales no renovables, es decir protegidos y regulados por el Estado, pero pudiendo ser explotados en asociación con las empresas privadas (Art. 74). Lo mismo ocurre con las funciones ecológicas. Podemos añadir que dado que las funciones de la naturaleza<sup>5</sup> son tan vitales para la vida de la gente, este texto constitucional es además violatorio de los derechos humanos.

....

En esta publicación se analizará con profundidad algunos de los aspectos recogidos por la Constitución del Ecuador en relación a los derechos de la naturaleza.

El análisis no se hará manera fragmentada, separando los procesos, funciones o estructuras naturales, sino que se abordará como aspectos que interactúan entre sí. Sólo con fines didácticos, se iniciará el análisis partiendo de sus componentes más pequeños que son los átomos, para pasar luego a las moléculas simples y las biomoléculas. Se analizará como las alteraciones de sus estructuras han producido nuevas funciones, las mismas que han sido puesto al servicio de la industria, con impactos muy graves para la naturaleza y los seres humanos.

Luego se abordará el tema de los procesos evolutivos y miraremos cuáles son las fuerzas que han movido la evolución.

Finalmente pasaremos a mirar a la Tierra. El planeta de la vida desde adentro hacia afuera: sus profundidades (la geósfera), los océanos y ríos (la hidrósfera), la capa fértil (la rizósfera), el espacio donde nosotros como humanos junto con otros miles de millones de seres vivos vivimos (la biósfera), para terminar con la capa exterior (la atmósfera). Veremos cuáles son las principales amenazas que se ciernen sobre cada una de estas regiones del planeta y el avance del antropoceno.

Todo esto a la luz de los derechos de la naturaleza.

---

5 Algunas funciones de la naturaleza son: la fotosíntesis, la capacidad de almacenar agua, de evitar la erosión del suelo, de protección contra huracanes, ciclones o vientos, la polinización, la presencia de principios activos en plantas y micro-organismos, entre otros. Ver: CONTANZA, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature. 387, 253 - 260 (15 Mayo 1997).



## CAPÍTULO 1

### LA DESTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO Y LA ERA ATÓMICA

*Y los físicos estudian la estructura interna del núcleo atómico de una manera muy bruta. Lo bombardean con todas sus fuerzas con partículas subatómicas, destrozan el núcleo en fragmentos y estudian luego los trozos.*

*Isaac Asimov<sup>6</sup>*

#### Art. 15. - CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

“... Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas [...] y nucleares, [...] así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional”.

Desde el fin de la Primera Guerra Mundial hasta la subida de Hitler al poder, a inicios de los años 30, hubo un movimiento científico muy importante en Alemania, que logró congregarse a físicos de distintas partes de Europa. En esos años se gestaron teorías y descubrimientos, sobre todo en torno a la física cuántica, lo que significó una ruptura con teorías anteriores sobre la energía, la materia y el universo. El desarrollo formal de esta teoría, fue obra de los esfuerzos conjuntos de varios físicos y matemáticos de la época como Schrödinger, Heisenberg, Einstein, Dirac, Böhr y Von Neumann, entre otros.

Lamentablemente todas esas ideas científicas innovadoras, con el pasar del tiempo, se funcionalizaron a favor del aparato militar-industrial. Muchos de estos físicos migraron a Estados Unidos durante la década del 30 y sus esfuerzos se volcaron al desarrollo de, por ejemplo, armas nucleares como la bomba atómica y la bomba de hidrógeno.

En 1938, en los albores de la Segunda Guerra Mundial, el científico de origen danés y ganador del Premio Nobel de Física, Niels Böhr, hizo una publicación donde explicaba tempranamente las bases teóricas de la fisión nuclear, en las que posteriormente se basaría gran parte de la industria nuclear. De acuerdo al físico Freeman Dyson (2010), que vivió aquella época, algunos de sus colegas se preguntaron por qué Böhr, siendo tan reconocido entre la comunidad científica



y Nobel de Física, nunca promovió un debate para impedir el desarrollo de la bomba atómica. En aquella época, añade Dyson, había libertad para hablar de esos temas, y nada sobre la fisión nuclear era secreto:

Lo más natural habría sido que la iniciativa (para evitar el desarrollo de armas nucleares) partiera de Böhr y Einstein, porque eran los dos gigantes que tenían autoridad moral para hablar en nombre de la consciencia de la humanidad. Ambos tenían la categoría de personalidades conocidas en el ámbito internacional y estaban por encima de las limitaciones que podían imponer las lealtades nacionales. No eran solo grandes científicos, sino también activistas políticos y sociales. ¿Por qué no actuaron?

Ese mismo año, Robert Oppenheimer publicó su descubrimiento sobre los agujeros negros - descontinuando luego sus investigaciones en este campo- y, una vez en los Estados Unidos, bajo las órdenes del ejército de este país, desarrolló las bombas atómicas usadas en Hiroshima y Nagasaki.

## LA FÍSICA CUÁNTICA

La lógica aristotélica dice, entre otros razonamientos, que

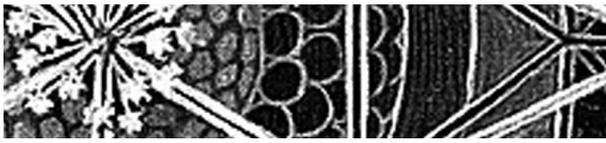
Si  $A \neq B$  y  $B \neq C$   
entonces  $A \neq C$

Aristóteles parte de una ciencia objetiva que estudia conceptos y hace proposiciones, con un razonamiento deductivo categórico, sobre la base de la observación de la realidad. Pero la física cuántica nos dice que por completa que sea nuestra observación del presente, el pasado (no observado) y el futuro (aun por observar) son indefinidos y solo existen como o un espectro de posibilidades. Es decir, el universo no tiene un solo pasado o una realidad e historia únicas.

Esto se puede ilustrar con el fenómeno de la luz. Newton decía que la luz se comporta como si estuviera compuesta por partículas, y que no era una onda; es decir, desde el punto de vista de la lógica deductiva tendíamos que

Si	$luz = partícula$
y	$onda \neq partícula$
Por lo tanto	$la luz no es onda$

Sin embargo, la teoría cuántica sostiene que una partícula con cierta cantidad de movimiento se comporta como una onda. Así, el electrón tiene un comportamiento dual, como onda y como partícula, pues tiene masa y se mueve a velocidades elevadas. La luz, al estar también compuesta por partículas (llamadas fotones), es además una onda.



El principio de incertidumbre de Heisenberg dice que hay límites en nuestra capacidad de medir simultáneamente ciertas magnitudes, por ejemplo la velocidad y la posición de una partícula. Cuando el electrón se comporta como una onda, es difícil conocer en forma simultánea su posición y su velocidad. Por eso solamente existe la probabilidad de encontrar en el átomo un electrón en cierto momento y en una región dada. Cuanto más precisa se pueda medir la velocidad del electrón, más difícil será medir su posición. Según la física cuántica, no podemos predecir con exactitud los procesos físicos, porque no están determinados con certidumbre. A diferencia de la física clásica y el determinismo newtoniano que dice que conociendo la posición y velocidad iniciales de un conjunto de partículas, sería posible predecir con precisión su posterior evolución en el conjunto. La física cuántica sostiene que frente a dos observaciones, pueden haber distintos caminos.

Esto tiene que ver con una concepción espacio-temporal, digamos, la concepción del pasado y el futuro. La teoría cuántica estipula que los procesos físicos se dan mediante el intercambio de ondas, que viajan del pasado hacia el futuro y *vice versa* constantemente.

Otro de los postulados de la física cuántica es que un conjunto de cosas tiene un comportamiento distinto a sus componentes individuales. Un solo átomo de carbono no nos dice nada sobre toda la complejidad de la química orgánica, por ejemplo.

Según el físico británico Stephen Hawking, si queremos tener una comprensión fundamental de la naturaleza, debemos tener una comprensión cuántica de las leyes de la naturaleza. Él señala que hay cuatro fuerzas conocidas:

1. **Gravedad:** es la fuerza más débil pero que actúa de manera activa sobre todos los objetos del universo. Debido a esta fuerza, todos los cuerpos que tienen masa se atraen entre sí.
2. **Electromagnetismo:** es una fuerza de largo alcance, más intensa que la gravedad pero solo actúa sobre partículas con carga eléctrica. Partículas con igual carga se repelen y con carga distinta se atraen. Esta fuerza es dominante a nivel de átomos, pero no de cuerpos grandes porque estos se anulan entre sí. Esta fuerza es la responsable de los fenómenos químicos y trascendente en los procesos biológicos.
3. **Fuerza nuclear débil:** produce radiactividad y juega un papel decisivo en la formación de los elementos en las estrellas y lo fue en el universo primitivo. En nuestra vida cotidiana no estamos en contacto con esta fuerza.
4. **Fuerza nuclear fuerte:** es la que mantiene unidos los protones y neutrones, que a su vez están formados por partículas aun más



pequeñas que son los quarks. Esta es la fuente de energía del sol y de las centrales nucleares.

La física cuántica es un nuevo modelo de la realidad que nos muestra una imagen del universo que podría carecer de significado para nuestra comprensión intuitiva. Nos dice además lo poco que aún se conoce de la naturaleza.

Sin embargo, a pesar del gran desconocimiento que aún se tiene de la naturaleza, los científicos y tecnólogos la manipulan para el servicio de la industria, manipulación cuyos impactos han conducido a la crisis ecológica que hoy vivimos. Un ejemplo de ello es la fisión nuclear.

## UNA MOSCA Y UNA CATEDRAL: EL ÁTOMO Y SU ESTRUCTURA

Hasta principios del siglo XIX, se creía que el átomo era una unidad indivisible. En 1911, el físico neozelandés Rutherford descubrió que el átomo estaba formado por un núcleo central y una corteza. Por su tamaño, él llamó al núcleo "una mosca en una catedral" pero, aunque el núcleo es apenas una billonésima parte de todo el átomo, allí se concentra la masa y la energía del átomo. En el núcleo están protones (partículas con carga positiva) y los neutrones (sin carga eléctrica), que tienen aproximadamente la misma masa. El número de protones en el núcleo es el que determina tanto las propiedades químicas del átomo, como el número atómico.

La corteza atómica, que sería la catedral de Rutherford, ocupa casi todo el volumen de átomo. Ahí se mueven los *electrones* describiendo órbitas circulares alrededor del núcleo. Estos pueden saltar de una órbita a otra, absorbiendo o emitiendo radiación electro-magnética, dependiendo si salta a una órbita interior o exterior.

A pesar de estar formado por partículas subatómicas, el átomo es el ente más pequeño del que se puede obtener materia de forma estable. Sus partículas subatómicas no pueden existir aisladamente salvo en condiciones extremadamente especiales. A su vez, los neutrones y protones están formados por quarks. Estos se asocian en grupos de tres, y se comportan como si estuvieran unidos por goma. Cada quark tiene su anti-quark correspondiente.

## LA FISIÓN NUCLEAR

Es una reacción que tiene lugar por la rotura de un núcleo pesado al ser bombardeado por neutrones a cierta velocidad. El núcleo se separa en fragmentos acompañado de una emisión de radiación, la liberación de 2 o 3 nuevos neutrones y de una gran cantidad de energía que se transforma finalmente en calor.



Los neutrones que escapan de la fisión, al bajar su energía cinética, pueden encontrarse en condiciones de fisiónar otros núcleos pesados, produciendo una Reacción Nuclear en Cadena. Cabe señalar, que los núcleos atómicos utilizados son de Uranio 235. Los reactores nucleares que actualmente operan en el mundo funcionan con fisión nuclear.

## LA FUSIÓN NUCLEAR

La fusión nuclear ocurre cuando se unen dos núcleos atómicos muy livianos, formando un núcleo atómico más pesado con mayor estabilidad. Estos procesos liberan energías tan elevadas que en la actualidad se estudian formas adecuadas para controlar y mantener un confinamiento de las reacciones.

Se usa energía térmica o aceleradores de partículas para aumentar la velocidad de las partículas y así vencer las fuerzas de repulsión electrostáticas generadas al momento de la colisión, necesaria para la fusión.

La fisión y fusión nuclear, alteran la estructura del átomo, y en este proceso, alteran sus funciones.

## LA ENERGÍA NUCLEAR

*Pero oh no se olviden  
De la rosa de la rosa  
De la rosa de Hiroshima  
La rosa hereditaria  
La rosa radioactiva*

*La Rosa de Hiroshima, Vinícius de Moraes*

Una de las aplicaciones de la fisión nuclear es la generación de energía. Cuando el núcleo del átomo se parte, se libera gran cantidad de energía nuclear, en forma de energía calórica y lumínica. Una reacción nuclear es un millar de veces más energética que una reacción química, porque parte de la masa de las partículas involucradas en el proceso.

El proceso se inicia en un reactor nuclear (que se encuentra dentro de un edificio llamado edificio de contención) donde se produce la fisión del núcleo atómico. La energía calórica generada se utiliza para calentar agua y producir vapor cuya



presión acciona turbinas, que están conectadas a un generador eléctrico, que convierte el movimiento circular en energía eléctrica. Gran parte de la energía se pierde en forma de calor.

Aunque el vapor de agua que sale de la turbina ha perdido energía calorífica, se mantiene en estado gaseoso y muy caliente, por lo que hay que enfriarlo antes de volverlo a meter en el circuito. Por esto se lo extrae de las turbinas hacia un depósito donde, al entrar en contacto con tuberías de agua fría, se condensa en agua líquida y mediante una bomba, vuelve al reactor nuclear para repetir el ciclo.

En diciembre de 1951, en Estados Unidos se puso en marcha el primer reactor nuclear experimental. "Hasta el año 2008 existían 438 centrales en funcionamiento repartidos en 31 países. De ellos, casi el 77% se concentran en sólo 10 países que producen poco más del 80% de la energía nuclear. La delantera la llevan los Estados Unidos que cuenta con 104, Francia con 59 y Japón con 54, es decir, que casi la mitad se agrupan en tan sólo tres países"<sup>7</sup>.

## PELIGROS DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Un accidente nuclear puede tener grandes repercusiones en el medio ambiente y en los seres vivos: produce muerte en la población y condena a varias generaciones a mutaciones y malformaciones genéticas, como sucedió en el accidente de Chernóbil y podría suceder en Japón luego del accidente de Fukushima (temas que serán vistos con detalle más adelante).

Otros peligros están relacionados con la minería de uranio y el manejo de desechos nucleares. No existe un tratamiento satisfactorio para los residuos nucleares, los que permanecen radiactivos durante decenas de miles de años y constituyen quizás el mayor problema de la energía nuclear.

Por ejemplo, en el Reino Unido hay la certeza de que existen entre 150 y 250 sitios contaminados con compuestos radiactivos provenientes de fábricas abandonadas o viejas bases militares; sin embargo, esta cifra podría alcanzar los 1.000 lugares contaminados, según un informe de abril de 2012 del Departamento de Energía y Cambio Climático (DECC) (Edward, 2012). Un sitio de mucha preocupación es Sellafield en el noroeste de Inglaterra, que fuera creado durante la II Guerra Mundial para producir TNT. Una vez acabada la guerra, el lugar se transformó en una planta productora de materiales para armas nucleares, especialmente plutonio, producción de energía, combustibles, reprocesamiento, desmantelamiento internacional y transporte internacional. Actualmente es

7 GONZÁLEZ, Adrián. El uranio como moneda de cambio. En: Miradas al Sur. Año 3. Edición número 149. Domingo 27 de marzo de 2011.



operada por la empresa privada pero el propietario es la Nuclear Decommissioning Authority del Reino Unido.

En el complejo de Sellafield, entre 1950 y 2000 se han producido 21 incidentes graves o accidentes con algunos escapes fuera de las instalaciones que merecieron sendas calificaciones en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (un incidente en el nivel 5, cinco en el nivel 4 y quince en el nivel 3). Además, durante los años 50 y 60 hubo períodos prolongados de vertidos de partículas de plutonio y óxido de uranio irradiado, deliberadamente vertidos a la atmósfera. El 19 de abril de 2005, se detectó una filtración de residuos radiactivos a través de una grieta, en una cámara de sumidero que parecía haber empezado ya en agosto de 2004. Esto fue clasificado como un evento de nivel 3 en la Escala Internacional de Sucesos Nucleares (Webb et al., 2006).

Allí se vierten 8 millones de litros de desechos radiactivos cada día en el Mar de Irlanda, donde existen altísimos niveles de contaminación radioactiva. La leucemia infantil es cerca de diez veces más frecuente en esta zona que en el resto del Reino Unido. En dos pequeños pueblos del Estrecho de Menai (norte de Gales), cercanos al complejo nuclear, se han detectado casos de cáncer infantil, en una escala 15 veces mayor que la media británica.

A pesar de los hechos ocurridos en este sitio se sigue ampliando el complejo nuclear. En febrero de 2009, el consorcio NuGeneration (conformado por GDF Suez, Iberdrola y Scottish and Southern Energy), anunció que tenía planes de construir una nueva central nuclear de hasta 3,6GW de capacidad en Sellafield, mientras que el 23 de junio de 2011, el gobierno británico confirmó sus planes de construir un nuevo reactor nuclear en Sellafield, que estaría listo antes de 2025.

Los contaminantes nucleares pueden ser absorbidos por el fito y zooplancton en ecosistemas marinos, y pasar a eslabones más altos de las redes tróficas. Efectos similares se pueden esperar en ecosistemas terrestres. Algunos de estos compuestos radiactivos son el cobalto-60, yodo-131 y cromo-51, plutonio-239 -elemento inexistente en la biósfera, extremadamente química y radiactivamente tóxico- y uranio-238 o empobrecido. Mariola Olcina de Ecologistas en Acción de España, nos dice lo siguiente sobre la contaminación de residuos nucleares y de sustancias radiactivas en el mar:

“... la capacidad de concentración biológica de algunas especies para determinados radionucleidos puede ser también un factor determinante para la contaminación de los niveles tróficos superiores. Por otro lado existen las cadenas acuáticas largas, en las que los radionucleidos se transfieren de plancton a invertebrados, de estos a peces y acaban biomagnificados en las especies marinas predatoras, situadas en lo alto de las cadenas tróficas (atún, pez espada, tiburones, etc.)”.



Las plantas nucleares afectan el mantenimiento y regeneración de los ciclos biológicos, y la continuidad de los procesos evolutivos.

**TABLA 1: LOS CASOS DE CHERNÓBIL Y FUKUSHIMA**

	CHERNÓBIL	FUKUSHIMA
<b>Fecha</b>	26 de abril de 1986	11 de marzo de 2011
<b>Lugar</b>	Ucrania (en ese entonces parte de la URSS)	240 km al noreste de Tokio, Japón
<b>Tipo de reactor</b>	4 reactores del modelo RBMK-1000, con agua como refrigerante y grafito como moderador. Todavía hay en funcionamiento varios reactores nucleares del tipo RBMK.	6 reactores de tipo BWR (Bowling Water Reactor). Se usa el agua como refrigerante y moderador.
<b>Causas</b>	Durante una prueba en la que se simulaba un corte de suministro eléctrico, un aumento súbito de potencia en el reactor 4 produjo el sobrecalentamiento del núcleo del reactor. Esto provocó la explosión del hidrógeno acumulado en su interior.	Un terremoto de gran magnitud produjo la pérdida del suministro eléctrico exterior con el que funciona el sistema de refrigeración de emergencia. Como consecuencia del tsunami, que siguió al terremoto, se produjo una pérdida de un generador a diésel para alimentar eléctricamente dicho sistema de enfriamiento. Fallaron también 4 generadores de emergencia. Esto produjo una fusión del núcleo parcial en los reactores 1, 2 y 3, explosiones de hidrógeno que destruyeron el revestimiento superior de los edificios que albergaban los reactores 1,3 y 4 y una explosión que dañó el tanque de contención en el interior del reactor 2. También se sucedieron múltiples incendios en el reactor 4. Además, las barras de combustible nuclear gastado, almacenadas en las piscinas de desechos de combustible, de las unidades 1-4 comenzaron a sobrecalentarse cuando los niveles de las piscinas bajaron. El reactor 3 empleaba un combustible especialmente peligroso denominado "MOX", formado por una mezcla de óxido de uranio y óxido de plutonio - que la empresa francesa Areva estaba usando experimentalmente en dos centrales nucleares japonesas.



<p><b>Impactos en el ambiente</b></p>	<p>La cantidad de dióxido de uranio, carburo de boro, óxido de europio, erbio, aleaciones de circonio y grafito expulsados, materiales radiactivos y/o tóxicos, cantidad que se estimó fue de unas 500 veces mayor que el liberado por la bomba atómica arrojada en Hiroshima en 1945.</p> <p>Después del desastre, un área de 4 kilómetros cuadrados de pinos en las cercanías del reactor adquirieron un color marrón dorado y murieron, adquiriendo el nombre de "Bosque Rojo".</p> <p>En un radio de unos 20 o 30 kilómetros alrededor del reactor se produjo un aumento de la mortalidad de plantas y animales así como pérdidas en su capacidad reproductiva.</p> <p>En un estudio hecho en 1992-1993 en algunas especies de la zona, se encontró que un kilo de carne de corzo tenía una elevada cantidad de Cesio-137 (cerca de 300.000 becquerelios), posiblemente causado por la caída de agujas de pino contaminadas. Las concentraciones de elementos radiactivos han ido descendiendo desde entonces hasta un valor medio de 30.000 Bq en 1997 y 7.400 en 2000, niveles que siguen siendo peligrosos. En Bielorrusia el límite máximo permitido de cesio radiactivo en un kg de carne de caza es 500 Bq. En Ucrania es de 200 Bq para cualquier tipo de carne. La nube radiactiva se expandió por el norte de Europa, con consecuencias para los cultivos y cría de animales hasta el día de hoy.</p>	<p>El 27 de marzo se detectó en el agua del interior de las instalaciones un nivel de radiación cien mil veces por encima de lo normal, posiblemente procedente de una fuga del reactor número 2. Asimismo los niveles de yodo radiactivo en el agua de mar en las inmediaciones de la central eran 1.850 veces mayores que los que marcan los límites legales. También se detectó plutonio fuera de los reactores, procedente posiblemente del reactor número 3, el único que trabajaba con ese elemento. De acuerdo con la OMS, productos agrícolas y pesqueros cercanos a la zona fueron contaminados con niveles superiores a los límites permitidos. El Gobierno de Japón inició un programa de monitoreo ambiental y de la salud de las poblaciones aledañas por un periodo de 30 años.</p> <p>Pocos días después del accidente se detectó yodo radiactivo en el agua corriente de Tokio, así como altos niveles de radiactividad en leche producida en las proximidades de la central y en espinacas producidas en la vecina Prefectura de Ibaraki.</p> <p>Una grieta en la estructura del reactor empezó a liberar material radiactivo al mar, haciendo que el contenido en yodo radiactivo fuese en algunos momentos en las aguas circundantes de hasta 7,5 millones de veces superior al límite legal y que el cesio estuviese 1,1 millones de veces por encima de esos límites. Los primeros intentos de sellar la grieta con cemento y otros métodos fracasaron. La compañía Tepco vertió al mar 11.500 toneladas de agua contaminada radiactivamente.</p> <p>Resultados de investigaciones recientes efectuadas con mariposas de la zona de Fukushima muestran que han aparecido mutaciones en su estructura, principalmente en patas, ojos, antenas y alas. La muestra se recolectó dos meses después del desastre nuclear, y corresponde a adultos que durante el desastre debieron haber sido larvas.</p>
---------------------------------------	--	---



<p><b>Víctimas directas</b></p>	<p>Muerte de 31 personas. Dos empleados de la planta murieron como consecuencia directa de la explosión esa misma noche y los demás en los tres meses siguientes.</p>	<p>Dos personas desaparecidas y encontradas muertas el 1<sup>o</sup> de abril (aunque se dice que su muerte se produjo por el maremoto y no por la radiación).          23 personas heridas y más de veinte afectadas por la contaminación radiactiva. Entre 70 y 160 expuestos a niveles de radiación por encima de lo previsto.          Al menos 21 operarios pertenecientes al retén que permanecía en Fukushima para intentar controlar los reactores de la planta ya sufrían una aceleración en el ritmo de alteración del ADN por efecto de la radiación.</p>
<p><b>Afectados indirectos</b></p>	<p>Se evacuó a 116.000 personas. Mil personas recibieron grandes dosis de radiación durante el primer día después del accidente, 200.000 personas recibieron alrededor de 100 mSv, 20.000 cerca de 250 mSv y algunos 500 mSv<sup>8</sup>          En total unas 600.000 personas recibieron dosis de radiación por los trabajos de descontaminación posteriores al accidente.          Cinco millones de personas vivieron en áreas contaminadas, de las cuales 400.000 estaban en áreas gravemente contaminadas.          Un informe de Greenpeace de 2006 elaborado por 52 científicos de todo el mundo estima que alrededor de 270.000 casos de cáncer podrían ser atribuibles a la precipitación radiactiva de Chernóbil, de los cuales probablemente alrededor de 93.000 serán mortales. De acuerdo a Greenpeace, hay nuevas cifras más recientes que indican que "solo en Bielorrusia, Rusia y Ucrania el accidente podría ser responsable de 200.000 muertes adicionales en el periodo entre 1990 y 2004"...</p>	<p>200 mil personas desplazadas. Aún no se conoce cuáles serán ni su nivel de afectación en el futuro de la población japonesa que recibió parte de la radiación.</p>



	<p>“Los problemas intestinales, los del corazón y del sistema circulatorio, los respiratorios, los del sistema endocrino, y especialmente los efectos en el sistema inmunológico también causarán muchas muertes”.</p>	
<p><b>Repercusión internacional</b></p>	<p>La catástrofe de Chernóbil afectó gravemente a Bielorrusia, Ucrania y Rusia. Se detectó radiactividad en al menos 13 países de Europa Central y Oriental.</p>	<p>Una semana después del accidente se pudieron detectar en California partículas radiactivas procedentes de Japón, que habían atravesado el Océano Pacífico. Algunos días después se detectó yodo radiactivo en Finlandia. El 27 de abril se detectó un aumento de yodo y cesio en el aire, proveniente del accidente de Fukushima en España y en otros países de Europa según el Consejo de Seguridad Nuclear.</p>
<p><b>Medidas tomadas</b></p>	<p>Después del accidente, se inició un proceso de descontaminación, contención y mitigación que desempeñaron aproximadamente 600.000 personas denominadas “liquidadores” en las zonas circundantes al lugar del accidente y se aisló un área de 30 km de radio alrededor de la central nuclear conocida como Zona de alienación, que sigue aún vigente. Solo una pequeña parte de los liquidadores se vieron expuestos a altos índices de radiactividad. Los trabajos de contención sobre el reactor afectado evitaron una segunda explosión de consecuencias dramáticas que podría haber dejado inhabitable a toda Europa. Tras prolongadas negociaciones con el gobierno ucraniano, la comunidad internacional financió el cierre definitivo de la central, completado en diciembre de 2000<sup>9</sup></p>	<p>Se declaró estado de emergencia nuclear. Se evacuó a la población residente en las zonas adyacentes y se creó un perímetro de seguridad. Se movilizaron las fuerzas armadas para controlar la situación. Se inyectó agua marina y ácido bórico en alguno de los reactores. Se suministró yoduro de potasio a la población para limitar la probabilidad de cáncer de tiroides que podía producirse por la emisión a la atmósfera de yodo radiactivo</p> <p>La central nuclear no podrá volver a ser operativa y será desmantelará.</p>

8 El Siervet es la unidad dentro del Sistema Internacional de Unidades que mide la dosis de radiación absorbida por la materia viva. Se establece que el límite (para trabajadores de emergencias nucleares) es de 100 mSv por radiación acumulada por año.

9 SANTAMARÍA, José. El cierre de Chernóbil no acaba con la pesadilla nuclear. <http://www.inisoc.org/chernobil.htm> Página visitada el 1 de enero de 2013



## ECUADOR ¿BASURERO DE DESECHOS NUCLEARES RUSOS?

Agencia de noticias Tegantai. Lunes, 4 de junio de 2012

El "Convenio entre el gobierno de la República del Ecuador y el gobierno de la Federación de Rusia sobre la Cooperación en la esfera de la Utilización de la Energía Atómica para fines pacíficos", firmado en Moscú en Octubre de 2009, ha empezado a recibir fuertes críticas a pocos días de que el texto fuera difundido por la Comisión de Soberanía, Integración, Relaciones Internacionales y Seguridad Integral. El propósito es que diversos actores del sector público y de la sociedad civil provean de insumos sobre tan delicado y controversial tema como es la energía nuclear.

Esta Comisión es la encargada de elaborar el informe a partir del cual el pleno de la Asamblea puede aprobar o no, en una sola sesión, dicho convenio. Previamente, la Corte Constitucional ya dictaminó que no existe inconstitucionalidad en el convenio texto-siempre y cuando se adecúe su contenido a las normas constitucionales-, así que el paso por la Asamblea es el último requisito para permitir que el convenio de cooperación nuclear con Rusia entre en vigencia o no.

Para Acción Ecológica, presente en la reunión convocada por la comisión legislativa el pasado 30 de mayo, este convenio debe ser cuestionado y revertido pues expone al país a riesgos de contaminación por radiactividad de diversas maneras. "En el texto se abre la posibilidad de minar uranio, construir reactores nucleares, fabricar materiales radioactivos, todas estas actividades que conllevan riesgos gravísimos que no han podido ser debatidos por la total falta de información antes de la firma del mencionado convenio en Moscú", afirma Ivonne Yáñez, de la organización ecologista.

La posible existencia de uranio, y su potencial extracción en el bosque de Puyango, situado entre las provincias de Loja y El Oro, y en la Cordillera de El Cóndor, centro de una extraordinaria biodiversidad y parte del territorio ancestral del Pueblo Shuar, traería impactos irreversibles a estas dos áreas, a más de la exposición a la radiactividad a la que se someterán los trabajadores de la supuesta mina.

"También la posible demanda de enormes y continuas cantidades de agua, principalmente destinada para enfriar los reactores nucleares durante su funcionamiento, podría afectar el derecho constitucional al agua", explica Yáñez.

En un documento publicado por esta organización se señala que entre otros riesgos se encuentran las fugas, los accidentes provocados por sismos u otras causas, la militarización para dar seguridad a las instalaciones y para reprimir a quienes se opongan a esta industria y a la contaminación que genera.



Existen algunos aspectos que resultan aun más preocupantes. Uno de ellos tiene que ver con que el convenio contempla en el artículo 2 “la evacuación del combustible nuclear utilizado de producción rusa”, que convertirá al Ecuador en basurero nuclear al servicio de Rusia, según señala Acción Ecológica.

Hay preocupación en lo que se refiere al manejo de “información clasificada”, como plantea el proyecto, puesto que podría generar el ocultamiento de datos sensibles en casos de accidentes, como ha sucedido en reiteradas ocasiones en temas parecidos.

Las políticas energéticas en los países europeos o Japón, muestran que en la actualidad existe un franco declive de la industria nuclear. Por ejemplo la reversión nuclear en China es evidente, en donde se congeló la construcción de todo reactor atómico, y por ahora la inversión en energías renovables significa 5 veces más que la nuclear.

“Ecuador no puede ser tontamente la excepción en esta corriente mundial. No es posible aceptar la justificación de que la energía nuclear puede tener fines pacíficos, cuando se le declara una guerra a la gente y a la naturaleza”, sentencia Ivonne Yáñez.

## LAS ARMAS NUCLEARES

En 1945 se usaron por primera vez bombas atómicas sobre poblaciones humanas cuando estaba por terminar la II Guerra Mundial. Estados Unidos las lanzó sobre las ciudades de Hiroshima y Nagasaki en Japón.

A su vez, en 1949, la Unión Soviética efectuó su primer ensayo nuclear y en 1952 le siguió Gran Bretaña. Estos sucesos condujeron a que aumentara la preocupación en todo el mundo ante la contaminación radiactiva por el uso de armas nucleares y la intensificación de la carrera de armamentos. Con este panorama, en 1954 Jawaharlal Nehru, entonces Primer Ministro de la India, propuso por primera vez el cese de esos ensayos.

La energía de una explosión nuclear se transfiere al medio que la rodea en tres formas distintas: explosión, radiación térmica, y la radiación nuclear. Para una detonación de baja altitud en la atmósfera con un arma de 1 kilotón<sup>10</sup> (la bomba

10 Un kilotón o kilotonelada (o 1 Gigagramo de acuerdo al Sistema Internacional de Unidades) es una unidad de masa que se usa para medir el potencial destructivo de un arma, sobretodo nuclear; expresa la energía explosiva en toneladas de trinitrotolueno equivalentes. De acuerdo con el Sistema internacional de unidades la forma correcta de referirse a esa cantidad de masa es 1 Gg (un gigagramo).



“Little Boy” explotó en Hiroshima con una energía de 16 kilotones y la de Nagasaki “Fat Man” con 21 kilotones), la energía se distribuye aproximadamente de la siguiente manera<sup>11</sup>:

- 50% como explosión
- 35% en forma de radiación térmica; compuesta de una amplia gama del espectro electromagnético, incluyendo la luz infrarroja, visible y ultravioleta y algunos de rayos X blandos que son emitidos en el momento de la explosión
- 15% como la radiación nuclear, incluyendo 5% como radiación ionizante inicial que consiste principalmente de neutrones y los rayos gamma emitidos en el primer minuto después de la detonación y 10% como radiación nuclear residual que es la que más secuelas deja

Debido a las enormes cantidades de energía liberada, por unidad de masa, en una detonación nuclear, se generan temperaturas de varias decenas de millones de grados centígrados en el área inmediata de la detonación. Los átomos liberan grandes cantidades de energía en forma de radiación electromagnética.

En una detonación atmosférica, esta radiación electromagnética (que consiste principalmente en rayos X blandos), es absorbida por la atmósfera circundante, a pocos metros del punto de detonación, calentándola a temperaturas extremadamente altas lo que da lugar a la formación de una esfera brillante de aire caliente llamada “bola de fuego” donde además hay residuos gaseosos. Inmediatamente después de su formación, la bola de fuego comienza a crecer rápidamente y se levanta como un globo de aire caliente. La expansión rápida inicial de la bola de fuego comprime fuertemente la atmósfera circundante, produciendo una onda de choque de gran alcance. Esta se enfría cuando alcanza su diámetro máximo de expansión, dejando de emitir cantidades significativas de radiación térmica. La combinación del movimiento hacia arriba y el enfriamiento da lugar a la formación del llamado “hongo nuclear”. A medida que la bola de fuego se enfría, los materiales vaporizados en ella se condensan para formar una nube de partículas sólidas.

A raíz de una explosión en el aire, gotas de condensación de agua le dan una apariencia de nebulosa blanca que contiene grandes cantidades de partículas y otros desechos que se vaporizan cuando la bola de fuego toca la superficie de la tierra, o que son absorbidos por las fuertes corrientes ascendentes. Los residuos se contaminan con los radioisótopos generados por la explosión o activados por la radiación de neutrones y la caída a la tierra como lluvia radiactiva. Esto incrementa los niveles de contaminación de la zona. El aire está lleno de

11 FEDERATION ON AMERICAN SCIENTIST. <http://www.fas.org/nuke/intro/nuke/effects.htm>  
Página visitada el 3 de febrero de 2013.



estas partículas que pueden ser ingeridas, respiradas o depositadas en la piel de todos los supervivientes. Si en la zona de la explosión llueve, estos lugares reciben una especial dosis de contaminación, llamándoles puntos calientes de contaminación.

En la bomba de 16 kilotones lanzada en Hiroshima, la temperatura del interior en el momento de la detonación fue de un millón de grados centígrados. Un segundo después, la bola de fuego había llegado a su máximo diámetro de 280 metros. El intenso calor emitido por esa bola de fuego elevó las temperaturas de la superficie del hipocentro entre 3000°C y 4000°C.

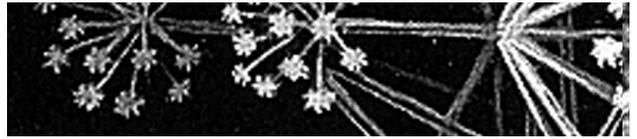
En el epicentro de la explosión (conocida como Zona Cero o área de aniquilación total) la mortalidad es del 100%. Ahí el efecto conjunto es tan brutal, que no puede quedar nada en pie. solo un cráter que puede llegar a medir 100 metros de profundidad y 390 metros de ancho, con un total de 12 millones de toneladas de tierra desplazadas

Las personas expuestas a los rayos de calor sufrieron quemaduras graves. Las personas expuestas directamente a estos rayos de calor en un radio de 1,2 kilómetros del hipocentro sufrieron quemaduras graves, su piel se convirtió en carbón y fueron afectados sus órganos internos. Casi todas las personas quemadas de esta manera murieron instantáneamente o a los pocos días.

Pero, los daños no deben medirse por separado, sino que en muchos casos actúan en sinergia; es decir que un daño potencia a otro, por eso son las armas más destructivas que existen. La radiación disminuye las defensas del organismo y agudiza la posibilidad de infección en las heridas causadas por la explosión.

Gran parte de la energía generada por las reacciones nucleares se emite en forma de radiaciones penetrantes de alta frecuencia extremas, llamadas radiaciones ionizantes, muy peligrosas para el cuerpo, impacten donde impacten. Las radiaciones ionizantes tienen la energía suficiente para ionizar la materia, extrayendo los electrones de sus estados ligados al átomo. Las bombas de Hiroshima y Nagasaki mataron a todos los seres vivos en un diámetro de 15 km. Muchos de los sobrevivientes murieron a las pocas semanas del ataque porque perdieron su capacidad de defensa y regeneración celular quedando expuestos a enfermedades e infecciones. Una o dos semanas más tarde entraron en la fase aguda: diarreas, pérdida de cabello y hemorragias intestinales. Durante estas semanas las víctimas o murieron o se recuperaron pero con distintos tipos de traumas. Se calcula que para finales de 1945 habrían muerto unas diez mil personas en Hiroshima por efecto de la bomba.

En el momento de la detonación, el calor expandió al aire generando una gran onda de choque (onda expansiva). La onda expansiva es una elevación brusca



de la presión atmosférica producida por la liberación de energía en la bomba. Esta onda al penetrar en un cuerpo, somete a las vísceras corporales a una elevada sobrepresión y a un violento desplazamiento. Esto provoca la rotura de la superficie de materiales densos, como la pared gastrointestinal. Los vasos sanguíneos estallan, originando graves hemorragias internas. Por otra parte, el paso de la onda expansiva hace que los tejidos se muevan a diferente velocidad según su densidad, lo que causa daños severos.

A 500 metros del hipocentro de la detonación, la presión atmosférica por metro cuadrado era de 19 toneladas, que es el peso aproximado de 15 automóviles. Esta presión es suficientemente poderosa para derrumbar casi cualquier estructura. Las personas quedaron enterradas en los edificios colapsados.

El oscurecimiento radioactivo (blackout) es otro de los efectos colaterales de la radiación ionizante. Los rayos gamma emitidos en una detonación nuclear ionizan todo el aire en kilómetros a la redonda. La ionización inicial se transforma en la onda termocinética, pero tras la destrucción inicial sigue quedando un volumen de aire remanente altamente ionizado y excitado. En estas áreas de alta ionización del aire se desarticula o impide la circulación de ondas electromagnéticas (radar, microondas, radio y otras) e infrarrojas. Como consecuencia, los sistemas de teledetección y telecomunicaciones radiales resultan inoperativos.

Las bombas que maximizan la emisión de rayos gamma se las llama bombas blackout. Esta propiedad ha sido aprovechada por la estrategia militar nuclear para crear áreas oscuras antes de un ataque real, para impedir la interceptación de los misiles o cegar a la nación atacada. Este efecto puede durar unas pocas horas o varias semanas.

A pesar de lo colosal de los efectos primarios, hay otros daños secundarios que también ocasionan enormes daños en un ataque nuclear, conocidos también como efectos retardados e incluyen:

- Efectos sobre el clima y el medio ambiente
- Daño generalizado a infraestructuras básicas para el sustento humano



## EL USO DE URANIO EMPOBRECIDO EN LA GUERRA DE IRAK

El uranio empobrecido es un subproducto obtenido de la producción del combustible y usado en reactores nucleares y armas bélicas.

Desde 1977 la industria militar norteamericana emplea uranio empobrecido para revestir munición convencional (artillería, tanques y aviones), para proteger sus propios tanques, como contrapeso en aviones y misiles Tomahawk, y como componente de aparatos de navegación.

Ello se debe a que el uranio empobrecido tiene unas características que lo hacen muy atractivo para la tecnología militar: en primer lugar, es extremadamente denso y pesado (1 cm<sup>3</sup>, pesa casi 19 gramos), de tal manera que los proyectiles con cabeza de uranio empobrecido pueden perforar el acero blindado de vehículos militares y edificios; en segundo lugar, es un material pirofórico espontáneo, es decir, se inflama al alcanzar su objetivo, generando tanto calor que provoca su explosión.

Después de más de 50 años de producción de armas atómicas y de energía nuclear, Estados Unidos tiene almacenadas 500.000 toneladas de uranio empobrecido, según datos oficiales. El uranio empobrecido es también radiactivo y tiene una vida media de 4,5 mil millones de años. Por ello, estos desechos han de ser almacenados de forma segura durante un período de tiempo indefinido, un procedimiento extremadamente caro. Para ahorrar dinero y vaciar sus depósitos, los Departamentos de Defensa y de Energía de Estados Unidos lo cede gratuitamente a las empresas de armamentos.

Tras la primera Guerra del Golfo, investigaciones epidemiológicas han permitido asociar la contaminación ambiental debida al empleo de este tipo de armas con la aparición de nuevas enfermedades de muy difícil diagnóstico (inmunodeficiencias graves, por ejemplo) y el aumento espectacular de malformaciones congénitas y cáncer, tanto en la población iraquí como entre varios miles de veteranos norteamericanos y británicos y en sus hijos, cuadro clínico conocido como Síndrome de la Guerra del Golfo.

FUENTE: Oilwatch. 2003. GUERRA Y PETRÓLEO. La guerra petrolera en Irak.

Muchos de los estudios sobre los impactos de las armas nucleares se han centrado en los seres humanos por la magnitud de sus impactos; pero recordemos que son armas de destrucción masiva y los impactos en la naturaleza son también gigantescos.



La Federación de Científicos Americanos señala que una detonación nuclear crea graves impactos en el ambiente. Estos impactos son provocados por el pulso térmico, los neutrones, X y rayos gamma, la radiación, impulso electromagnético (EMP) y la ionización de la atmósfera superior.

De acuerdo a Greenpeace<sup>12</sup> la producción de armas nucleares ha contaminado una gran cantidad de suelos y el agua en cientos de instalaciones bélicas nucleares en todo el mundo. Muchas de las sustancias liberadas, incluyendo el plutonio, el uranio, estroncio, cesio, benceno, mercurio, cianuro entre otros, son cancerígenos o mutagénicos, y siguen siendo peligrosos durante miles, algunos cientos de miles de años. Por ejemplo, deben pasar 250.000 años para que el plutonio se convierta en plomo.

En su informe del año 2006, Greenpeace añade que solo en Estados Unidos se había gastado unos 44.000 millones de dólares en la producción de armas nucleares desde 1996, pero su "limpieza" podría costar más de US\$ 300 mil millones hasta el año 2070, e incluso entonces se necesitará un monitoreo y manejo de los sitios contaminados a largo plazo. Es por eso que se está promoviendo el entierro de los materiales radiactivos como la "solución" a la "eliminación" de residuos radiactivos. El entierro de estos materiales radiactivos no aseguran una contención sin riesgos y su aislamiento del ambiente. No existe una solución al problema de los residuos radiactivos, ni existen tecnologías que pueden limpiar la radiación.

Las armas nucleares son la manifestación máxima de cómo se han usado las leyes de la naturaleza con el único propósito de causar destrucción. Se ha estudiado a profundidad la estructura del átomo, se lo ha bombardeado y dividido, para producir destrucción y muerte. La aplicación de las armas nucleares viola todos los componentes de los derechos de la naturaleza.

## EL TRÁFICO DE RESIDUOS NUCLEARES

Raúl Sohr, Nacion.cl. Viernes, 12 de noviembre de 2010

Decenas de miles de franceses y alemanes bloquearon un tren con desechos nucleares. El propósito de los manifestantes era señalar su oposición al paso del ferrocarril que transportó, la semana pasada, 123 toneladas de residuos radiactivos. El material originado por las centrales nucleares alemanas es

12 GREENPEACE. <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/peace/abolish-nuclear-weapons/the-damage/> Página visitada el 3 de febrero de 2013.



llevado a Francia para ser procesado en la planta de Hague y luego es devuelto a su país de origen e instalado en la vieja mina de sal en Gorleben. El traslado de los materiales altamente tóxicos comenzó en 1995 y desde entonces han pasado once convoyes. Pero nunca la protesta fue tan masiva como en esta oportunidad. Claro que, en última instancia, tanto los activistas como las autoridades tenían el mayor interés en que la peligrosa carga llegara a su destino sin mayores sobresaltos. Pese al encapsulamiento de los contenedores con los desechos, estos siempre emiten algo de radiactividad. Por ello la policía alemana, encargada de proteger los vagones y camiones que hacen los traslados, ha dispuesto una rotación de los agentes para que ninguno permanezca demasiado tiempo próximo a ellos.

La amplitud de las protestas se debió a la decisión del gobierno alemán de extender en un promedio de doce años la vida útil de los reactores existentes. La Canciller Angela Merkel revirtió la decisión adoptada por el gobierno de Gerhard Schröder, conformado por una alianza entre la socialdemocracia y el Partido Verde, que decretaba el cierre de todas las plantas nucleares para el año 2022. Con la actual prórroga, que mantendrá activos algunos reactores hasta 2040, se generarán 17 mil 200 toneladas de elementos altamente tóxicos.

También el actual gobierno terminó con la moratoria a las investigaciones para convertir a Gorleben en el depósito permanente para los residuos nucleares. En muestras tomadas en este lugar se han detectado altos niveles de humedad, con la consiguiente corrosión. Incluso hay científicos que no descartan la probabilidad de inundaciones.

Qué hacer con los residuos es un verdadero talón de Aquiles de la industria nuclear. En Alemania se utilizó como primer lugar de almacenamiento el depósito de Asse, pero allí se produjeron filtraciones de agua. Ello representa un peligro para la napa freática, por lo que es necesario sacar 126 mil barriles para llevarlos a otro lugar. Todos los países que cuentan con energía nuclear han debido invertir miles de millones de dólares en la construcción de emplazamientos para almacenar los restos nucleares. Este enorme costo adicional, de tratamiento y almacenamiento de material tóxico que en algunos casos permanece activo por miles de años, no es considerado en las cuentas presentadas por la industria nuclear cuando realiza los cálculos sobre la rentabilidad de su producción eléctrica.

El transporte de materiales radiactivos es un tema crítico que produce fricciones internacionales. Chile objetó con energía el paso de buques por el extremo sur del país. Los navíos cargaban elementos altamente radiactivos entre Europa y Japón. Estos embarques utilizaron incluso el Canal de Panamá para llevar la peligrosa carga. La Armada chilena llegó, en una oportunidad, a interpelar en forma directa y en alta mar al capitán del buque carguero. Es



probable que las protestas del gobierno y la acción naval disuadieran nuevos embarques. Además de los riesgos de accidentes que existen, incluso pese a las grandes precauciones, siempre está presente el temor a la proliferación. Si estos materiales cayesen en manos de organizaciones terroristas, permitirían la fabricación de lo que se conoce como “bombas sucias”. No son armas atómicas, pero los desechos radiactivos detonados junto con explosivos convencionales pueden provocar grandes daños y un pánico masivo. Por ello no faltan quienes piensan que lo más seguro es simplemente prescindir de estos elementos.

## PRUEBAS NUCLEARES

Una prueba o ensayo nuclear es la detonación de un artefacto nuclear con fines experimentales (para determinar el rendimiento de un arma, los efectos destructivos de la misma, etc.) o para el desarrollo de armamento nuclear, entre otros propósitos.

A continuación hacemos un listado de las principales pruebas nucleares que se han realizado en el mundo. Mucha de la información alrededor de este asunto es de carácter clasificado, por lo que seguramente hay muchas pruebas de las cuales no se conoce o son ocultadas.

- Entre el 16 de julio de 1945 y el 23 de septiembre de 1992 Estados Unidos llevó a cabo un total de 1.054 pruebas nucleares y dos ataques nucleares contra Japón. La mayor parte tuvo lugar en el Emplazamiento de Pruebas de Nevada y en las Islas Marshall, Alaska, Colorado, Mississippi y Nuevo México.
- La Unión Soviética realizó entre 715 y 969 detonaciones, la mayor parte en Semipalatinsk y en Novaya Zemlya, y en varios otros sitios en Rusia, Kazajstán, Turkmenistán y Ucrania.
- Francia ha efectuado 210 detonaciones, principalmente en Reggane y Ekker en Argelia, y en Fangataufa y Mururoa en la Polinesia francesa.
- Gran Bretaña realizó 45 explosiones nucleares, de las cuales 21 fueron en territorio australiano, incluyendo nueve en el sur de Australia, en Maralinga y Emu Field, además de detonaciones realizadas conjuntamente con Estados Unidos.
- China realizó 45 detonaciones: 23 atmosféricas y 22 subterráneas, todas ellas efectuadas en Lop Nur, en Malan, Xinjiang.
- Corea del Norte supuestamente ha realizado 2 pruebas subterráneas en su territorio nacional.
- India ha efectuado 5 o 6 detonaciones, en Pokhran.
- Pakistán, realizó entre 3 y 6 detonaciones, en Chagai Hills.



Muchas pruebas nucleares se han hecho en Oceanía, en las colonias de los países con “poder nuclear”. En las islas Marshall, el Atolón Bikini-de unos 6 km<sup>2</sup> de superficie-estuvo habitado hasta 1946, cuando la población fue reubicada en el Atolón Rongerik, para convertirlo en uno de los Territorios de Prueba del Océano Pacífico. Ahí se han probado más de 20 bombas atómicas y de hidrógeno entre 1946 y 1958. A finales de los años 60 y principios de los años 70, algunos de los pobladores originales trataron de retornar desde las Islas Kili, pero fueron evacuados por los altos niveles de radiactividad. El 31 de julio de 2010, la UNESCO inscribió al atolón de Bikini como el primer Patrimonio de la Humanidad de las Islas Marshall.

Mururoa es uno de los atolones de las islas Tuamotu, en la Polinesia Francesa. Administrativamente depende de la comuna de Tureia, pero fue cedido por la Asamblea Territorial al Centro de Experimentación del Pacífico, junto con el atolón Fangataufa, para hacer pruebas nucleares. Desde 1966 hasta 1974 se realizaron 41 pruebas nucleares atmosféricas, y 137 pruebas subterráneas hasta 1995. La última campaña de ensayos, antes de la firma del tratado de prohibición total de ensayos nucleares, provocó una serie de protestas internacionales y de boicots, sobre todo de países del Pacífico y de organizaciones internacionales. Los ensayos fueron abandonados definitivamente el 1996 y substituidos por simulaciones en laboratorio. En la actualidad, el ejército francés tiene un dispositivo de vigilancia de la evolución geológica y radiológica del atolón.

## LAS PRUEBAS NUCLEARES ESTADOUNIDENSES

Luego de la segunda guerra mundial y en el marco de la guerra fría se continuaron con las pruebas nucleares.

Estados Unidos, al inicio prefería realizar ensayo en el Pacífico Sur pero, cuando los costes aumentaron, decidió permanecer en su propio país. Se destacó a un total de 380.000 personas para observar las bombas y el efecto de la radiación. Muchas de ellas enfermaron de cáncer.

Al contrario de Robert Oppenheimer, padre de la bomba atómica, quien tras los horrores de Hiroshima y Nagasaki había hecho revisión de su postura, el físico Edward Teller<sup>13</sup> seguía siendo un entusiasta partidario de la bomba lanzada en 1946 en el Atolón de Bikini, *su hija* como la consideraba él. Con una bomba de hidrógeno hasta se consiguió hundir la isla de Elugelab, que formaba parte del atolón de Bikini.

13 Durante la guerra fría, Teller atestiguó en contra de Oppenheimer, lo que hizo que este perdiera todos sus privilegios y su prestigio.



Por su tamaño, Nevada, casi todo cubierto por desierto, es el séptimo estado de Estados Unidos. Con unos 3 millones de habitantes, su densidad de población media es de tan solo 8 personas por km<sup>2</sup>. La mayoría de gente vive en ciudades como Las Vegas y Reno. Desde finales de la década de 1940, Nevada se ha convertido -junto con el Pacífico Sur- en el emplazamiento más importante para la realización de ensayos atómicos. Ahí, el 16 de julio de 1945, se probó la primera bomba atómica de la historia bajo el nombre de prueba Trinity. Se trataba de una bomba de plutonio desarrollada en los laboratorios de Los Álamos, de idéntico tipo a la que se lanzó sobre Nagasaki el 9 de agosto de aquel mismo año. Hasta 1992, en Nevada se realizaron más de 900 ensayos tanto en superficie como subterráneos; la zona de las montañas Yucca, a unos 160 km al noroeste de Las Vegas, es uno de los mayores depósitos de residuos radioactivos del país.

La bomba de uranio que se lanzó sobre Hiroshima el 6 de agosto de 1945 no necesitó ningún ensayo pues, al contrario de la bomba de plutonio, los especialistas la consideraban segura. Tampoco se disponía de la suficiente cantidad de uranio como para fabricar una segunda bomba. Por eso, el lanzamiento sobre Hiroshima se consideró entre los círculos militares estadounidenses, como el segundo ensayo atómico de la historia, ensayo que costó casi 250.000 vidas. El director militar del proyecto, el general Leslie Groves, se mostró impresionado con Trinity. "La guerra ha terminado. Una o dos de "esas cosas" y Japón está eliminado", dijo.

La carga explosiva del ensayo Trinity se montó sobre un andamio de 30 metros de altura para hacerla detonar. Los visitantes y espectadores llevaban gafas de sol y se habían untado con abundante crema solar para protegerse del deslumbrante rayo luminoso que se les había anunciado. La explosión entusiasmó sobremanera a los espectadores que se encontraban a una distancia de 15 km; vieron un hongo atómico de casi 12 m de alto y el destello de una explosión que se podía ver a 300 km de distancia. La bomba, con una fuerza explosiva de unas 20 kilotoneladas (o kilotonnes) de trinitrotolueno (TNT<sup>14</sup>) equivalentes, fundió el suelo de arena en torno a la torre, convirtiéndolo en una costra cristalina y la propia torre dejó de existir, pues en su lugar se abrió un agujero de 3 m de profundidad y 300 m de ancho. Sin embargo, los resultados de ese primer ensayo permanecieron bajo secreto militar y la opinión pública no se enteró de nada.

A su vez, la primera bomba atómica estadounidense que detonó en el Pacífico Sur fue "Able", lanzada desde un avión el 30 de junio de 1946 y que explotara sobre el atolón de Bikini, en las islas Marshall. Able tenía una energía explosiva de 23 kilotonnes e inició una serie de ensayos atómicos que se extenderían a lo largo

14 El trinitrotolueno (TNT) es un compuesto químico cuya fórmula es  $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$  y se lo utiliza como material explosivo. El TNT también tiene aplicaciones civiles, ya que es relativamente seguro y solo se puede provocar su detonación con algún fulminante. El rendimiento explosivo del TNT es usado como referencia de la medida estándar de la potencia de una bomba y de otros explosivos.



de los siguientes doce años, en el curso de los cuales se hizo explotar un total de 23 bombas atómicas y 67 cargas nucleares.

A parte de los daños irreparables que produjo en la isla, esta bomba de 1946 inició la guerra fría entre Estados Unidos y la Unión Soviética. Comenzó por ambas partes una carrera armamentística que no concluiría hasta la caída del Muro de Berlín en 1989; mientras perduró, puso al mundo al borde de la catástrofe nuclear en varias ocasiones.

El ejército de Estados Unidos había elegido las islas Marshall para sus experimentos porque se encontraban lo suficientemente lejos y no querían desencadenar protestas entre la población en su país. La llegada de militares, científicos y expertos a estas islas se asemejó a una invasión. Se desplazaron cerca de 42.000 personas que querían estudiar de cerca y con *tranquilidad* el nuevo invento, que hasta el momento solo se había empleado dos veces.

Debido a que tanto el gobierno como la prensa exigían una perfecta documentación, en torno al atolón se colocaron más de 600 cámaras. Se hizo volar incluso aviones no tripulados en el interior del hongo atómico. Durante los doce años se mantuvo a unos 5.000 animales, entre cabras, cerdos y ratas, en barcos anclados ante la isla. Se quería ver cómo se pulverizaban, carbonizaban, calcinaban, se partían en pedazos o se consumían con horribles padecimientos, para comprobar el efecto del "hijo" del físico Edward Teller (1908-2003). El eslogan empleado para justificar los ensayos fue: For the good of mankind ("por el bien de la humanidad").

Durante los años siguientes, los ensayos atómicos, documentados con extraordinario detalle, se realizaban siempre que el viento soplara hacia el oeste, para impedir que el polvillo radioactivo fuera impelido hacia Las Vegas o Los Ángeles. No obstante, con el curso de los años, se formaron los llamados *hot spots* o lugares sobrecargados radiactivamente por todo Estados Unidos, alcanzando incluso Nueva York. Uno de los lugares que más ha sufrido con las explosiones y sus consecuencias es la ciudad mormona de St. George, en el estado de Utah. Muchas personas dan testimonios de que siendo niños veían rayos y hongos atómicos elevándose en el cielo y que muchos de sus compañeros enfermaron de leucemia. Cuando el gobierno se dio cuenta, de que había una relación directa entre las muertes por cáncer y los ensayos atómicos, fue demasiado tarde. Desde 1988 el gobierno ofrece 50.000 dólares estadounidenses por cada uno de los muertos de cáncer; una suma que muchos ciudadanos rechazan por considerarla un precio de sangre.

Aunque la Comisión para la Energía Atómica había prescrito 11 km como la distancia mínima del lugar de las explosiones, los soldados estacionados en Nevada se encontraban casi siempre a no más de 3 km de distancia. Las autoridades militares eligieron la distancia más corta o enviaron a los soldados luego de 45



minutos al centro de la explosión para “endurecerlos” de cara a los daños atómicos. 380 mil soldados se vieron obligados a formar parte de los ensayo y muchos murieron de cáncer.

FUENTE: [http://www.portalplanetasedna.com.ar/ensayos\\_bombas.htm](http://www.portalplanetasedna.com.ar/ensayos_bombas.htm)

## EL PROBLEMA DE LA MINERÍA DE URANIO

La principal materia prima de la industria nuclear es el uranio, que es extraído de minas ubicadas en países tales como Kazajstán, Canadá, Australia, Rusia, Níger, Namibia, Rusia, República Democrática del Congo, Uzbekistán, Malawi, Sudáfrica, Brasil, Estados Unidos, Ucrania, India y China. En los 4 últimos, las operaciones están en manos estatales.

PAÍS	% del total mundial
Kazajstán	36
Canadá	17
Australia	11
Níger	9
Namibia	7
Rusia	6

FUENTE: World Uranium Mining (2011)

En el año 2011, había ocho empresas mineras que controlaban el 85% de la extracción mundial de uranio.

EMPRESA	País de origen	% del comercio mundial
KazAtomProm (estatal)	Kazajstán	17
Areva	Francia	16
Cameco	Canadá	16
ARMZ – Uranium One	Rusia	13
Rio Tinto	Reino Unido/Australia	8
BHP Billinton	Australia	6
Navoi	Uzbekistán	5
Paladin	Australia	4

Fuente: World Uranium Mining (2011)



El uranio es un elemento químico de origen natural que tiene varios isótopos<sup>15</sup>. El uranio-234 ( $U^{234}$ ) es el isótopo natural. Los otros son de origen antropogénico, incluyendo el  $U^{238}$ ,  $U^{235}$ , el  $U^{233}$  y  $U^{232}$ . Estos dos últimos son los más peligrosos desde el punto de vista toxicológico. Los isótopos de uranio se degradan por emisiones alfa. El  $U^{238}$  se degrada en 16 progenies radiactivas, incluyendo el  $U^{234}$  hasta llegar al Plomo 206 ( $Pb^{206}$ ), que es estable; mientras que el  $U^{235}$  se degrada en 13 progenies radiactivas hasta llegar al Plomo 207 ( $Pb^{207}$ ) que es también estable.

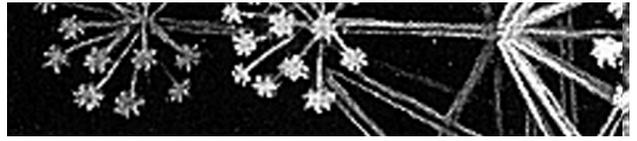
De cada gramo de uranio natural, el 99,285% de la masa es  $U^{238}$  que no puede ser usado en un reactor nuclear; el 0,71% es  $U^{235}$  que es el que se utiliza para la generación de energía y el restante 0,005% es  $U^{234}$ . Las plantas nucleares usan uranio enriquecido, que es aquel al que se le ha alterado la proporción al 4-5% de isótopo  $U^{235}$ , mientras que para hacer bombas con uranio como materia prima hay que enriquecerlo al 90%.

En las minas de uranio los peligros radiológicos se deben principalmente a la presencia de radionucleidos en suspensión, consistentes en el radón y sus productos descendientes de corto período como son el  $Po^{218}$ ,  $Po^{214}$ ,  $Pb^{214}$  y  $Bi^{214}$ . El radón ( $Rn^{222}$ ) es un gas inerte que entra y sale fácilmente de los pulmones con acumulación mínima en el aparato circulatorio. En cambio sus descendientes son sólidos y pueden adherirse a las partículas de polvo suspendido en el aire. Si son inhalados, se depositan con preferencia en las vías respiratorias, produciendo daños en la salud de los trabajadores mineros cuya gravedad va a depender del tamaño de la partícula, de la concentración en el aire inhalado y del tiempo de exposición. Hay estudios epidemiológicos que muestran elevados casos de cáncer pulmonar entre los trabajadores de las minas de uranio. J.U. Ahmed, miembro de la Sección de Seguridad Radiológica de la Organización Internacional de Energía Atómica identifica los siguientes problemas potenciales en las minas de uranio<sup>16</sup>:

“La radiactividad presente en la atmósfera de una mina contiene radionucleidos de período largo proveniente de las familias del  $U^{238}$  y  $U^{235}$ . Desde el punto de vista de la contaminación interna, revisten importancia el  $U^{238}$ ,  $U^{234}$ ,  $Th^{226}$ ,  $Ra^{226}$  y  $Po^{210}$ . Las operaciones mineras tales como perforaciones y explosiones de barrenos producen la suspensión en el aire de polvo que contienen estos nucleidos de período largo, en la mayoría de los minerales se encuentran cercanos al equilibrio. Los peligros de irradiación externa en las minas de uranio se deben a las radiaciones beta y gamma emitidas por los

15 Un isótopo es un átomo de un mismo elemento químico pero cuyo núcleo tiene una cantidad distinta de neutrones lo que lo hace tener una masa atómica diferente. La mayor parte de los elementos químicos que tienen más de un isótopo que suele ser estable. El uranio tiene isótopos que van decayendo por lo que son radioactivos.

16 AHMED, J.U. OIEA. BOLETIN, VOL. 23, No. 2 . [www.iaea.org/Publications/Magazines/.../23204842932\\_es.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Magazines/.../23204842932_es.pdf)



cuerpos mineralizados. Los niveles de radiación externa en la mayoría de las minas son generalmente bajos y no crean problemas importantes. En las minas en las que la ley del mineral es relativamente alta, la radiación externa representa un peligro apreciable.

En las plantas de tratamiento de uranio, el radón y sus descendientes presentan por lo común solo un pequeño peligro de inhalación, en comparación con los minerales y polvos de uranio, aunque se pueden encontrar concentraciones de radón importantes cerca de las tolvas de depósito y de los circuitos de trituración y de molido. Las operaciones de trituración y de molido, así como las de preparación del producto final, son actividades caracterizadas por el desprendimiento de polvos. En las etapas iniciales de trituración y de molido, los radionucleidos de período largo tienden a conservarse en equilibrio, aunque éste se perturba en las operaciones siguientes. En las fases de precipitación y obtención, las soluciones y los sólidos que se manipulan son ricos en uranio, de manera que la radiactividad suspendida en el aire se debe predominantemente a dichos elementos. En las zonas de tratamiento de colas de radionucleidos presentes en el aire son principalmente el  $\text{Th}^{230}$ ,  $\text{Ra}^{226}$  y el polonio”.

Ahmed añade que la exposición a las radiaciones externas beta y gamma de los trabajadores, en las plantas de tratamiento de uranio, es comparable a la que sufren los trabajadores en las minas de uranio, aunque pueden ser superiores en algunos lugares y adquieren una significación especial en las fases finales de precipitación, filtrado, envase del concentrado y almacenamiento, pues a medida que se acumulan sus descendientes, aumenta la actividad de las radiaciones beta y gamma. Los desechos radiactivos, tanto líquidos como sólidos, son otro origen de riesgos de irradiación, tanto en las minas como en las plantas de tratamiento de uranio. El uranio puede afectar el funcionamiento de órganos como el riñón, cerebro, hígado, corazón y otros porque, además de ser radiactivo, es un metal altamente tóxico incluso en pequeñas cantidades. Tanto los iones de uranio  $\text{UO}^{2+}$ , como los del trióxido de uranio o de nitrato de uranio y de uranio, pueden producir malformaciones genéticas y daños al sistema inmunitario como se ha visto en animales de laboratorio.

En definitiva, el uranio y su prole radiactiva constituyen una seria amenaza para la salud de las poblaciones asentadas en regiones próximas a las explotaciones mineras, ya que tiene una alta acción cancerígena, porque sus isótopos destruyen o alteran el ADN y con ello el comportamiento de las células. Si estos elementos radioactivos afectan a la salud humana, también impactan negativamente en la biodiversidad y sus ciclos vitales.

La minería de elementos radioactivos destruye la estructura de la naturaleza, pone en peligro sus ciclos vitales e interrumpe los procesos evolutivos de los seres vivos.



## CAPÍTULO 2

### LA REORGANIZACIÓN DE LOS ÁTOMOS Y LA NANOTECNOLOGÍA

*Quando los troyanos se percataron de la presencia del caballo  
se maravillaron ante sublime creación.  
Quando Troya cayó dormida,  
Sinón liberó a los soldados que estaban en el interior del caballo  
y así se inició la destrucción de a ciudad...*

#### Art. 73. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

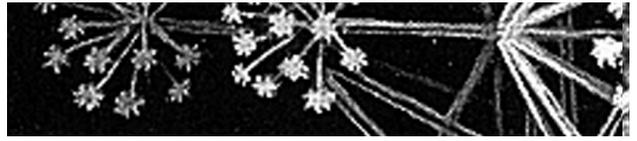
En el verano del 2001 asistí a un taller organizado por el Grupo ETC -que en ese tiempo se llamaba todavía RAFI- en Uppsala - Suecia, donde se trató exclusivamente el tema de la nanotecnología y sus potenciales impactos en la salud humana, el ambiente y la sociedad<sup>17</sup>

Dos cosas me llamaron la atención de esa reunión. La primera fue conocer, por parte de un asesor de la Casa Blanca, que la nanotecnología era el área de investigación que más fondos recibía y que las aplicaciones militares eran las mejor financiadas. La segunda fue una frase dicha por uno de los participantes: "Con la nanotecnología, la única limitación es la imaginación del investigador".

El debate de la nanotecnología se inicia a partir de las propuestas de Richard Feynman<sup>18</sup> quien desarrolló un método para estudiar las interacciones y propiedades de las partículas subatómicas. En su juventud, Feynman había participado en el Proyecto Manhattan (para el desarrollo de la bomba atómica) y en 1959 propuso fabricar productos en base a un reordenamiento de átomos y moléculas. Desde entonces, la nanotecnología ha cobrado mucha importancia económica entre los más importantes grupos corporativos, por lo que los científicos que han contribuido para su desarrollo, han recibido importantes reconocimientos en el mundo académico. Hay varios nanotecnólogos que se han hecho

17 Desde entonces, el Grupo ETC trabaja intensamente en el tema de la nanotecnología, y en su sitio web puede encontrarse más información sobre esta problemática que la presentada aquí. [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)

18 Considerado uno de los más importantes físicos del siglo XX. Por su trabajo en electrodinámica cuántica se le otorgó el Premio Nobel de Física en 1965



merecedores del premio Nobel, empezando por el propio Feynman. A él se suman los siguientes científicos:

1996. Sir Harry Kroto gana el Premio Nobel de Química por haber descubierto los fulerenos

2007. Albert Fert y Peter Gruenberg ganan el premio Nobel de Física por el descubrimiento del efecto de magnetoresistencia gigante, que permite almacenar gigantescas cantidades de información en discos duros, por ejemplo.

2010. Andre Geim y Konstantin Novoselov recibieron el premio Nobel de Física por su desarrollo del grafeno. Tiene un borde del ancho de un átomo y es uno de los materiales más ligeros, más conductivos, y más resistentes hasta ahora desarrollados, sobre todo para circuitos integrados.

## ¿QUÉ ES LA NANOTECNOLOGÍA?

La nanotecnología es una ciencia aplicada en el campo de los materiales y de las estructuras, que trabaja con magnitudes que se miden en nanómetros ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ), a un nivel de átomos y moléculas. A través de la nanotecnología, se desarman estas estructuras moleculares para reensamblarlas y formar nuevos materiales.

De acuerdo a Wikipedia, la definición de nanotecnología, reproducida en numerosos estudios y documentos de divulgación, en internet e impresos, es:

la nanotecnología comprende el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, y la explotación de fenómenos y propiedades de la materia a nanoescala. Cuando se manipula la materia a escala tan minúscula, presenta fenómenos y propiedades totalmente nuevas. Por lo tanto, los científicos utilizan la nanotecnología para crear materiales, aparatos y sistemas novedosos y poco costosos con propiedades únicas.

La milmillonésima parte de un metro marca el límite de reducción a la que podemos llegar cuando hablamos de objetos materiales. En un nanómetro caben entre tres y cinco átomos, y aunque en el universo hay cosas más pequeñas que los átomos, no se pueden manipular para crear nuevos materiales.

El principio de la nanotecnología es que cuando un material disminuye en tamaño hasta el nivel nano, cambia sus propiedades físicas, magnéticas, mecánicas, sus características electrónicas, ópticas y su termodinámica, así como las habilidades de auto-ensamblaje y reconocimiento. Por ejemplo el platino (metal noble por excelencia) puede adquirir propiedades catalíticas.

Las propiedades biológicas (incluida la biocinética) de las nanopartículas también pueden cambiar como resultado de la alteración de sus propiedades físico-



químicas, dependiendo de muchos parámetros tales como la morfología de las partículas (tamaño, forma, estado de aglomeración y la cristalinidad), la química o propiedades de la superficie. Estos cambios en las propiedades biológicas y pueden tener consecuencias negativas en la salud humana y el medio ambiente.

Algunas biomoléculas como las enzimas, hormonas, ARN y ADN tienen un tamaño que varía de uno a varias decenas de nanómetros y están formadas por miles y decenas de miles de átomos. Cada uno de esos miles de átomos tiene una ubicación exacta y gracias a esa posición pueden cumplir funciones biológicas complejas.

Quienes creen que la naturaleza -y sus leyes-, puede y debe ser instrumentalizada a favor de la producción industrial, y por ende del capitalismo, califican a esta compleja relación estructura/función de las biomoléculas como las “perfectas nanomáquinas”. Al respecto Carletti (2002) dice que<sup>19</sup>

“Las enzimas han evolucionado durante miles de millones de años para lograr una fabricación cada vez más perfecta de sus productos químicos. En la mayoría de los casos han alcanzado los límites de la perfección. Son los catalíticos finales y fundamentales para esa reacción química que es su trabajo vital. Estas nanomáquinas moleculares son quienes hacen que la vida funcione, no solo para ellas mismas, sino en cada planta, pájaro o entidad que se arrastra o ha arrastrado sobre la superficie de nuestro planeta”.

Por eso, quienes estudian las biomoléculas, las desarmar, las vuelven a ensamblar para que adquieran nuevas estructuras y tengan un funcionamiento distinto. Carletti bautiza a la ingeniería de las biomoléculas (es decir a la biotecnología) con el nombre de “nanotecnología húmeda” y añade,

“Esta nanotecnología húmeda es increíblemente poderosa... Pero a pesar de este increíble poder, hay varias cosas que no se pueden hacer y que nunca se podrán hacer en el lado húmedo. Una de las más importantes es conducir electricidad como un hilo metálico, como una conexión dentro de una computadora o incluso en un semiconductor. Nunca se logrará —las razones son largas para describirlas aquí— con esta biotecnología. De hecho, la mayor parte de la revolución industrial que impulsa la sociedad moderna no es un tributo de la biotecnología, es producto del desarrollo de máquinas de vapor, motores a nafta y todo tipo de artefactos eléctricos, como radios, televisores, teléfonos y computadoras, todos ellos producidos por la tecnología del otro lado, el lado “seco”, un área que parecería apuntar a ser la de mayor desarrollo potencial.

Imagínense lo que podría llegar a ser nuestro mundo si se pudiesen fabricar en el lado seco, sin agua ni células vivas, objetos con el grado de perfección atómica que la vida logra rutinariamente en el lado húmedo. Imagínense por un momento el poder que tendría el

19 CARLETTI, Eduardo. 2002. La nanotecnología: un rápido panorama. Axxón número 110



lado seco de la nanotecnología. La lista de cosas que se podría lograr con una tecnología así parecen algo así como la lista de deseos navideños de nuestra civilización<sup>20</sup>

Es decir que la nanotecnología no se limita a moléculas orgánicas. Pat Mooney del Grupo ETC dice que si la química orgánica es la química del carbono, la nanotecnología es la química de toda la tabla periódica.

## LAS NANOPARTÍCULAS ESTÁN POR TODAS PARTES

En los laboratorios se han ensayado numerosas variantes de nanopartículas a partir de diversos materiales de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas. Veremos a continuación algunas características de las nanopartículas y nanocompuestos con mayor aplicación industrial.

Los productos que contienen nanopartículas incluyen pinturas, lubricantes, neumáticos, cosméticos, protectores solares, recubrimientos para envases de bebidas, tintas de imprenta, nanofármacos entre otros. En octubre de 2011 se había reportado la existencia de 1.300 productos nanotecnológicos, elaborados por cerca de 600 empresas, ubicadas en 30 países.

### LOS FULLERENOS

Uno de los alótropos<sup>21</sup> más conocidos del carbono es el diamante, pero hay otros como el grafito, el carbono amorfo o los nanotubos de carbono. Estas nuevas formas de disposición del Carbono pueden tener propiedades químicas – físicas y biológicas completamente nuevas. Los fullerenos (o fullerenos) son también una forma estable del carbono, después del diamante y el grafito. Tienen una gran versatilidad para la síntesis de nuevos compuestos. Los fullerenos esféricos reciben a menudo el nombre de nanoesferas y los cilíndricos el de o nanotubos. También existe el buckminsterfullereno que está formado por 60 átomos de carbono ( $C_{60}$ ), en el que ninguno de los pentágonos que lo componen comparten un borde; si los pentágonos tienen una arista en común, la estructura se desestabilizaría. Reciben este nombre del ingeniero y diseñador Buckminster Fuller que inventó el domo geodésico.

### EL GRAFENO

El grafeno es otro de los alótropos del Carbono. Tiene una forma de panal de abeja formado por átomos de carbono y enlaces covalentes. Puede definirse como un tipo de grafito que forma una capa que tiene un espesor de un átomo

20 Idem

21 La alotropía la propiedad que poseen ciertos elementos químicos de presentarse bajo estructuras químicas diferentes.



de carbono. El grafeno formando nanotubos es de interés para la electrónica (por ejemplo en circuitos integrados), como aditivos para materiales compuestos y como para pruebas de laboratorio en física del estado sólido.

## ÓXIDOS DE METAL

Incluyen el dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ), óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ) y el dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Estos materiales, usados ampliamente desde hace muchos años en la cosmética, farmacéutica o industria de alimentos (como antiaglomerantes, espesantes o floculantes) - por lo cual es muy posible que ahora también estén presentes a nanoescala. Es por eso de muchas empresas de este ramo han dejado de usar los nanocompuestos de óxidos de metal. Otros miembros de este grupo son las nanopartículas de Óxido de Cerio, las nanopartículas de Óxido de Hierro y algunas nanopartículas de cerámica.

## METALES

Las nanopartículas de metal se utilizan como catalizadores en la industria automotriz o para la remediación ambiental. Varios metales han sido ahora producidos como nanopartículas entre los que está la plata ( $\text{Ag}$ ) que por sus propiedades biocidas, frente a un amplio espectro de bacterias y otros microorganismos, se la usa en la industria textil, equipos de exterior, apósitos para heridas, cosméticos, carcasas de aparatos eléctricos y electrónicos, entre otras aplicaciones.

Las nanopartículas de oro (también conocido como oro coloidal) se usan en experimentación e investigación biomédicas. El oro es un metal no reactivo pero cuando se lo utiliza en forma de nanopartículas, muestra propiedades catalíticas.

Otras nanopartículas pueden ser hechas a partir de silicatos y materiales cerámicos no óxidos.

## TOXICIDAD DE LAS NANOPARTÍCULAS

Hay una gran preocupación por los impactos que las nanopartículas pueden generar. Las preocupaciones se centran sobre todo en la salud humana, pero dado que los impactos de las nanopartículas actúan a nivel celular, esta preocupación se puede aplicar al impacto sobre otros seres vivos.

A la hora de hablar de materiales nanométricos debemos diferenciar dos tipos de nanoestructuras:

*nanocomposites* (o nanocompuestos) donde las nanopartículas están incorporadas o "embebidas" en otra sustancia-soporte



nanopartículas libres que son las que en principio entrañarían más riesgos debido a su mayor movilidad y reactividad

Un estudio hecho por el Parlamento Europeo identifica algunos de los problemas potenciales que pueden generar las nanopartículas. Algunas de sus conclusiones se detallan en seguida<sup>22</sup>

Una nanopartícula que ingresa a un organismo vivo -por inhalación, ingestión o a través de la piel lesionada- es potencialmente capaz de dañar las células o provocar enfermedades, si se han disuelto o es metabolizada en el organismo, si no es eliminada por los mecanismos de limpieza celulares, o si logra potenciarse en ciertas áreas del organismo o en las células individuales. Las partes más vulnerables están en los pulmones.

Debido a su tamaño nanométrico las partículas pueden entrar en la célula. Estas pueden ser absorbidas por la célula por difusión, fagocitosis, pinocitosis u otros métodos no conocidos.

Uno de los mecanismos de toxicidad común de las nanopartículas es la producción de moléculas reactivas y de radicales libres. Por ejemplo las nanopartículas de plata son tóxicas porque liberan iones de plata con propiedades antimicrobianas.

El material nano no se encuentran "desnudo" en la matriz biológica. En la mayoría de los casos, está cubierto por proteínas o lípidos, que permiten que las nanopartículas se peguen a la superficie celular (Walczyk et al. 2010), formando una "corona" que puede conducir a cambios de las propiedades físico-químicas y determinar la distribución de los materiales nanotecnológicos. A nivel de membrana celular puede también unirse activamente a determinados receptores, y desencadenar señalizaciones no deseadas.

Una vez dentro de la célula, una cantidad relativamente pequeña de las nanopartículas liberan una carga tóxica de iones que producen daños múltiples o incluso la muerte de la célula.

Por otro lado, las nanopartículas pueden interactuar con el material biológico (por ejemplo con las mitocondrias o con el núcleo celular). En contacto con el ADN puede desencadenar respuestas anti-oxidativas o de carácter epigenético, produciendo cambios en la transcripción o traducción proteica, con impactos inesperados.

Las nanopartículas pueden producir además estrés oxidativo (por ejemplo, oxidación de lípidos y proteínas, y generar daños en el ADN) produciendo daños

---

22 European Parliament. STOA (2008). NanoSafety - Risk Governance of Manufactured Nanoparticles.



en la célula, muerte celular o incluso cáncer. Además, pueden desencadenarse distintas señales intra y extracelulares, incluyendo respuestas inmunológicas.

Las nanopartículas pueden producir el llamado "paradigma de la fibra", cuando se comportan como fibras peligrosas (como el amianto) y los macrófagos intentan eliminarlas. Al no ser capaces de absorber estas estructuras, se produce una inflamación crónica y genotoxicidad, dañando o cambiando el ADN dentro de la célula, lo que puede ocasionar fibrosis y, eventualmente, cáncer en el pulmón. Esto es especialmente peligroso porque los pulmones son la principal ruta de ingreso de estas nanopartículas

Hay nanopartículas que son capaces de atravesar la barrera sangre-aire en los pulmones y pueden causar graves efectos cardiovasculares por un mecanismo aún desconocido, que ya se había observado en partículas ultrafinas.

Las nanopartículas que entran al cuerpo pueden eliminarse por diferentes mecanismos, dependiendo de su tamaño. Por ejemplo pueden ser eliminadas por acción de macrófagos pulmonares, pero pueden ser distribuidas a través de la circulación de la sangre y en algunos casos por el sistema linfático. Con posterioridad a su inhalación las nanopartículas retenidas pueden ser llevadas al sistema arterial (que pasan la barrera sangre-aire tejido (Oberdörster et al. 2002). Pueden llegar además al corazón (Oberdörster et al., 2005) la placenta (Chu et al. 2010) y otros órganos.

Aunque la piel es el mayor órgano del cuerpo humano y la mejor barrera para impedir el ingreso de material extraño desde el medio ambiente, se ha demostrado que las nanopartículas pueden penetrar inclusive la piel intacta. Por ejemplo existen unos puntos cuánticos (cristales semiconductores nanoparticulados) que se sabe penetran en la piel humana (Ryman-Rasmussen et al. 2006), aunque su importancia biológica no está clara. Otro canal de entrada puede ser a través de la dermis cuando hay piel dañada (por ejemplo por heridas, quemaduras, enfermedades crónicas de la piel) y de ahí pueden llegar al sistema sanguíneo (Rouse et al. 2007, Borm et al. 2006).

La nano-plata que entra en contacto con la piel, por ejemplo, a través de un paño anti-olor, cosméticos o vendas anti-bacterianas para tratar heridas, podría también estar influyendo en la flora de la piel (Kulthong et al. 2010).

El tema de la piel no es irrelevante pues hay un uso extendido de protectores solares y otros cosméticos que contienen nanopartículas de dióxido de titanio o de óxido de zinc, que no solo pueden entrar por la piel, sino también ser ingeridos.

También es preocupante que cada vez hay mayor presencia de nanopartículas en la industria alimenticia puesto que, aunque aún no se ha demostrado la ab-



sorción de nanopartículas en el tracto gastrointestinal -un órgano de la reabsorción y con una gran superficie permeable-, se sabe que pueden cruzar las barreras epiteliales y endoteliales y ser trasladadas a través de vías aferentes y eferentes.

Hay escasos estudios de los efectos de los nanotubos, y otros nanomateriales de nueva generación, en el medio ambiente. Los nanomateriales pueden ingresar en las células de animales unicelulares y abrirse camino en la cadena alimenticia, en concentraciones cada vez mayores (como sucede con otros contaminantes), y hay también el temor de que los nanomateriales dañen poblaciones de bacterias, que son esenciales en todos los ecosistemas.

Para el Grupo ETC el mayor peligro está en la llamada nanobiotecnología.

"El impacto más importante de las tecnologías a nano escala podría resultar de la fusión de la nanotecnología y la biotecnología: una nueva disciplina apenas reconocida, llamada nano biotecnología. Aunque la plaga gris alcanzó los titulares de importante periódicos apenas se comenzó a especular sobre ella, la realidad es que los nano robots autoreplicables están muy lejos de poderse fabricar. En cambio, "el escenario futuro más probable es la fusión de la materia viva y la no viva a partir de lo cual se fabricarán organismos y productos híbridos, cuyas formas y comportamientos serán impredecibles e incontrolables." dice Hope Shand, directora de investigaciones del Grupo ETC.

La industria nanotecnológica ha comprendido que es más fácil y barato sacar de la naturaleza materiales autorreplicantes que construir robots mecánicos autorreplicantes. En su lógica, es mejor reemplazar a las máquinas con organismos vivos, en vez de máquinas que los imiten.

Los investigadores de la nanotecnología acuden cada vez más al mundo biomolecular para aprender sus estrategias y para obtener materias primas. La maquinaria de la naturaleza puede brindar el camino para la tecnología de construcción atómica precisamente porque los organismos vivos son capaces de autoensamblarse y en ese sentido son máquinas autorreplicantes ya listas".

La doctora Visitación Conforti, investigadora de la Universidad de Buenos Aires, planteó sus puntos de vista en una conferencia del Mercosur sobre nanotecnología<sup>23</sup> en los siguientes términos:

El progreso tecnológico parece tener un ciclo constante: en un primer momento, solo hay promesas acerca de los posibles beneficios de una tecnología, pero cuando pasa el tiempo tienden a aparecer sus consecuencias negativas para el hombre y el ambiente. Así, se transforma en un problema público. ¿Será la nanotecnología un caso diferente.

23 Panel de expertos sobre posibles beneficios y riesgos de utilizar la nanotecnología y su potencial impacto en el medio ambiente. Encuentro "Nano Mercosur 2007". Fundación Argentina de Nanotecnología - Buenos Aires.



Y añade que

No tenemos información sobre el personal que trabaja en nanotecnología, ni sobre los efectos en los ambientes naturales y encima carecemos de una base de datos con datos históricos y actuales de su impacto.

La doctora Conforti concluye que hasta que exista más información sobre los peligros de la nanotecnología es necesario "tratar a los productos 'nano' como peligrosos y al mismo tiempo mantener la vigilancia y el compromiso social".

Dado que las propiedades de las nanopartículas son tan distintas a las que tienen sus análogas a escala mayor, los efectos adversos no pueden ser deducidos de los conocimientos que ya se tienen sobre los materiales micro o macroscópicos, por lo que se requiere de una profunda y diferenciada investigación sobre los efectos de estas nuevas propiedades que aparecen a escala nanoparticular.

### **LOS PROBLEMAS DE LA NANOTECNOLOGÍA: OMNIPOTENTES**

Silvia Ribeiro, Grupo ETC

"... A diferencia de muchas otras tecnologías en sus primeras etapas, la nanotecnología es objeto de voraz interés por parte de las mayores empresas del globo. De las 500 empresas más grandes del mundo, según la revista Fortune, casi todas tienen inversiones en investigación y desarrollo nanotecnológico. En otros casos, las compañías esperaban ver los riesgos antes de invertir. En nanotecnología las transnacionales se lanzan tras el potencial económico que avizoran si logran agenciarse porciones de ese mercado, el cual, según la Fundación Nacional de la Ciencia de Estados Unidos, superará el billón de dólares en 10 años. Más aún, fuentes de la industria estiman que para 2014 el mercado de los productos comerciales que incorporen nanotecnología tendrá un valor de 2,6 billones de dólares (15 por ciento del valor total de la industria manufacturera), igualando el volumen combinado de las industrias informáticas y de telecomunicaciones, y multiplicando por 10 el de la industria biotecnológica.

Actualmente, junto a mil 200 empresas pequeñas que comenzaron con sectores de la industria nanotecnológica, se encuentran a otras como Exxon Mobil, IBM, Dow Chemicals, Xerox, 3M, Alcan Aluminium, Johnson & Johnson, Hewlett-Packard, Lucent, Motorola, Sony, Toyota, Hitachi, Mitsubishi, NEC, Toshiba, Phillips, Eli Lilly, DuPont, Procter & Gamble, Kraft Foods, General Mills, Nestlé, PepsiCo, Sara Lee, Unilever, ConAgra, L'Oreal, Bayer, BASF.

La nanotecnología se considera una "plataforma tecnológica" sobre la cual se puede transformar drásticamente el actual estado del arte de casi todos los



sectores industriales, incluyendo alimentación, agricultura, medicina, electrónica, informática, materiales y manufacturas.

Si los productos que ya están en el mercado nos alarman porque se soslayan sus posibles impactos negativos en salud y ambiente, los impactos económicos y de formación de nuevos monopolios transsectoriales deberían alertarnos aún más.

El volumen e historia de las transnacionales implicadas hace pensar que la batalla en el mercado quedará en manos de las más grandes y agresivas. Pero el factor crucial a priori será quién controla las patentes sobre aspectos claves para el desarrollo de la nanotecnología. Según Mark Lemley, de la Universidad de Stanford: "(...) las patentes arrojarán una sombra mucho mayor sobre la nanotecnología que la que tienen sobre cualquier otra ciencia en un estadio de desarrollo similar".

Para entender de forma simplificada cómo nos afectarán las patentes nanotecnológicas pensemos que fuera posible patentar el nombre "María". En ese caso, todos los que usen ese nombre deberían obtener permiso y pagar regalías al dueño de la patente. Ahora imaginen que fuera posible patentar la letra "a". Patentar elementos, átomos o construcciones moleculares tendría ese efecto: cuanto más pequeño es el objeto de la patente mayores pueden ser los campos que afecta. El premio Nobel de Física Glenn Seaborg sentó un peligroso precedente al patentar en 1964 dos elementos de la tabla periódica: el Americio (95) y el Curio (96).

Según un informe especial del Grupo ETC, titulado Las patentes de nanotecnología más allá de la naturaleza. Implicaciones para el sur global, la fiebre de patentes nanotecnológicas está tomando proporciones epidémicas. Entre 2000 y 2003, el aumento de patentes nanotecnológicas otorgadas por la Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos aumentó 50 por ciento, llegando a 8 mil 630 en 2003. Los cinco países que lideran la carrera son: Estados Unidos (5 mil 228 patentes), Japón (926), Alemania (684), Canadá (244) y Francia (183). Las cinco entidades que obtuvieron mayor número de patentes fueron IBM, Micron Technologies, Advanced Micro Devices, Intel y la Universidad de California.

IBM es la compañía privada que tiene más patentes nanotecnológicas a escala mundial. Entre las instituciones públicas, quien concentra la mayor cantidad de patentes nanotecnológicas son, en conjunto, los tres cuerpos armados de Estados Unidos, lo cual tiene muchas otras implicaciones que veremos más adelante.

Pero el problema no es solamente la cantidad de patentes. Peor aún es sobre qué se otorgan las patentes y sus alcances. En China, el investigador Yang Mengjun, consiguió 900 patentes sobre hierbas usadas en la medicina tradicional china, alegando formulaciones nanotecnológicas.



Charles Lieber, de la Universidad de Harvard, obtuvo una patente (la cual licenció en forma exclusiva a Nanosys Inc.) sobre nanobarras de óxidos compuestos con metales. La cobertura de la patente abarca óxidos no solamente de un metal, sino de 33 elementos de la tabla periódica (aproximadamente un tercio del total), que cubren 11 de los 18 grupos de elementos existentes. Estas barras tienen usos en múltiples industrias, incluyendo la biomédica, y ha sido identificada por varios abogados de patentes como una de las 10 patentes claves que condicionarán el desarrollo de la industria nanotecnológica.

La Universidad de Kansas obtuvo una patente de otros procesos nanotecnológicos que le otorga la exclusividad de su uso en las industrias farmacéutica, alimenticia, química, electrónica, de catalizadores, polímeros, plaguicidas, explosivos y recubrimientos.

Nunca antes habíamos presenciado un uso tan vasto de un instrumento de apropiación monopólica como las patentes nanotecnológicas. Quienes creen que la nanotecnología puede tener usos benéficos, como hipotéticos ahorros de energía y de recursos, o aplicaciones médicas, o aún más, ilusorio, que "beneficiará a los pobres", deberían repensarlo frente a este panorama. Baste ver cómo las transnacionales farmacéuticas se comportan con las necesidades de salud pública, sobre todo en el tercer mundo, controlando patentes que no cubren ni una nanofracción del alcance de estas ..."

FUENTE: ALAI, América Latina en Movimiento, 2005-09-23

#### Art. 15.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de [...] tecnologías [...] experimentales nocivas.

Hoy hay una sobreproducción de nuevos efectos que incluyen componentes nanotecnológicos (por ejemplo computadoras portátiles, teléfonos inteligentes, dispositivos móviles y otros artefactos electrónicos) que exacerbaban el sobreconsumo y crean nuevas necesidades de los mismos. Pero la industria que más requiere e invierte en innovación tecnológica es la de armamentos. Para servir a esta industria se requiere de la extracción de materiales como las llamadas "tierras raras", que son 17 elementos poco conocidos (cerio, disprosio, erbio, escandio, europio, gadolinio, holmio, iterbio, itrio, lantano, lutecio, neodimio, praseodimio, prometio, samario, terbio y tulio) y que están presentes en casi todo el mundo pero en muy pequeñas concentraciones.



Aunque China controla el 95% de la minería de tierras raras, en varios países se están instalando minas para su extracción. Otro elemento que se incrementará con la nanotecnología es el litio, y países como Bolivia, Argentina y Chile tienen muchas expectativas sobre su explotación. De hecho ahora se habla de estos tres países como “el triángulo del litio”.

Los expertos en nanotecnología sostienen que a partir de estas tierras, se puede abastecer al sector eléctrico, a la fabricación de prácticamente todos los dispositivos electrónicos de última generación o de implementos militares de comunicación, entre otros.

La industria nanotecnológica genera gran cantidad de desechos, los mismos que significan un peligro ambiental. Muchas nanopartículas utilizadas en la industria contienen metales pesados, por lo tanto la toxicidad y bioacumulación de esos metales pesados, contenidos en las nanopartículas, pueden constituir problemas ambientales.

Aunque la biodisponibilidad de los metales pesados contenidos en las nanopartículas pueden ser inferiores a las presentes en otros materiales, la toxicidad resultante puede ser significativa debido a la naturaleza intrínseca de las nanopartículas que tienen nuevas propiedades químicas, físicas y biológicas.

Se conoce poco sobre el ciclo de vida de los nuevos nanomateriales, y menos sobre el comportamiento de los desechos que se generan o sobre la cantidad de desechos que se va a producir. Por otro lado, no existe aún un mecanismo a través del cual los científicos pueden dar seguimiento a algunos de los nanomateriales existentes y, si se pudieran encontrar, no hay manera de eliminarlos del suelo o el agua. Tampoco se puede rastrearlos o eliminarlos de manera aceptable del cuerpo humano.

## **APLICACIONES MILITARES DE LA NANOTECNOLOGÍA**

Uno de los campos más alarmantes de la nanotecnología son sus aplicaciones militares. Este se está expandiendo rápidamente y cuenta con importantes fondos de los gobiernos.

El Grupo de Expertos sobre Nuevas Tecnologías (Foresighting the New Technology Wave Expert Group 2004), en una revisión sobre las aplicaciones de la nanotecnología en “seguridad”, señala que la Iniciativa Nacional de Nanotecnología (NNI) de los Estados Unidos pretende alcanzar un dominio en el campo de la información a través de la nanoelectrónica, de los sistemas de realidad virtual para la formación, automatización y robótica para compensar la reducción de mano de obra, reducir los riesgos para las tropas y mejorar el rendimiento de los vehículos.



También se incluye el desarrollo de plataformas de alto rendimiento para disminuir las fallas y reducir los costos; mejoras en los sensores de detección química, biológica y nuclear y la atención a las víctimas; mejoras en los sistemas de vigilancia y el desarrollo de nanodispositivos mecánicos para el control de las armas nucleares.

El documento señala que en un taller del Panel de Seguridad Nacional sobre Nuevas Tecnologías (NBIC) se dijo que: "la disuasión, la recopilación de inteligencia y de combate letal...son esenciales para estar tecnológicamente por delante de nuestros rivales potenciales."

Una de las principales preocupaciones relacionadas con la nanotecnología militar incluye el surgimiento de nuevas armas biológicas y microrobots. Hay mucha preocupación de que el uso militar de implantes en el cuerpo con usos no médicos se convierta en algo aceptable, lo que plantea una serie de problemas relacionados con la naturaleza humana.

El problema general de nanotoxicología es el gran número de nanopartículas distintas que existen en término de tamaño y forma que deben ser estudiadas individualmente. Por eso se ha llamado al transporte de nanopartículas en las matrices celulares como "Caballo de Troya", porque quien usa un producto que contiene nanopartículas, no sabe en realidad lo que viene en su interior. La diferencia es que este Caballo de Troya contiene más de 1500 tipos de nanopartículas, cada una de las cuales con distintos tipos de propiedades que nunca han existido antes en la naturaleza.

La nanotecnología transforma la estructura de las moléculas, y al hacerlo, altera sus funciones. Estas alteraciones afectan los ciclos biológicos y los procesos evolutivos de los seres vivos que entran en contacto con las nanopartículas, ya sea en el proceso de elaboración de los nanoproductos, en su uso, o en su disposición final; lo que pueden afectar de manera irreversible parte del patrimonio natural.





## CAPÍTULO 3

### MOLÉCULAS DE VIDA Y MOLÉCULAS DE MUERTE

*Les habían preguntado por el árbol con el que se aroman las bebidas...  
ahora al capitán no le bastaban los árboles que hallaron:  
quería que la selva entera estuviera hecha por un tipo de árbol...  
que sembraban manos desconocidas en reinos distantes.*

*William Ospina. El País de la Canela*

#### Art. 397. CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*El Estado se compromete a:  
2) Establecer mecanismos efectivos de prevención y  
control de la contaminación ambiental.*

El texto del epígrafe, del escritor colombiano William Ospina, se refiere a la búsqueda de árboles de canela, que fue la principal motivación de la expedición de Pizarro y Orellana, que terminaría en el Amazonas. La aventura de Colón hacia América tuvo también como objetivo encontrar especias. Sin saberlo, ellos estaban buscando plantas que contenían principios activos, moléculas de importancia para las sociedades europeas. Algunas personas consideran que estos fueron los primeros casos de "biopiratería". Pasarían varios siglos antes de que exista una industria química capaz de utilizar comercialmente estas moléculas de manera aislada, y no como parte constitutiva de las plantas.

El nacimiento de la industria química de síntesis estuvo de alguna manera relacionada con la industria bélica. Isaac Asimov (2008) en su obra *Breve Historia de la Química* señala que una de las primeras aplicaciones de la química orgánica, -que es en realidad la química del carbono- estuvo relacionada con la industria de los explosivos. Asimov señala que en 1847, el italiano Ascani Sobrero, descubrió la nitroglicerina, un explosivo muy peligroso incluso utilizado con fines pacíficos. Este compuesto fue más tarde comercializado por la familia de Alfred Nobel, pero cuando un hermano suyo murió a causa de una explosión, Nobel crea un explosivo más seguro, la dinamita que debe estar "destinada exclusivamente para la paz". Nobel, a través de su testamento, dejó su patrimonio para que se creara un premio que llevaría su nombre.



A fines del siglo 19, fue el químico inglés Frederick Stanley Kipping quien empezó a investigar la interfaz entre la química del carbono y la química inorgánica. Inició con silicio y luego flúor. Pero fue el químico estadounidense Thomas Migley Jr., quien en 1930 preparó el freón<sup>24</sup> Durante la II Guerra Mundial se usaron los compuestos clorofluorocarbonados (los CFC) como lubricantes para la bomba atómica, para luego pasaron a ser parte de todas la refrigeradoras del mundo. Los CFC son los principales causantes de la pérdida de la capa de ozono.

En otra línea de investigación, el alemán A. Stock empezó a trabajar en 1909 con hidruros de bromo, que luego fueron usados como aditivos para los combustibles de los cohetes, porque aumentaban su empuje hacia fuera de la atmósfera.

La celulosa completamente nitrogenada es un combustible, pero si se la nitrogeña parcialmente da lugar a un polímero llamado piroxilina. Trabajando con esta molécula J.W Hyatt en 1869 creó el celuloide (el primer plástico sintético) que fue mejorado por Eastman para ser usado en la industria de la fotografía y en cine como celuloide de acetato. En 1884, usando también la piroxilina, Chardonnet desarrolló el rayón, que pasó a sustituir a la seda en la industria textil.

Los pioneros de las fibras totalmente sintéticas fueron los químicos estadounidenses Carothers y Nieuwland, quienes, trabajado en los polímeros de caucho, crearon el neopreno y posteriormente el nylon. El mundo de los polímeros se disparó y llegó a ser parte esencial de las poblaciones humanas del siglo XX con el descubrimiento y extracción de los grandes yacimientos de petróleo y la fabricación de miles de derivados.

## ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE LAS MOLÉCULAS

Una molécula es el conjunto de dos o más átomos enlazados para formar un sistema estable y eléctricamente neutro. Dos átomos permanecen unidos si la energía del sistema es menor cuando están unidos que cuando están separados. Esta unión se denomina enlace químico.

Los átomos tienden a completar su último nivel de energía para formar compuestos, intercambiando electrones, hasta adquirir ocho electrones en su último nivel, lo que les da una disposición muy estable. La mayoría de los átomos están unidos a otros iguales, formando elementos, o con otros átomos diferentes formando compuestos.

1. Los metales tienden a perder electrones, formando iones positivos o cationes
2. Los no metales tienden a ganarlos, formando iones negativos o aniones

---

24 Freón es un refrigerante, que se lo relaciona con la erosión de la capa de ozono



Los enlaces químicos iónicos se forman por la atracción de iones de elementos metálicos y no metálicos, que tienen cargas opuestas. Los enlaces covalentes son el producto de la unión entre dos átomos de elementos no metálicos que comparten electrones. Los dos elementos no metálicos se aproximan y tienden a captar electrones. Dado que ninguno los cede fácilmente, los comparte. Algunos compuestos covalentes son:  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ . Los metales tienden a ceder electrones por lo que todos forman iones positivos. Estos iones se disponen ordenadamente en los nudos de una red y todos comparten los electrones cedidos que forman una nube o gas electrónico en toda la red, originando redes tridimensionales.

Cada molécula tiene una forma de funcionamiento (propiedades físicas, químicas, magnéticas, mecánicas) que están en función de su estructura. Cuando cambia la estructura de las moléculas, cambian también sus propiedades.

## LA QUÍMICA ORGÁNICA DE SÍNTESIS

En 1854 se consiguió sintetizar compuestos orgánicos que no estaban relacionados con organismos vivos. Los químicos podían preparar compuestos orgánicos análogos en todas sus propiedades a los producidos por seres vivos, pero en un laboratorio. Se estaba comenzando a imitar a la naturaleza. Entre los científicos que más avanzaron en esta línea se encuentra el químico francés Pierre Berthelot quien logró sintetizar alcohol etílico, metano, benceno y acetileno, consiguiendo cruzar la línea entre lo orgánico y lo inorgánico.

Hacia finales del siglo XIX un estudiante de química de Inglaterra, Henry Perkin, trató de sintetizar la quinina, un compuesto orgánico que en esa época era la única cura conocida de la malaria o paludismo y que era extraído de la Cinchona, un árbol nativo de América tropical. Su intención era acabar con la dependencia con las fuentes importadas. Pero en lugar de sintetizar esta molécula, produjo un nuevo colorante, la púrpura de anilina que fue muy bien recibido por los industriales textiles franceses, que llamaron al nuevo tinte "malva". Con esto se inauguró la llamada "década del malva" y se había fundado la próspera industria de los colorantes sintéticos. Perkin se retiró de la ciencia como un millonario, pero sus estudios fueron continuados por otros químicos que lograron crear nuevas sustancias químicas-orgánicas, ya no por accidente, sino deliberadamente (Asimov, 2008).

Se funda así la llamada "química orgánica de síntesis", donde los químicos se centran en la producción de nuevas moléculas con aplicaciones industriales. Esta es una industria que ha cambiado nuestra vida de manera definitiva, pues en nuestra vida cotidiana usamos cada vez una mayor cantidad de compuestos sintéticos, que eventualmente vuelven al medio ambiente, contaminándolo.



Las moléculas producidas se iban haciendo cada vez más complejas. A lo largo del siglo XIX se descubrió la estructura química de las vitaminas, hormonas, alcaloides, entre otros. Y en el siglo XX se pasó a su síntesis. Así, en 1954 el químico estadounidense Woodward logró sintetizar la cortisona y el colesterol. En 1956 se sintetizó el primer tranquilizante: la reserpina. Puesto que muchas de estas nuevas moléculas tenían propiedades medicinales (especialmente los alcaloides), se les dio el nombre genérico de “medicamentos”.

## EL DESCUBRIMIENTO DE LA QUININA

La quina o cascarilla es una especie de árbol nativo de América tropical que contiene quinina, un compuesto orgánico con propiedades antipalúdicas. Sus cualidades medicinales ya eran conocidas por los pueblos nativos americanos.

En 1631 fue llevada a Roma por un jesuita, al comprobar sus efectos contra los temblores típicos de la malaria. Su nombre científico, *Cinchona*, fue dado cuando la Condesa de Chinchón (esposa del Virrey de Perú) fue curada de malaria por lo que entonces se llamaba “polvos de los jesuitas”, que luego pasaron a llamarse “polvos de la Condesa”<sup>25</sup>

Durante la segunda guerra mundial hubo brotes de malaria que estaba diezmando a las tropas aliadas en Europa y el Pacífico. Por cada hombre herido, caían cuatro víctimas de malaria. Por lo que el gobierno de Estados Unidos envió misiones científicas a prospectar y extraer la corteza de la quinina de poblaciones naturales en el Ecuador, muchas de las cuales están ahora en peligro de extinción.

El historiador ecuatoriano, Nicolás Cuvi (2009) dice al respecto que

“Durante la Segunda Guerra Mundial Estados Unidos ejecutó en América Latina ambiciosos programas para explotar materias primas minerales, vegetales y animales, que involucraron la intervención de todo su potencial científico. Estos programas marcaron el inicio de la intervención oficial estadounidense en los países latinoamericanos, caracterizada por una activa participación del Estado en las negociaciones, y que construyó una dependencia de tecnología estadounidense en el sur, y orientó los programas agrícolas hacia productos “complementarios” (los que Estados Unidos no podía producir en su territorio). En este período se consolidaron las bases para el imperialismo sobre las materias primas en América Latina, ejercido por Estados Unidos desde la segunda mitad del siglo XX.”

Cuvi analiza los mecanismos para la explotación de los recursos vegetales iniciados durante ese período, con el caso de la corteza medicinal de la quina,



estratégica para las actividades de guerra; era una búsqueda realizada en bosques y plantaciones de las estaciones agrícolas y cooperativas.

En 1944 (en plena II Guerra Mundial) los químicos estadounidenses R.B. Woodward y W.E. Doergin consiguieron sintetizar la molécula de quinina, y posteriormente se ha conseguido sintetizar compuestos más eficaces o encontrando otras moléculas para el tratamiento de la malaria (como la atebriina y la cloroquina), por lo que se perdió el interés por las fuentes naturales; pero el impacto en las poblaciones nativas, sobre todo del Sur del Ecuador, ya se había hecho.

## LA PETROQUÍMICA Y LOS DERIVADOS DE PETRÓLEO

El petróleo ha dado paso a un nuevo concepto urbano en el que el automóvil es el factor determinante para su diseño. Se ha generado toda una gama de nuevos productos derivados de petróleo altamente contaminantes, tanto en el proceso de producción, en su transformación como en su eliminación.

El petróleo ha permitido el desarrollo de la globalización y ha acelerado su crecimiento. En el petróleo ha sustentado un modelo agrícola ampliamente dependiente de combustibles fósiles y la industrialización de la producción alimenticia<sup>26</sup>

Esto ha conducido a una homogeneización en los hábitos de consumo desde un modelo basado en la producción local, a una separación entre productores y consumidores, separados a veces por océanos y continentes, lo que ha dado lugar a un flujo de energía y materiales nunca antes registrado en la historia de la humanidad.

El petróleo es además el responsable de la sobreexplotación del trabajo humano, porque las grandes reservas petroleras permitieron crear el trabajo nocturno, y con él, la ruptura del concepto de familia como se lo conocía antes, y la superurbanización, que facilita así el tanto el trabajo como el consumo masivo.

La vida cotidiana de los países "desarrollados" depende de una demanda energética y ecológica irracional, mantenida a través del saqueo del Sur, para estos países el modelo "petrolero" significó perpetuar el intercambio desigual, la dependencia tecnológica, el endeudamiento, el empobrecimiento de los pueblos, el despojo y la desacralización de sus tierras y territorios.



El petróleo facilitó una mayor concentración de poder de las empresas que participan en la producción y distribución de energía y alimentos a nivel mundial, y la implantación de un patrón de vida que una minoría del planeta disfruta, y que se mantiene con la explotación de la naturaleza y del trabajo humano.

### ALGUNOS DATOS SOBRE EL PLÁSTICO<sup>27</sup>

1. Los plásticos pueden demorar hasta 400 años para descomponerse
2. Cerca de un 56% de la basura plástica está compuesta por embalajes usados. 3/4 de esto proviene del uso doméstico
3. La población mundial consume un millón de bolsas plásticas por minuto, lo que significa casi 1,5 billones por día y mas de 500 billones por año. Es el residuo que más contamina las ciudades y campos, perjudica animales, entorpece el drenaje urbano y ríos, contribuyendo a las inundaciones
4. Más del 80% de todos los plásticos son apenas utilizados una vez y después descartados
5. 800 kilos de plásticos fueron encontrados en el estómago de una ballena muerta en Normandía. Cada año mueren miles de tortugas, ballenas, focas y pájaros en las mismas condiciones
6. Más del 50% de los residuos encontrados en el mar están compuestos de alguna forma de plástico
7. Cerca de un 90% de los embalajes plásticos se convierten en basura 6 meses después de compradas

### EL MAYOR VERTEDERO DEL MUNDO ESTÁ EN EL OCÉANO PACÍFICO

El País, Madrid. 5 febrero 2008

Una gran "sopa de plástico" que flota en el océano Pacífico con un tamaño dos veces el territorio de Estados Unidos es, según los científicos, el mayor vertedero del mundo. La mancha cubre cerca de 500 millas de la costa de California, rodea Hawai y se extiende hasta casi Japón, según publica *The Independent*.

Charles Moore, el oceanógrafo norteamericano que descubrió la "gran mancha de basura" y creador de la Fundación de Investigación Marina Algalita cree que contiene unas cien millones de toneladas de desperdicios. La descubrió por casualidad en 1997 durante un crucero de Los Ángeles a Hawai al navegar por un vórtice que los marineros generalmente evitan porque hay poco viento y mucha presión.



Según el oceanógrafo Curtis Ebbesmeyer, la mancha es como un ser vivo: "Se mueve como si fuera un gran animal sin correa", capaz de provocar catástrofes cuando se acerca a la costa. "Con frecuencia se aproxima al archipiélago hawaiano, dejando la costa cubierta de plástico", explica Ebbesmeyer a *The Independent*. Según Naciones Unidas, la contaminación del océano provoca la muerte de más de un millón de pájaros marinos cada año y de 100.000 mamíferos acuáticos. Jeringuillas, cigarrillos y cepillos de dientes han sido encontrados en los estómagos de muchos animales muertos.

## LOS PLAGUICIDAS: LAS MOLÉCULAS DE LA MUERTE

### Art. 413.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*"El Estado promoverá [...] el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas ..."*

En 1962 se escribió el primer libro que daba cuenta de un problema ambiental grave: *La Primavera Silenciosa* de Rachel Carson. El libro trata sobre los graves impactos que causan los plaguicidas en los seres humanos y el ambiente. Ella llamó "primavera silenciosa" a su libro, haciendo referencia al impacto que estos químicos sintéticos tenían en las aves, que dejan de cantar en primavera, cuando la aplicación de plaguicidas era abundante. Los plaguicidas sintéticos se empezaron a usar en países de América Latina cuando se impuso la revolución verde y la agricultura de alto rendimiento.

Fue en la década de 1920 cuando aparecieron los dinitroderivados que fueron los primeros plaguicidas sintéticos. El DDT, insecticida organoclorado, había sido sintetizado en el siglo XIX pero su capacidad insecticida solo fue descubierta durante la II Guerra Mundial, y se lo consideró como un producto estratégico en el control de vectores de enfermedades (como la malaria) y de ectoparásitos de las tropas combatientes. Al terminar la guerra se lo siguió usando en la agricultura hasta su prohibición en 1972 en Estados Unidos.

En mayo de 2005 fue la primera reunión del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes donde se planteó la eliminación de 12 compuestos "plaguicidas y productos químicos industriales peligrosos que pueden matar a la gente, producir daños en el sistema nervioso e inmunitario, provocar cáncer y desórdenes reproductivos, así como perturbar el desarrollo normal de lactantes y niños", entre los cuales se encuentra el DDT, cuyas características entran en la clasificación de "altamente tóxicos". Este convenio entró en vigencia en 2004. Otros productos prohibidos por este convenio son:



dieldrina, endrina, heptacloro, mirex, toxafeno, bifenilos policlorados o PCBs, hexaclorobenceno, dioxinas y furanos.

Los contaminantes orgánicos persistentes son moléculas semivolátiles, que se evaporan a una velocidad relativamente lenta y se dispersan ampliamente en el ambiente (a través del viento, ríos, corrientes marinas, sedimentos, animales y personas), y que se han encontrado en lugares tan distantes como el Ártico. Son compuestos muy tóxicos que en bajas concentraciones pueden afectar la salud de las personas, animales y plantas y, debido a que se concentran en los lípidos de tejidos grasos, y se bioacumulan a medida que pasan de un eslabón a otro en la cadena trófica. En el caso de peces, la grasa contaminada con DDT puede pasar a los huevos en formación que más tarde servirá de alimento para el embrión (Alzagaray, 2009).

Algunos de estos contaminantes son considerados estrógenos ambientales, que tienen la capacidad de influir en el sexo de algunos animales, por ejemplo de reptiles y peces. Este es el caso del DDT. En un experimento hecho por la Administración de Océanos y la Atmósfera de Estados Unidos, se trató embriones de peces con DDT y se consiguió que embriones machos crecieran como hembras. El impacto de una situación como esta en condiciones naturales, puede tener impactos muy negativos en poblaciones de especies silvestres, especialmente si están en peligro o amenazadas con la extinción (Alzagaray, 2009).

Los plaguicidas organofosforados surgieron como armas químicas (gases neurotóxicos) en Alemania, durante la II Guerra Mundial, y pasaron a la agricultura como insecticidas con el nombre de paratión y malatión. Los organofosforados se consolidaron con la prohibición del uso de los organoclorados.

A su vez, los carbamatos se descubrieron en 1947 y se los usa como insecticidas y herbicidas. Las abejas son muy sensibles a la presencia de carbamatos, y pueden bioacumularse en peces si su metabolización es lenta.

## LOS HERBICIDAS NACIERON CON LA GUERRA: EL CASO DEL 2,4-D

### Art. 15.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos.*



Los herbicidas, que comprenden un grupo bastante diverso de químicos, se introdujeron en la agricultura después de la II Guerra Mundial. Al momento, son los plaguicidas más utilizados. Entre ellos se destaca el 2,4-D, o ácido 2,4-diclorofenoxiacético, conocido por su nombre común como 2,4-D se le clasifica dentro del grupo de los herbicidas fenoxi o fenoxiacéticos o clorofenólicos. También están el 2,4-DB, dicamba y el MCPB.

Otros compuestos pertenecientes a este grupo, que han sido retirados o prohibidos por muchos países, son el 2,4,5-T, el 2,4,5-TP o Silvex, el MCPA.

Por su modo de acción, al 2,4-D se incluye dentro de los "herbicidas hormonales" pues actúa de modo parecido a la hormona natural auxina, o ácido indol-3-acético (AIA). Las plantas producen hormonas -que son sustancias químicas que actúan de manera precisa y en cantidades muy pequeñas- y su concentración es regulada por la propia planta; en el caso de la auxina es una hormona que regula el sano crecimiento y desarrollo vegetal, pero en su forma sintética, y a una concentración mucho mayor, provoca la muerte de la planta ya que no encuentra un mecanismo de control interno.

El 2,4-D es un herbicida llamado sistémico debido a que se absorbe por las hojas o la raíz y se transporta por la savia a todo el cuerpo, alcanzando los tejidos internos y partes no rociadas. Se acumula en las regiones de crecimiento e induce malformaciones que matan a la planta. Es considerado uno de los primeros herbicidas "selectivos" pues mata más a las plantas de hoja ancha y causa poco daño a los de hoja angosta. Se ha usado para controlar malezas de hoja ancha, anuales y perennes, en su postemergencia, en cultivos de cereales, caña de azúcar, pastizales, áreas industriales y en céspedes, jardines domésticos y campos de golf. El 2,4-D también se vende mezclado con fertilizante para el cuidado de jardines domésticos.

El 2,4-D se produce de diversas formas, incluyendo su forma como ácido, pero al ser muy volátil y corrosivo los productos comerciales se formulan como sales aminas o ésteres del ácido, existiendo ésteres de baja y alta volatilidad. Las sales aminas se formulan comúnmente como soluciones acuosas, mientras que los ésteres menos solubles en agua se aplican como emulsiones.

Su toxicidad aguda varía según estas formas. Además de su forma como ácido hay ocho sales y ésteres del 2,4-D registrados en Estados Unidos, con más de 660 productos comerciales, agrícolas y domésticos, que lo contienen como ingrediente activo o mezclado junto con otros ingredientes.

Hay que considerar además que en las formulaciones comerciales del 2,4-D se encuentran otros ingredientes mal llamados "inertes" que no son desglosados en la etiqueta, ni incluidos en las pruebas requeridas para su registro pero que son también tóxicos.



## EL 2,4-D, DE ARMA QUÍMICA A CAMPEÓN DE VENTAS PARA LAS CORPORACIONES TRANSNACIONALES

Fernando Bejarano González

Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM)

“... La entrada del 2,4-D al mercado de plaguicidas, después de la Segunda Guerra Mundial, es considerada por diversos autores como el inicio de la “historia moderna de los herbicidas”; es decir, del uso de sustancias químicas sintetizadas en el laboratorio que son producidas industrialmente para ser usadas en el control de las llamadas “malezas” o plantas indeseables ...”

### “... EL ORIGEN MILITAR DEL 2,4-D DURANTE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

El origen de la producción industrial del 2,4-D está ligada a la investigación militar secreta para su eventual empleo como arma química durante la Segunda Guerra Mundial y su expansión comercial posterior para fines civiles se explica por el interés de las corporaciones de la industria química por lanzar nuevos plaguicidas y conquistar nuevos mercados. Estimulados por la aplicación militar de sus descubrimientos, los científicos ingleses de los laboratorios de la Imperial Chemical Industries (ICI) descubrieron en 1940 las propiedades herbicidas de ciertas hormonas producidas sintéticamente que regulan el crecimiento de las plantas, e inventaron la molécula química del Metil-Cloro- Fenoxi-Acético, conocido como MCPA; posteriormente, y de acuerdo con Sebastián Pinheiro (1), un ataque de la aviación nazi a las instalaciones de la ICI, que causó la muerte de más de cinco mil investigadores, motivó el traslado de los supervivientes a Canadá y a Fort Detrick en Estados Unidos. Los ingleses pensaban rociar MCPA sobre los cultivos alemanes de papas y remolacha azucarera, porque además de ser un alimento estratégico, estos cultivos representaban también la base para la producción de combustible para las bombas voladoras V1,2 y V9 que masacraban a la población londinense.

Trabajando sobre la molécula del MCPA los estadounidenses descubrieron que sustituyendo el metil (M) por una molécula de cloro obtenían el ácido, di-cloro-fenoxiacético ó 2,4-D, bajando los costos y aumentando la eficiencia del herbicida; y que cuando se asignaba un tercer átomo de cloro se obtenía otro producto aun más potente para uso militar: el 2,4,5-T, que actuaba en árboles de gran porte, matándolos en pocos días.

En Estados Unidos, según relata Jack Doyle(1) el ejército contrató al líder del laboratorio botánico de la Universidad de Chicago para que continuara con sus investigaciones sobre el efecto herbicida de los reguladores del crecimiento de las plantas, con el interés de usarlos para acabar con las fuentes de abastecimiento de alimentos del enemigo. Esta investigación secreta tuvo como centro al



Campo Detrick (después llamado Fort Detrick) en Frederick, Maryland y recibió un fuerte impulso al formar parte de los Proyectos Especiales de la División del Servicio de Guerra Química del Ejército de los Estados Unidos. Entre 1944 y 1945, según declaró el propio Secretario de Guerra, R.P. Paterson el Ejército evaluó los efectos herbicidas de más de 1,000 compuestos químicos diferentes, entre ellos el 2,4-D y el 2,4,5-T.

El 2,4-D fue específicamente considerado por el Ejército de Estados Unidos como una arma química para destruir los cultivos de arroz japoneses. En mayo de 1945 dos navíos cargueros militares estadounidenses repletos de 2,4-D y 2,4,5-T llegaron a las Islas Marianas, en el Pacífico, próximas a Japón, listas para ser usadas, pero el éxito de las bombas nucleares en Hiroshima y Nagasaki anticiparon el fin de la guerra y ya no fue necesario el uso de estos herbicidas como armas químicas. Los británicos tuvieron una idea similar y usaron el 2,4,5-T en Malasia contra los cultivos de las guerrillas comunistas chinas, años más tarde.(2)

Las corporaciones químicas se ahorraron los costos de investigación y desarrollo del 2,4-D y el 2,4,5-T, que fueron pagados por el Ejército de Estados Unidos, y al acabar la Segunda Guerra Mundial se lanzaron a la conquista y exploración de nuevos mercados. La disponibilidad del suministro de fenol, derivado del benceno y producto de las refinerías del petróleo favoreció la producción industrial del 2,4-D en los Estados Unidos.

En 1945, Dow comenzó a vender 2,4-D como un herbicida para el cuidado de los jardines domésticos y campos de golf, para el control de malezas en arroz, caña de azúcar y sorgo; y para el control de pastizales. A ferrocarriles y empresas eléctricas se les ofrecía para el control de malezas en el mantenimiento de las vías de comunicación y transmisión. En 1948, Dow inició la venta del 2,4,5-T bajo el nombre de Silvex y desde 1950 comenzó a producirlo en su planta industrial de Midland, Michigan. El 2,4-D y el 2,4, 5-T fueron durante décadas los herbicidas más vendidos en Estados Unidos. Incluso ya en 1962, Rachel Carson en su famoso libro "La Primavera Silenciosa" -que detonó la conciencia de la opinión pública sobre los problemas creados por los plaguicidas químicos- denunciaba ya los problemas reportados por el uso del 2,4-D y 2,4,5-T a en la agricultura y en el cuidado de los jardines (3) .

### **EL 2, 4- D Y EL "AGENTE NARANJA" EN LA GUERRA DE VIETNAM**

La combinación de los herbicidas 2,4-D y 2,4,5-T, por partes iguales y en concentraciones muy superiores a las usadas en la agricultura, constituyó una potente arma química usada en la Guerra de Vietnam, denominada "Agente Naranja", que fue usado como defoliante por el ejército de Estados Unidos mediante aspersiones aéreas, para impedir que la selva sirviera de protección a la guerrilla comunista del Vietcong en la llamada ruta de Ho-Chi-Min.



El Ejército de Estados Unidos también utilizó el 2,4,5-T de manera individual con el nombre de Agente Rosa y más tarde, como Agente Verde. Después que se canceló el Agente Naranja se usó el Agente Blanco - mezcla de 2,4-D con picloram, otro herbicida descubierto por Dow(4). Esta última mezcla, aunque en menores concentraciones, se recomienda actualmente para el control de pastizales, con el nombre comercial de Tordon fabricado por Dow, entre otros.

Se calcula que en el período de 1962 a 1970, unos 80 millones de litros de herbicidas, de los cuales 43 millones fueron del Agente Naranja, fueron rociados durante nueve años por el ejército norteamericano sobre la selva sur de Vietnam, constituyendo la mayor campaña de guerra química nunca antes empleada en la historia. El Agente Naranja, estaba contaminado por la forma más tóxica de las dioxinas, la 2,3,7,8- TCDD, un compuesto orgánico persistente que se produce de manera no intencional durante el proceso de síntesis del 2,4,5-T. Millones de vietnamitas así como miles de pilotos, soldados y marinos de las tropas estadounidenses entraron en contacto con la mezcla de herbicidas y han sufrido sus consecuencias. Diversos tipos de cáncer, entre ellos leucemia y linfoma no-Hodgkin, así como malformaciones, problemas severos de la piel -como cloracné-, desórdenes metabólicos y cardiovasculares han sido atribuidos a la exposición por dioxinas(8).

En 1979, más de 15 mil veteranos estadounidenses de la Guerra de Vietnam iniciaron una demanda colectiva contra las empresas productoras del Agente Naranja que habían recibido jugosos contratos del Pentágono durante el conflicto militar; entre ellas, Dow Chemicals, Monsanto, Diamond Shamrock, Uniroyal y Hércules. La lucha de los veteranos originó varias batallas legales y una investigación sobre los efectos crónicos a la salud debidos a la exposición a dioxinas, lo que derivó en compensaciones limitadas y un reconocimiento parcial de las enfermedades provocadas (9). En Enero del 2004 la Asociación Vietnamita de Víctimas del Agente Naranja demandó por crímenes de guerra ante una Corte Federal de Estados Unidos a las 37 corporaciones químicas estadounidenses que lo fabricaron y distribuyeron, entre ellas Dow y Monsanto, sus principales productores (10). En Enero del 2006 una Corte en Corea del Sur sentenció que Dow Chemical y Monsanto debían compensar a 6,800 coreanos afectados por el Agente Naranja, durante la Guerra de Vietnam.

Gracias a los juicios promovidos ante la Corte Federal de Estados Unidos, la opinión pública se enteró mediante un extenso reportaje del New York Times en 1983 que Dow Chemical estaba enterada desde 1964 de la contaminación con dioxinas en la producción del 2,4-5-T en su planta industrial de Midland, Michigan, a causa de un brote de cloracné ocurrido entre sus trabajadores. Dow, como principal productor de 2,4,5-T, invitó a otras empresas fabricantes de este herbicida, entre ellas Monsanto y Hooker Chemical (después Occidental), para discutir las implicaciones políticas y científicas de la contaminación con dioxinas de su



línea de producción del Agente Naranja, pero no informó sobre este descubrimiento al gobierno sino hasta 1970.

Durante seis años Dow continuó fabricándolo y vendiéndolo al ejército norteamericano para ser usado en Vietnam (12).

#### Referencias:

1. Sebastian Pinheiro, REL-UITA, 29 de marzo del 2004. Jack Doyle, *Trespass Against Us. Dow Chemical & the Toxic Century*. Common Courage Press, Monroe Maine. Environmental Health Fund, Boston, Massachusetts. 2004, p. 55. El autor cita como referencia a Peterson, G. E. 1967. "The discovery and development of 2,4-D". *Agricultural History*. Vol. 41, July 1967, pp. 243- 253. La misma fuente es citada por Orvin C. Burnside en "The history of 2, 4- D and its impact on development of the discipline of Weed Science in the United States" 1995 en [www.224d.org/abstracts/chapter2.ppt](http://www.224d.org/abstracts/chapter2.ppt) donde complementa con información proporcionada por uno de los científicos militares asignados al Campo Detrick.
2. Jack Doyle, op cit, p.131 y Edmund Russell. *War and Nature. Fighting human and insects with chemicals from World War I to Silent Spring* Cambridge University Press, 2001 p. 2253.  
EPA, Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas, Quinta Edición, Sept. 1999. Capítulo 9.2 Herbicidas clorofenólicos", pp 106-111.
8. Artículo de Tom Fawthrop Cu Chi district Vietnam. BBC News 14 junio 2004, <http://news.bbc.co.uk/go/em/fr/-/2/hi/asia-pacific/3798581.stm> , y Agencia Vietnamita de Noticias (VNA), Notas del 3 y 26 de febrero 2004, 19 y 25 de marzo 2004, 12 y 26 de julio del 2004, ver [www.vnnet.vn](http://www.vnnet.vn)
9. Beyond Pesticides. Technical Report, vol.21, no 2, February 2006. p 4 [www.beyondpesticides.org](http://www.beyondpesticides.org)
10. Jack Weinberg , et. al. *Dow Brand Dioxin: Dow Makes You Poison Great Things*. Greenpeace Report, USA 1995.
11. El estudio de la EPA fue el primer estudio a gran escala en humanos que examinó los efectos reproductivos en mujeres de niveles bajos de exposición a dioxinas; también fue el primer estudio en humanos para correlacionar los efectos tóxicos en agua y fuentes alimenticias, leche humana, fauna y tejidos humanos, según indica Carol Van Strum en Lois Marie Gibbs y el Citizen's Clearing House for Hazardous Waste en *Dyng from Dioxin* South End Press, Boston MA, pp 122-124.
12. Carol Von Strum, "Back to the future: EPA reinvents the Wheel on reproductive effects of dioxin". *Synthesis- Regeneration* 7-8, Summer 1995. ver <http://grrens.org/s-r/078/07-25.html> y Carol Von Strum en Lois Marie Gibbs y el Citizen's Clearing House for Hazardous Waste op. Cit.

FUENTE: <http://www.reduas.fcm.unc.edu.ar/2-4-d-de-arma-quimica-a-campeon-de-ventas/>



## EL GLIFOSATO Y SU IMPACTO EN LAS INTERACCIONES ECOLÓGICAS

El glifosato es un herbicida no selectivo y de amplio espectro, y es el más utilizado actualmente en el mundo. El glifosato mata las plantas porque inhibe la enzima 5-enolpiruvil-shiquimato-3-fosfato sintetasa (EPSPS), y en la ruta del ácido shikímico, que forma los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano. El 20% del carbono que es fijado en la fotosíntesis es utilizado en esta ruta metabólica. La ruta metabólica del ácido shikímico está presente en plantas y micro-organismos.

En sus distintas formulaciones (por ejemplo como Roundup), los efectos del herbicida pueden incrementarse o generar nuevos impactos. Los fabricantes de fórmulas comerciales a base de glifosato afirman que se trata de productos de "baja toxicidad y amistosos para el medio ambiente". Sin embargo, diversos estudios toxicológicos conducidos por instituciones científicas independientes indican que este herbicida no es en lo absoluto seguro, como se pensaba antes. En efecto, productos a base de este principio activo pueden ser altamente tóxicos para la flora y fauna silvestre, microorganismos y seres humanos (RAPAL, s/f).

### LA RUTA METABÓLICA DEL ÁCIDO SHIKÍMICO

Esta es una ruta metabólica presente en plantas y microorganismos, pero no en animales, por lo que se cree (erróneamente) que este herbicida no los afecta. En la ruta del ácido shikímico se sintetizan todos los aminoácidos aromáticos, y además comprende un conjunto de reacciones metabólicas de gran relevancia en la biosíntesis de metabolitos secundarios.

A partir del ácido shikímico se producen varios productos aromáticos como ligninas, alcaloides, flavonoides, ácidos benzoicos y fitohormonas propias del metabolismo secundario como los aleloquímicos; y es el precursor de diversos intermediarios metabólicos aromáticos, muchos de los cuales son anti-oxidantes.

### El glifosato afecta a las redes tróficas

Algunas poblaciones de flora son especialmente vulnerables al glifosato o sus coadyuvantes. Estas plantas pueden ser el alimento de insectos y estos de aves o anfibios...produciéndose impactos en toda la red trófica. Estos organismos pueden mantener relaciones simbióticas con otros (por ejemplo con epífitas, saprofitas, parásitas, con micro-organismos fijadores de nitrógeno o micorrizas) que también se verán afectados.

Las especies menos susceptibles al herbicida pueden convertirse en competidoras agresivas. Ya hay varias especies de "malezas" (por ejemplo *Conmelina*,



*Amaranto, Ipomea y Richardia*), que tienen cierto grado de tolerancia a las dosis recomendadas, sobre todo en áreas donde se usa extensivamente este producto (Bermejo, 2012).

### Impacto del glifosato en el ciclo de nutrientes

Se ha reportado (Kremer et al, 2009) que el glifosato provoca una disminución de los hongos micorriza y las bacterias nitrificantes, así como en los microorganismos responsables de la descomposición de materia orgánica en nutrientes (Abdel-Mallek et al, 1994). Esto ha sido observado en Argentina, donde la utilización de grandes cantidades de glifosato, asociada al cultivo de soya transgénica, ya está afectando el equilibrio natural y la vida microbiana del suelo, originando problemas en la descomposición de la materia orgánica, y amenaza la biodiversidad y el futuro productivo de extensas comarcas (Joensen y Semino, 2004).

### El glifosato aumenta el número de organismos patógenos

A medida que disminuyen los microorganismos benéficos se ha observado un aumento de organismos patógenos. Uno de los géneros que tiende a aumentar en presencia de glifosato es el género *Fusarium*. En Estados Unidos se ha observado que la utilización cada vez mayor de glifosato en soya transgénica, incrementa los problemas de colonización de las raíces por *Fusarium*, un hongo que produce grandes daños en los cultivos y cuya presencia en los alimentos puede tener efectos nocivos para la salud humana, llegando a ser mortal en concentraciones elevadas (Kremer y Donald, 2003).

La esencia de los plaguicidas es atender contra los organismos vivos. Por su modo de acción, interfieren en los ciclos biológicos, con fuertes impactos en los procesos metabólicos y evolutivos.

## LOS DOS METABOLISMOS

### CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

Art. 57.12.- Se reconoce y garantizará a las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas, [...] los siguientes derechos colectivos:

Mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos;  
sus ciencias, tecnologías y saberes ancestrales;  
los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad;  
sus medicinas y prácticas de medicina tradicional;  
y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.



Se prohíbe toda forma de apropiación sobre sus conocimientos, innovaciones y prácticas.

Art. 71.- *La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente [...] el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales.*

Art. 404.- *Se prohíbe el otorgamiento de derechos, incluidos los de propiedad intelectual, sobre productos derivados o sintetizados, obtenidos a partir del conocimiento colectivo asociado a la biodiversidad nacional.*

Art. 320.- *Se reconoce la propiedad intelectual con arreglo y en las condiciones de Ley. Se prohíbe toda forma de apropiación sobre conocimientos colectivos: ciencias, tecnologías, y saberes ancestrales. Se prohíbe también la apropiación sobre los recursos genéticos que contienen la diversidad biológica y la agrobiodiversidad.*

En todos los seres vivos tienen lugar distintas reacciones bioquímicas y procesos físico-químicos, que son la base de la vida a escala molecular, y permiten las diversas actividades de las células: crecer, reproducirse, mantener sus estructuras, responder a estímulos, etc. Este conjunto de procesos se llama *metabolismo*.

Los procesos metabólicos pueden ser *catabólicos* (donde se libera energía como ocurre en la glucólisis en la que se degrada la glucosa) y *anabólicos* (que utilizan la energía liberada en procesos tales como la síntesis de proteínas o de ácidos nucleicos). Más adelante analizaremos con más detalle estos procesos. El *catabolismo* y el *anabolismo* son procesos acoplados, puesto que cada uno depende del otro. Estos procesos tienen lugar en casi todos los seres vivos, y se denomina *metabolismo primario*.

Sin embargo, algunos organismos vivos tienen un *metabolismo secundario* paralelo, que cumple funciones complementarias a las básicas para la vida. Los microorganismos inician su metabolismo secundario en la fase estacionaria (idiofase), cuando se detiene la fase de crecimiento (o trofofase) pero siguen metabólicamente activos.

Los llamados *metabolitos secundarios* (cuya biosíntesis se deriva de intermedios o monómeros del metabolismo primario) permite a un organismo facilitar la comunicación con otros seres de la misma especie -o de otra-, enfrentar situaciones de estrés (bajas temperaturas, presencia de químicos, sequías, etc.) o al ataque de depredadores, patógenos o parásitos. Por lo tanto, estos metabolitos secundarios son producidos bajo condiciones fisiológicas específicas. Tienen un bajo peso molecular y no cumplen un rol universalmente esencial en los proce-



Los metabolitos secundarios son bioquímicos celulares. A veces son compuestos con estructuras complejas y son químicamente muy diversos; se los clasifica de acuerdo a sus precursores inmediatos en el metabolismo primario o si son volátiles o no-volátiles, o se diferencian por su peso molecular. Los no-volátiles, que son los más pequeños son activos en la fase gaseosa, en tanto que los metabolitos no-volátiles son moléculas más grandes y se pueden difundir en un sustrato sólido o líquido.

Los metabolitos secundarios tienen una distribución restringida y específica de los organismos que los producen. Entre ellos se incluyen los antibióticos, alcaloides, terpenos, saponinas, taninos.

## METABOLITOS SECUNDARIOS EN ANIMALES Y PLANTAS

Algunos animales y plantas también producen metabolitos secundarios para atender distintas necesidades. Folgarait y Farji-Brener (2005) describen cómo estos metabolitos son el medio de comunicación por ejemplo entre hormigas:

Para realizar tareas complejas de forma coordinada, las hormigas tienen que comunicarse entre sí. Pese a que pueden verse con sus ojos y tocarse con sus antenas, la principal forma de comunicación entre ellas es mediante mensajes químicos. Las hormigas son como bolsas químicas caminantes, llenas de glándulas exócrinas (o sea, que secretan sustancias hacia el exterior del cuerpo). Cada una de estas glándulas producen diferentes sustancias, llamadas feromonas, las cuales son interpretadas por los miembros de la colonia. Existen diferentes feromonas, muchas de las cuales son específicas y “comunican” distintos mensajes.

Los autores describen distintos tipos de mensajes en las hormigas:

1. De reclutamiento (para localizar alimentos, o para guiarlas mediante marcadores químicos a sitios donde ya estos han sido ubicados)
2. De alarma (en caso de que presencia de enemigos, condiciones ambientales hostiles o si se ha dañado el hormiguero)
3. Las feromonas<sup>28</sup> sexuales (para facilitar el encuentro entre machos y hembras aladas) y funerarias (para que la hormiga muerta sea llevada a la pila de basura).

Las plantas producen metabolitos secundarios como una respuesta a heridas o ataques de agentes patógenos. Algunos de estos compuestos incluyen los alcaloides, terpenoides y los fenilpropanoides, que son tóxicos para algunos microorganismos patógenos, insectos y vertebrados herbívoros (Sepúlveda Jiménez et al, 2004).

---

28 La primera feromona fue identificada (en 1956) en las mariposas del gusano de seda.



Los alcaloides son compuestos nitrogenados y se conocen alrededor de 12 mil tipos. Sólo para mencionar un ejemplo, las especies del género *Lupinus* producen los alcaloides *lupanina*, *angustifolina*, *13-hidroxilupanina* y *gramina* que tienen efectos bactericidas; el alcaloide *esparteína*, por su parte, inhibe el crecimiento de hongos y bacterias, así como la multiplicación de virus (Sepúlveda Jiménez et al, 2003).

Los fenilpropanoides conjugados con aminas se incorporan a la pared celular vegetal para aumentar su rigidez con el fin de que sean poco digeribles para insectos e vertebrados herbívoros (Sepúlveda Jiménez et al, 2004).

Otro grupo de metabolitos secundarios de plantas son los terpenos. Estos participan tanto en el metabolismo primario (carotenos y esteroides) como en el secundario. Hay más de 25 mil metabolitos secundarios dentro de los compuestos terpenoides, y son activamente importantes. Así los compuestos fenólicos están formados en la vía metabólica del ácido shikímico.

## INTERÉS INDUSTRIAL DE LOS METABOLITOS SECUNDARIOS

Los metabolitos secundarios han sido de mucho interés para la industria farmacéutica, agroquímica, de alimentos y otras.

<b>Metabolito secundario</b>	<b>Utilidad comercial</b>	<b>Fuente</b>
Penicilina	Antibiótico	Hongo (Penicillium)
Cefalosporina	Antibiótico	Hongo (Cephalosporium)
Estreptomina	Antibiótico	Bacteria (Streptomyces)
Griseofulvina	Antibiótico (antifúngico)	Hongo (Penicillium)
Actinomicina	Antitumoral	Bacteria (Actinomyces)
Pepstatina	Tratamiento antiulceroso	Bacteria (Actinomyces)
Ciclosporina A	Inmunosupresor	Hongo (Tolypocladium inflatum)
Krestina	Tratamiento del cáncer	
Bestatina	Tratamiento del cáncer	
Gibberelina	Regulador del crecimiento vegetal	Plantas



Los metabolitos secundarios mejor conocidos son los antibióticos. En 1908 se sintetizó la sulfanilamida cuyas propiedades antibióticas fueron descubiertas en 1932. Paul Ehrlich sintetizó la arsfenamina que fue usada en el tratamiento de la sífilis. Así se había iniciado la era de los antibióticos.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Alexander Fleming descubrió el primer antibiótico natural: la penicilina. Esta es producida por un hongo del género *Penicillium*. En poco tiempo había una producción de media tonelada del antibiótico al mes. Posteriormente, se aisló el núcleo de la molécula de la penicilina, que sirvió de chasis para sintetizar nuevos antibióticos, y se investigó otros hongos para buscar más moléculas. El desarrollo de nuevos antibióticos continúa, a medida que las bacterias siguen desarrollando resistencia a ellos.

Se ha encontrado antibióticos en bacterias, especialmente de los géneros *Streptomyces*, *Bacillus* y entre las pseudomonas fluorescentes. Entre los hongos que producen antibióticos están las especies de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Cephalosporium*, entre otros.

## METABOLITOS, BIOPROSPECCIÓN Y LA MERCANTILIZACIÓN DE LA VIDA

La gran importancia que tiene para la industria el descubrimiento de nuevos metabolitos secundarios ha dado lugar a la llamada "bioprospección", que es la búsqueda de nuevos organismos que pueden producir compuestos de utilidad para la fabricación de productos con valor farmacéutico, cosmético, alimenticio o biotecnológico.

La bioprospección ha sido llevada a cabo desde la época de la conquista española y se ha prolongado durante toda nuestra historia. Recordemos que el primer viaje de Colón fue para buscar especias, y más tarde, el de Gonzalo Pizarro para encontrar el "País de la Canela".

Veamos lo que dice la farmacéutica Novartis sobre el tema<sup>29</sup>

En el pasado, era costumbre que los miembros de los equipos de investigación recolectaran las muestras naturales necesarias para estos exámenes durante sus vacaciones o en los viajes de negocios. En el verano de 1969, un empleado de Sandoz, Hans Peter Frey, trajo a Basilea de sus vacaciones unas pocas muestras del suelo.

29 Información disponible en:  
<http://www.novartis.com.ar/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/archivos/La%20historia%20de%20la%20ciclosporina%20A.pdf>



En los laboratorios de Sandoz, estos trozos del suelo fueron sometidos a estudios de rutina. De la muestra del suelo se seleccionaron unas cepas de hongos para investigación en una serie de pruebas para la producción de antibióticos o de sustancias antifúngicas.

Una de estas cepas era la del hongo *Tolyocladium inflatum*. Aunque el hongo no demostró ninguna actividad antibacteriana, inhibió el crecimiento de otros hongos provocando que ellos se dividieran (ramificaran) en una forma muy específica. Esto indujo a un análisis químico exhaustivo de la sustancia activa: la ciclosporina A.

Lo que se está describiendo aquí es el proceso de obtención de un nuevo fármaco que se inicia con la bioprospección, es decir la búsqueda de nuevos principios activos (en su mayoría, metabolitos secundarios). Mediante la bioprospección se pone a disposición del mercado la información necesaria para que la industria, una vez que ha identificado un principio activo, continúe con los siguientes pasos que se necesitan para el desarrollo de un nuevo producto.

No habría ningún problema que se desarrollen nuevos productos a partir de la biodiversidad, si esto sirviera para mejorar las condiciones de vida de la población, pero una vez que se encuentra un principio activo con valor para la industria, se lo patenta. Esto se llama biopiratería.

Después de la adopción del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), los países que son ricos en biodiversidad, consiguieron cambiar la legislación internacional (que sostenía que los "recursos genéticos" son patrimonio de la humanidad), para que se reconozca la soberanía de los estados sobre la misma. Lo que ha significado es que ahora los gobiernos pueden negociar los términos a través de los cuáles las empresas pueden acceder a la biodiversidad, y se lo hace a través de "contratos de acceso a recursos genéticos"<sup>30</sup> Con esto se abre la puerta para que se legitime las patentes (u otras formas de propiedad intelectual) sobre las formas de vida y los conocimientos asociados. Es decir, la empresa dueña de la propiedad intelectual sobre un principio activo, tiene su control monopólico y puede impedir a otros su uso (a menos que pague regalías).

Esta es una forma de privatizar la biodiversidad y la vida.

El proceso de bioprospección genera además conflictos dentro de las comunidades locales, porque no todos los miembros de una comunidad están de acuerdo con este tipo de convenios. Adicionalmente, estas actividades podrían poner en riesgo al recurso al que se quiere acceder, pues no siempre es posible sintetizar químicamente ciertos compuestos activos, y tiene que depender de la provisión de fuentes naturales.

---

30 Como parte del Convenio de Diversidad Biológica, se aprobó en 2010 el Protocolo de Nagoya, donde se norma con más detalle estos aspectos.



En el Ecuador ya existen ya varias patentes a partir de la biodiversidad. Para ilustrar lo dispuesto por la Constitución del Ecuador, vamos a tratar el patentamiento de la epipedobatidina.

Entre los anuros (el orden taxonómico de los sapos y ranas), hay cinco familias que producen alcaloides tóxicos como defensa contra sus predadores, de los que se producen unos 850 distintos tipos de compuestos químicos (Saporito et al. 2012). Una de ellas es la familia Dendrobatidae, a la pertenece la rana venenosa *Epipedobates tricolor*, endémica del sur del Ecuador y norte de Perú. Esta rana se alimenta básicamente de larvas de mosca de fruta, caracoles, escarabajos y hormigas. Su piel excreta un veneno que le protege de sus predadores.

Un lote de estas ranas salieron del Ecuador en 1976, para ser estudiadas en el laboratorio de John Daly en Estados Unidos, quien descubrió la *epipedobatidina*<sup>31</sup>, un alcaloide que es 200 veces más potente que la morfina, pero que produce efectos tóxicos secundarios peligrosos. Este alcaloide comparte ciertas características estructurales con la nicotina (alcaloide del tabaco) y con alcaloides tropanos. Es posible que el alcaloide es atrapado por la rana a partir de su alimentación basada en artrópodos, los que a su vez lo obtienen de una planta (Saporito et. al., 2012).

El principio activo fue patentado y posteriormente, posiblemente licenciado a la empresa Abbott. A partir de este principio activo Abbott<sup>32</sup> desarrolló el compuesto Tebanciclina (oABT-594), como un análogo menos tóxico de la epibatidina. Como la epibatidina, la tebanciclina mostró actividad analgésica potente contra dolor neuropático, tanto en ensayos en animales y humanos. Aunque es menos tóxica que la epibatidina, produce efectos secundarios gastrointestinales.

Desde entonces, se ha seguido investigando los principios activos de las ranas de la familia Dendrobatidae, a la que pertenece la rana *Epipedobates tricolor*, con fines científicos y comerciales (Daly et al. 2009).

Estos son apenas algunos casos del patentamiento de seres vivos y sus procesos biológicos.

31 Grupo de Expertos en Acceso y Distribución de Beneficios – CDB. (2006)

32 La investigación de Abbott fue publicada en: Broad-spectrum, non-opioid analgesic activity by selective modulation of neuronal nicotonic acetylcholine receptors." Science 279:77 Jan 1998.



La aplicación de derechos de propiedad intelectual sobre la vida, incluyendo sobre los productos producidos por seres vivos, viola el derecho que tienen todas las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir (como se expresa en el Art. 74 de la Constitución del Ecuador). Formas de propiedad intelectual como las patentes o derechos de obtención, son un tipo de monopolio que priva a terceros el uso del "objeto" patentado. Estos monopolios impiden que los seres vivos puedan continuar con sus procesos evolutivos, porque son "congelados", al ser retirados de su medio natural. Los seres vivos co-evolucionan de acuerdo a los cambios del medio, y en su interrelación con los seres humanos.



## CAPÍTULO 4

### LAS BIOMOLÉCULAS Y LOS MONOCULTIVOS

*Teóricamente podría fabricarse una computadora  
con mano de obra esclava,  
y aunque el modelo producido sea el más moderno,  
su forma de producción pertenece al pasado.  
Lo mismo sucede con la caña en el Brasil.  
Regresa al latifundio, economía de plantaciones y trabajo esclavo*

*Jorge Gómez Barata*

#### Art. 15.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía  
alimentaria, ni afectará el derecho al agua*

Las biomoléculas son la parte estructural o funcional de los seres vivos. Su compuesto fundamental es el carbono (C), pero también están constituidas por otros elementos, principalmente por nitrógeno (N), hidrógeno (H), y oxígeno (O) y en menor cantidad fósforo (P) y azufre (S). Hay otros elementos presentes en menor proporción. Las principales biomoléculas están agrupadas en carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Una de las biomoléculas más abundantes del planeta es la celulosa, que es parte constitutiva de la pared celular de todas las plantas. Los animales herbívoros no pueden asimilarla por lo que necesita ser descompuesta primero por algunos microorganismos, especialmente bacterias y hongos. Hay muchos animales que han co-evolucionado con estos microorganismos especializados, desarrollando relaciones simbióticas. Uno de los ejemplos más espectaculares es el de las hormigas arrieras -o cortadoras de hojas- que viven en grandes colonias bajo la tierra con una organización social compleja.

Las hormigas obreras salen de la colonia para dirigirse a los árboles u otra vegetación, cortar pedazos de hojas con sus mandíbulas y llevarlos hasta sus hormigueros. Una vez en la colonia, las hojas cortadas son masticadas por las hormigas y la pasta resultante es colocada en una cámara subterránea junto con sus excrementos. Allí, siembran esporas de un hongo, de la familia Lepiotaceae, que es cuidado por las hormigas. El hongo vive de la descomposición de la celulosa presente en esa masa de hojas masticadas. Luego el hongo es cosechado por las



hormigas, sirviendo de alimento a la colonia. De esa manera, las hormigas proporcionan alimento a los hongos y estos proporcionan alimento a las hormigas.

Al excavar sus grandes colonias, las hormigas mueven grandes cantidades de tierra y abren muchas entradas, lo que permite airear los suelos y a darle una textura suelta. Cuando las hojas sobre la que cultivan los hongos han terminado de descomponerse, las hormigas la sacan del hormiguero y las acumulan en grandes montículos, que constituyen un excelente abono para las mismas plantas de las que cortaron pedazos de hoja.

Las termitas también se alimentan de celulosa gracias a la simbiosis que establecen con ciertos microorganismos.

## LOS CARBOHIDRATOS

La principal función de los carbohidratos es almacenar energía y ser parte de la estructura celular. Los monosacáridos son los azúcares simples y están formados por moléculas que tienen desde tres átomos de carbono (triosa) hasta seis carbonos (hexosa). La fórmula química general de un monosacárido es  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ , donde  $n \geq 3$ . El monosacárido más importante es la glucosa que es la fuente de energía de las plantas, y es el principal producto de la fotosíntesis.

Los disacáridos son azúcares dobles y poseen dos moléculas de monosacáridos que se unen mediante un enlace covalente llamado glucosídico. Los disacáridos más importantes son: sacarosa, fructosa, maltosa, lactosa.

El carbohidrato más consumido en el mundo es la sacarosa (conocida también como azúcar), y su principal fuente es la caña de azúcar.

### EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

En los últimos años se promueve el etanol de caña como una solución para el cambio climático porque sustituiría a los combustibles fósiles. Se la presenta además como una alternativa para el desarrollo rural y como una nueva fuente de divisas para los países tropicales.

En realidad, lo que se está promoviendo es volver a la economía de plantaciones que fue instaurada en nuestro continente en la época de la Colonia, pero con nuevas y sofisticadas estrategias que permite la tecnología actual. Al respecto, el periodista cubano Jorge Gómez Barata dice sobre la gran promoción que está recibiendo esta industria en Brasil –primer productor de caña de azúcar y de etanol a nivel mundial:



*“Teóricamente podría fabricarse una computadora con mano de obra esclava, y aunque el modelo producido sea el más moderno, su forma de producción pertenece al pasado. Lo mismo sucede con la caña en el Brasil. Regresa al latifundio, economía de plantaciones y trabajo esclavo.”*

Las grandes plantaciones de caña para azúcar o para etanol están fortaleciendo a los agronegocios y exacerbando sus impactos. Lejos de reactivar la economía campesina, su adopción masiva va a acelerar el proceso de descampesinación que se vive en el Tercer Mundo, y pone en peligro su soberanía alimentaria, pues entre sembrar para dar combustible a los autos y cultivar para el alimento humano, se prefiere lo primero.

Aunque en la región las grandes plantaciones de caña se remontan a las épocas de la Colonia, los grandes ingenios azucareros se establecieron en el Ecuador poco después de instaurada la República. Estos se asentaron en la Cuenca Baja del Río Guayas que es la zona más fértil del país, por estar formada por suelos de origen fluvial y ser alimentada por los materiales transportados por corrientes de agua que bajan del Chimborazo. Muchos de los llamados “héroes de la independencia” fueron recompensados con tierras en esta zona, que hasta entonces habían sido comunas Huancavilca.

La cuenca del Río Guayas ha sido ocupada intensivamente desde hace 5.000 años. Ahí se estableció un sistema de camellones de 50.000 hectáreas, que fueron reconstruidos varias veces con intervalos de cientos de años. Estos camellones tienen la finalidad de controlar las inundaciones estacionales. En el ambiente acuático ponían peces y plantas acuáticas comestibles que al morir servían de abono. En las épocas secas, los cultivos que requerían humedad crecían en las zonas donde la humedad había sido retenida. En las plataformas (ambiente terrestre) se usaba el lodo del fondo del pantano como abono. Se sembraban árboles que servían como fijadores del canal, cortinas rompevientos, frutales y como leña. Se sembraban además cultivos de “entretenimiento” de plagas como un método de control biológico. Los cultivos que utilizaron fueron principalmente el fréjol y el maíz.

Estos sistemas agrícolas basados en la biodiversidad fueron sustituidos por los monocultivos de caña. Al momento hay unas 80 mil hectáreas en la cuenca baja del río Guayas cubiertas por estas plantaciones.

Como todo monocultivo, la expansión de la caña ha significado la transformación total del ecosistema natural y el uso intensivo de agua, suelos e insumos agrícolas.



Se calcula que por cada tonelada de caña que se cosecha, se extrae del suelo 0,66 kg de nitrógeno, 4 kg de fósforo y 1,5 kg de potasio; consumiendo de esta forma los macro y micronutrientes, lo que empobrece el suelo, aparte de la erosión por un mal manejo del riego.

La actividad agrícola requiere el uso de herbicidas, fungicidas, bactericidas, insecticidas, nematocidas, acaricidas, rodenticidas y otros plaguicidas. Los agrotóxicos más utilizados son los herbicidas. Estos agrotóxicos pueden mantenerse en el suelo y en el agua por largo tiempo, poniendo en peligro a las poblaciones de microbios y a otros organismos que entran en contacto con estas sustancias. Estos químicos pueden infiltrarse hacia las aguas subterráneas, contaminando las reservas acuíferas. Estos compuestos tóxicos impactan en las poblaciones de otros insectos que no son plagas, y que forman parte de los sistemas naturales de control biológico y de la polinización. Son especialmente peligrosos los plaguicidas órgano-clorados y los órgano-fosforados.

Los pequeños y medianos cañicultores usan mucho menos plaguicidas que los grandes productores. Hay además una gran cantidad de campesinos que han integrado la caña en sus sistemas agrícolas diversificados y que casi no usan químicos.

Como madurante de la caña de azúcar se usa el glifosato. Como vimos en el capítulo anterior, este plaguicida causa muchos impactos a la salud y el ambiente. En la caña, lo que hace es inhibir la elongación de los tallos sin afectar severamente al cultivo. Los madurantes permiten la acumulación de sacarosa en los entrenudos apicales que normalmente son inmaduros y provocan un desecamiento temprano del follaje. En muchos países –como el Ecuador- el glifosato es aspergeado desde el aire, contaminando el aire, el agua, la vida microbiana del suelo y las viviendas de la población.

Antes de la cosecha, se quema la caña para disminuir la alta cantidad de sustancias extrañas presentes en la materia prima. El humo y otros desechos sólidos que se emiten en este proceso se quedan en suspensión en el aire hasta disiparse, lo que genera severos problemas respiratorios de los trabajadores agrícolas y la población aledaña. Pero no solo hay impactos en la salud sino que también hay impacto sobre otros cultivos, pues la ceniza que cae sobre las hojas impide la fotosíntesis. La ceniza afecta también a los animales domésticos y la fauna nativa.

Aunque los pequeños cañicultores transforman la caña de azúcar en panela y aguardiente, los principales subproductos industriales de la caña son el azúcar y el etanol. La producción de etanol también produce impactos ambientales y en la salud de la población. Uno de los primeros impactos es la generación de efluentes, siendo el principal contaminante la vinaza<sup>33</sup> La contaminación de

33 La vinaza es el subproducto líquido de la destilación del mosto en la fermentación del etanol. Contiene un gran contenido de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno, azufre y fósforo.



los efluentes se expresa en toneladas del total de Demanda Biológica de Oxígeno. La DBO5 expresa la cantidad de oxígeno utilizado por la descomposición biológica después de 5 días, en una prueba estándar. La vinaza es el principal contribuyente de DBO aunque otros efluentes incluyen el lavado y el condensador de agua.

En la fase industrial se utiliza grandes cantidades de agua, principalmente en los procesos de producción de azúcar. Se estima un consumo promedio de 10,7 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de azúcar, de los cuales 5,05 m<sup>3</sup> son para el proceso, 5 m<sup>3</sup> para generación de vapor en las calderas y 0,65 m<sup>3</sup> para agua de reposición en los sistemas de aguas de enfriamiento.

Adicionalmente, se debe contar con cerca de 9 m<sup>3</sup> de agua de enfriamiento por tonelada de azúcar. El consumo de agua de las plantas de etanol proviene mayormente de la evaporación durante la refrigeración y el desecho de aguas residuales.

Una planta típica usa aproximadamente 16 litros de agua para producir 3,79 litros de etanol a partir de maíz, según el Instituto de Agricultura y Políticas Comerciales, aunque la industria del etanol fija dicha proporción en 3 litros de agua por 1 litro de combustible. Aunque hay estudios hechos sobre la producción de azúcar en Brasil que muestran que para producir una tonelada de caña de azúcar recolectada se necesita 5 m<sup>3</sup> de agua.

En cuanto al balance energético del etanol de caña en Brasil, se tiene que 1.454 galones/ha/año generan 130,4 GJ/ha/año. Si además se toma en cuenta la energía en fertilizantes, plaguicidas, maquinaria en las plantaciones, en destilerías, transporte, etc., en realidad en la producción de etanol se estaría requiriendo 36% más energía que la energía generada.

## LOS POLISACÁRIDOS

Son los carbohidratos más complejos, formados por varios monosacáridos. Su fórmula general es  $[C_6H_{10}O_5]_n$ .

Los polisacáridos más importantes son la celulosa, el almidón vegetal y el almidón animal. Su función biológica es constituirse en reservas de azúcares. Los polisacáridos estructurales participan la construcción de formas orgánicas. Algunos constituyen la pared celular de plantas, hongos y de otros seres vivos.

La celulosa es el polisacárido estructural más importante y al que se le ha dado más aplicaciones industriales, como por ejemplo como materia prima en la industria del papel.



La celulosa para la elaboración del papel proviene de árboles de rápido crecimiento como es el eucalipto y el pino. Ambos tipos de árboles producen problemas en el ambiente porque transforman ecosistemas naturales biodiversos -especialmente bosques- en monocultivos a la vez que desplazan poblaciones humanas. Ho y Cummins (2005) identifican algunos de los impactos de las plantaciones forestales sobre los ecosistemas boscosos y sobre las poblaciones humanas:

Los árboles de los bosques tienen una larga vida. Su sistema de raíces es extensivo e interactúa con numerosas especies en la biota del suelo, las cuales son cruciales para reciclar, almacenar y mantener los nutrientes en el ecosistema forestal. Por encima del suelo, los árboles proporcionan sombra, hogar y alimento a comunidades indígenas y a casi 2 millones de especies de insectos, aves, mamíferos, otras plantas, epífitas, hongos y bacterias.

Todos los seres humanos dependen de los bosques de una u otra manera ya sea con agua limpia, hábitat, alimentos, plantas medicinales y como santuarios recreacionales y espirituales.

La mayoría de ellos, especialmente los bosques tropicales, son esenciales para el ciclo del agua que lleva la lluvia hacia los cultivos. Regulan la temperatura de la Tierra, evitando que algunos lugares sean muy calientes o muy fríos. Los bosques absorben dióxido de carbono y producen oxígeno; en ese sentido son los "pulmones" del planeta.

Y añaden,

"El reemplazo de los bosques por plantaciones de árboles provocará un desastre ecológico para nuestro planeta, especialmente ahora que el calentamiento global se está acelerando dramáticamente. Los monocultivos de árboles, constituyen una amenaza a los ecosistemas forestales naturales biodiversos. Las denominaciones que ponen las comunidades locales a las plantaciones industriales son reveladoras. El eucalipto es el "árbol egoísta" porque sus plantaciones remueven nutrientes del suelo y consumen tanta agua que los campesinos no pueden cultivar arroz en los campos adyacentes. Los mapuche de Chile se refieren a las plantaciones de pino como "soldados plantados" porque son verdes, están en fila y avanzan. En Brasil, las plantaciones de árboles son "desiertos verdes" y en Sudáfrica las llaman el "cáncer verde".

Pero estos bosques están siendo reemplazados por grandes plantaciones de pino, eucalipto, teca y otras especies de rápido crecimiento. El Movimiento Mundial de Bosques (WRM por sus siglas en inglés), por muchos años ha estudiado los impactos de las plantaciones forestales y las fábricas de celulosa, algunos de los cuales se resumen en el siguiente recuadro.



## **FABRICAS DE CELULOSA : Del monocultivo a la contaminación industrial** **World Rainforest Movement**

### **El proceso de producción de la celulosa**

“Las plantas de celulosa se dedican al procesamiento de la madera para la obtención de la principal materia prima para la producción de papel: la pulpa, o pasta. Generalmente se trata de grandes fábricas situadas en las mismas zonas donde se recolecta la madera, es decir cerca de bosques o plantaciones de monocultivos de árboles, donde se facilite el transporte de troncos abaratando así los costos ...”

“... A mediados de la década de 1980 comenzó la discusión pública acerca del proceso de blanqueo de la celulosa. Los análisis revelaron una alta concentración de AOX (un parámetro que mide la concentración total de cloro vinculado a compuestos orgánicos en aguas residuales) en los vertidos de plantas de celulosa; posteriormente se encontraron también dioxinas. Dioxina es el nombre común para una familia de compuestos químicos (existen 77 formas diferentes de dioxinas), que presentan propiedades y toxicidad similares; aparecen como consecuencia de procesos térmicos que involucran productos orgánicos en presencia de cloro y tienen graves efectos sobre la salud y el ambiente, que se agudizan por sus propiedades de persistencia y acumulación. La producción mundial de pulpa química blanqueada ha aumentado en los últimos 15 años de 56 millones a cerca de 90 millones de toneladas. Según cifras del año 2002, aproximadamente el 20% de la producción mundial de celulosa es blanqueada químicamente con el tradicional cloro gas y alrededor del 75% es blanqueado con dióxido de cloro en el proceso ECF, mientras que apenas poco más de 5% es blanqueado por el proceso TCF.

### **Los problemas de las plantas de celulosa**

Las plantas de celulosa aumentan cada vez más en tamaño y capacidad de producción, agravando aún más los impactos de su proceso industrial, que de por sí presenta serios riesgos ambientales. Pueden identificarse algunos factores de riesgo:

\* el tamaño (la escala) : Las plantas actuales de pulpa de papel son unas megafábricas cuyo solo tamaño se convierte en un riesgo. En un proceso industrial en el que se utilizan tantos productos químicos tóxicos, cualquier pequeño detalle que se altere, cualquier fuga mínima, se convierten en grandes por la escala de la fábrica. Por otro lado, los efluentes tóxicos podrán ser pequeños comparados con los volúmenes que se procesan, pero no con las magnitudes que la naturaleza puede soportar. Los efluentes de una planta grande de 600.000 toneladas métricas son de aproximadamente 1000 litros por segundo.



\* el olor (emisiones) : Las descargas aéreas de las fábricas de celulosa (resultantes de la incineración de toneladas de residuos que quedan del proceso y son utilizados en la generación de energía), contienen productos químicos cancerígenos (fenoles clorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y Compuestos Orgánicos Volátiles), compuestos de azufre oxidado que provocan daños en la vegetación, compuestos que provocan trastornos hormonales (como por ejemplo fenoles clorados), y compuestos de azufre reducido causantes del característico olor penetrante a "huevo podrido" que se convierte en un problema para los pobladores de los alrededores. Estudios epidemiológicos recientes han evidenciado posibles efectos en la salud como consecuencia de la exposición a estos compuestos a niveles comúnmente presentes en las proximidades de una planta de celulosa. Un estudio finlandés (The South Karelia Air Pollution Study) muestra que la exposición a compuestos malolientes del azufre aumenta el riesgo de infecciones respiratorias agudas.

\* problemas con la producción misma de los agentes de blanqueo : Muchos blanqueadores químicos son reactivos y peligrosos de transportar, y por eso deben ser producidos en el lugar (in situ) o en las cercanías. Tal es el caso del dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), un gas amarillo verdoso extremadamente reactivo que explota con facilidad, lo cual representa un gran peligro, en caso de accidente, para los trabajadores de la planta y los pobladores vecinos. Otro agente utilizado, el cloro elemental ( $\text{Cl}_2$ ), es muy tóxico; se trata de un gas de color verdoso que se vuelve corrosivo en presencia de humedad.

\* los vertidos y la contaminación del agua : La gigantesca demanda de agua de las plantas de celulosa puede llegar a reducir los niveles de agua y sus vertidos pueden aumentar su temperatura, lo cual es crítico para el ecosistema fluvial. Generalmente las fábricas suelen instalarse cerca de un curso de agua con mucho caudal donde no solo abastecer su demanda (con menos costos) sino también verter luego sus efluentes. La industria de la celulosa es la segunda consumidora mundial de cloro y la mayor fuente de vertido directo de organoclorados tóxicos a los cursos de agua.

FUENTE: WRM. FABRICAS DE CELULOSA : *Del monocultivo a la contaminación industrial*. Montevideo, abril de 2005.  
[www.wrm.org.uy/plantaciones/Libro\\_celulosa.pdf](http://www.wrm.org.uy/plantaciones/Libro_celulosa.pdf)

[http://www.wrm.org.uy/plantaciones/Libro\\_celulosa.pdf](http://www.wrm.org.uy/plantaciones/Libro_celulosa.pdf)



## CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

Art. 281.- ... será responsabilidad del Estado:

3) Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.

Art. 409.- En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el Estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

## LOS LÍPIDOS

Los lípidos son biomoléculas que están compuestas principalmente por carbono e hidrógeno, y en menor medida de oxígeno. Los lípidos también pueden tener en su estructura química compuestos como fósforo, azufre y nitrógeno. Son insolubles en agua y en los compuestos inorgánicos debido a que en su estructura química tienen enlaces dobles que unen a los compuestos, pero son solubles en solventes orgánicos como la bencina, el alcohol, el benceno y el cloroformo.

Los lípidos tienen *funciones estructurales*, pues forman parte del tejido adiposo de los animales donde actúan como termoaislantes. El tejido adiposo también cumple la función de producir energía. Dado que tardan más que los carbohidratos en descomponerse, son reservas de energía para el cuerpo.

Hay vitaminas (como los terpenoides esteroides) y hormonas liposolubles de naturaleza lipídica que juegan un papel regulador, hormonal o de comunicación celular. Las hormonas esteroides regulan el metabolismo y las funciones de reproducción; otras tienen un papel destacado en la comunicación celular, en las respuestas inmunes, etc.

Los glucolípidos tienen además una función osmótica al actuar como receptores de las membranas celular y nuclear. Al ser los lípidos hidrófobos cumplen la función de dar a la membrana una permeabilidad selectiva, es decir seleccionar qué compuestos pueden atravesar la membrana célula y cuáles no.

Las plantas oleaginosas tienen un alto contenido de aceites por lo que son muy utilizadas en la industria. Un caso es el de la expansión de la palma aceitera en países tropicales. En Ecuador por ejemplo, debido al aumento de la demanda de biodiesel, es el monocultivo que más crece.



## **PALMA ACEITERA: LA EXPANSIÓN DE OTRO MONOCULTIVO DESTRUCTIVO**

Ricardo Carrere

“Durante las últimas décadas, el cultivo de la palma aceitera –también llamada palma africana– se ha venido expandiendo en forma acelerada en un número creciente de países del Sur, causando graves problemas para las poblaciones y el medio ambiente locales, llegando en muchos casos a desembocar en conflictos sociales y violaciones de los derechos humanos ...”

“... Las plantaciones de palma aceitera se están implantando principalmente en las regiones tropicales, donde en 1997 ocupaban 6,5 millones de hectáreas, en las que se producían 17,5 millones de toneladas de aceite de palma y 2,1 millones de toneladas de aceite de palmiste. En 2005 el área plantada era de 12 millones de hectáreas, llegando la producción 30 millones de toneladas de aceite. Es decir, que en menos de 10 años casi se han duplicado tanto el área plantada como la producción de aceite ...”

“... A medida que el área plantada aumenta, se incrementan en igual medida los impactos ambientales y sociales que el cultivo provoca ...”

“... Uno de los principales impactos es la apropiación de amplias áreas de tierras hasta entonces en posesión de poblaciones indígenas o campesinas, que de ellas obtenían sus medios de vida. Es común que esto genere procesos de resistencia ante ese despojo, normalmente enfrentados a través del aparato represivo del Estado y de las propias empresas palmicultoras. A la violación del derecho a la tierra se suma entonces la violación de una larga cadena de derechos humanos, inclusive el del derecho a la vida.

A la pérdida de las fuentes tradicionales de trabajo se suman las malas condiciones de trabajo en las plantaciones, donde a la peligrosidad de la tarea de cosecha se suma el uso generalizado de agrotóxicos, que impacta en primer lugar sobre los trabajadores (en su mayoría mujeres), contratadas para realizar esa tarea.

En un mundo crecientemente preocupado por la rápida desaparición de los bosques tropicales, es de destacar que en casi todos los casos los monocultivos industriales de palma aceitera se instalan en áreas boscosas. Detrás de los gigantescos incendios en Indonesia que conmoveron al mundo en 1997 estaban las grandes empresas plantadoras de palma, que hallaron más barato “limpiar” el área a ser plantada mediante el uso del fuego. Pero sin llegar a ese extremo, se puede generalizar que detrás de toda plantación industrial de palma aceitera hay un proceso de deforestación más o menos importante.

Esos bosques tropicales eliminados por este cultivo son a su vez el hábitat de una enorme biodiversidad. Estudios de caso en Malasia e Indonesia han demostrado



que el 80-100% de las especies de la fauna que habitan los bosques tropicales no pueden sobrevivir en monocultivos de palma. Sin embargo, algunas pocas especies logran adaptarse y se convierten en “plagas”, dado que, al no encontrar suficiente alimento por la desaparición de su hábitat natural, pasan a alimentarse de las plantas jóvenes de palma, provocando graves daños a las plantaciones. Esto a su vez resulta en la aplicación de métodos de “control”, que incluyen plaguicidas químicos que afectan aún más a la biodiversidad, así como a las aguas, suelos y salud de las poblaciones locales.

Además, estos monocultivos generan procesos erosivos a consecuencia del desbroce del terreno antes ocupado por bosques, que deja el suelo desnudo y expuesto a las fuertes lluvias tropicales. Estos procesos erosivos a su vez afectan a los cursos de agua provocando contaminación y sedimentación, lo cual tiene además consecuencia sobre las especies acuáticas que allí habitan y por ende sobre las poblaciones locales que se abastecen de agua y alimentos de la misma.

Adicionalmente, las industrias procesadoras impactan sobre la calidad de las aguas por la liberación de grandes cantidades de efluentes –por cada tonelada de aceite se generan 2,5 toneladas de efluentes– que en muchos casos contaminan los cursos de agua por no cumplir con los requisitos legales en cuanto a su tratamiento ...”

A pesar de todo ello, los propulsores de la implantación del cultivo de palma insisten en presentar este cultivo como la solución a todos los problemas sociales de la región en la que pretenden instalarse, asegurando que generará empleo, riqueza, infraestructura, educación, etc., con el objetivo de lograr el apoyo de la población local....

Por otro lado, la plantación de palma aceitera ni siquiera tiene sentido desde el punto de vista climático. En efecto, las zonas donde se desarrolla se caracterizan por ser ecosistemas de bosques que, desde el punto de vista estrictamente climático constituyen enormes reservorios de carbono. La ocupación de esas áreas por las empresas palmicultoras implica la destrucción del bosque (normalmente a través de incendios), por lo que resulta en la emisión de enormes cantidades de gases de efecto invernadero que agravan el cambio climático.

FUENTE: “PALMA ACEITERA DE LA COSMÉTICA AL BIODIESEL. LA COLONIZACIÓN CONTINÚA”. WRM. Montevideo, septiembre 2006.  
[www.wrm.org.uy/plantaciones/material/PalmaAceitera2.pdf](http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/PalmaAceitera2.pdf)

La agricultura industrial altera la estructura de la naturaleza, sus funciones, sus ciclos biológicos y procesos evolutivos. Por otra parte, viola el derecho humano a la soberanía alimentaria, pues produce *commodities* para el mercado mundial, y el derecho a un medio ambiente sano y libre de contaminación por la gran cantidad de agrotóxicos que necesita.





## CAPÍTULO 5

### PROTEÍNAS Y ÁCIDOS NUCLEICOS: LOS MOTORES DE LA VIDA

*El hombre no ha tejido la red de la vida: es solo una hebra de ella.  
Todo lo que haga a la red se lo hará a sí mismo.*

*Carta del Jefe Indio Seattle a Franklin Pierce (1854)*

#### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente... (sus) funciones*

Se dice que todas las características de los seres vivos están determinadas por los genes o, dicho de otra manera, por cómo los genes se traducen en proteínas. Hay quienes hablan del gen de la locura, del alcoholismo, de la bondad, de la maldad, de los genes que permiten que un cultivo sea más productivo o que una vaca produzca más leche. Esta línea de pensamiento dio paso a un reduccionismo genético que produjo una ciencia y tecnología que se limita a alterar genes, para obtener resultados que sean favorables a la industria (farmacéutica, bélica, agroindustrial, por mencionar solo algunas).

En esta sección vamos a analizar qué son las proteínas, cuál es su estructura y sus funciones, cómo se sintetizan, y problematizar si ellas son el resultado único de la secuencia de nucleótidos en las moléculas de ADN.

### LA PROTEÍNA

Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas de aminoácidos, llamadas péptidos o polipéptidos, compuestas por C, H, O y N y en menor grado S y P<sup>34</sup>

Las proteínas tienen una *estructura primaria*, determinada por la secuencia de aminoácidos, y su orden está impreso en el código genético que se encuentra en el ADN. El plegamiento regular entre residuos aminoácidos, cercanos de la cadena polipeptídica, es su *estructura secundaria* que es el resultado de la formación de enlaces de hidrógeno entre las cadenas laterales de aminoácidos cercanos. La *estructura terciaria* es el modo en el que la cadena polipeptídica se pliega en el espacio.

34 Los amino-ácidos son moléculas que contienen un grupo amino (-NH<sub>2</sub>) y un grupo carboxilo (-COOH).



Cuando las proteínas son hormonas, vitaminas o enzimas, actúan como *reguladoras*. Las enzimas aceleran la velocidad de las reacciones químicas del metabolismo al actuar sobre unas moléculas denominadas *sustratos*, que se convierten en moléculas diferentes, denominadas *productos*. A las reacciones mediadas por enzimas se las denomina *reacciones enzimáticas*. Las proteínas también participan en la formación de anticuerpos y factores de regulación que actúan contra infecciones y en la contracción muscular.

Proteínas como la hemoglobina y la clorofila están formadas por cuatro cadenas polipeptídicas llamadas porfirinas, con un átomo en el centro. En la hemoglobina es el hierro (Fe) capaz de unirse de forma reversible al oxígeno. En la clorofila es el magnesio (Mg). La hemoglobina es una proteína de la sangre de color rojo característico, cuya función es transportar el oxígeno desde los órganos respiratorios hasta los tejidos. Por su parte, las clorofilas son una familia de pigmentos que se encuentran en las cianobacterias, algas y plantas. Su función es la absorción de energía luminosa en el proceso de la fotosíntesis.

Las proteínas pueden tener una *función estructural*, al ser parte constitutiva de células y tejidos. Por ejemplo, hay proteínas presentes en la membrana celular y nuclear. Otra es el colágeno, entre muchas otras, que es el componente más abundante de la piel y de los huesos, cubriendo un 25% de la masa total de proteínas en los mamíferos.

La pared celular vegetal también está compuesta por proteínas estructurales. Estas proteínas son ricas en uno o dos aminoácidos, tienen dominios con secuencias repetidas y están glicosiladas en mayor o menor grado (es decir que tienen además carbohidratos). La mayoría de las proteínas estructurales de la pared vegetal son fibrilares y se inmovilizan mediante enlace covalente entre ellas o con carbohidratos.

A su vez, la pared celular bacteriana está hecha de una cadena de péptidos entrelazados con polisacáridos denominada mureína. La pared celular es esencial para la supervivencia de muchas bacterias. Las bacterias más conocidas son las que producen enfermedades, pero la gran mayoría de ellas establecen relaciones simbióticas con otros organismos (incluyendo el ser humano), y juegan un papel crucial en el ciclo de nutrientes.

## LA PARED CELULAR DE LAS BACTERIAS Y LOS ANTIBIÓTICOS

Aunque los antibióticos han salvado millones de vidas, se han convertido en la manera más común de tratar enfermedades infecciosas producidas por bacterias, en lugar de abordar las causas que producen la enfermedad. Cada día se utilizan más y más antibióticos en industrias como la avícola, donde se aplica en



todo el ciclo de vida del pollo. Uno de los problemas del abuso de los antibióticos es que las bacterias desarrollan resistencia, especialmente cuando se usa en dosis bajas y continuas.

Muchos antibióticos bloquean la síntesis, exportación, organización o formación de la pared celular, específicamente los enlaces cruzados del peptidoglicano, que es el principal componente de la pared celular. Esto permite alterar la composición intracelular del microorganismo por medio de la presión osmótica. Como la maquinaria intracelular permanece intacta, aumenta la presión interna sobre la membrana hasta el punto en que cede, el contenido celular se libera al exterior, y la bacteria muere.

Otros antibióticos pueden lesionar directa o indirectamente la integridad de la membrana celular de las bacterias. Las polimixinas, por ejemplo, son antibióticos que actúan como surfactante o detergente que reacciona con los lípidos de la membrana celular de las bacterias. Ello destruye la integridad de la permeabilidad de la membrana.

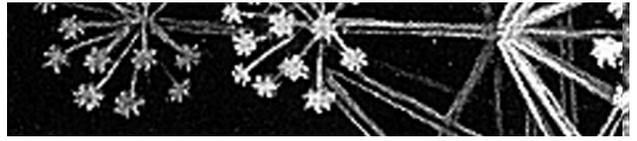
#### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente... el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales.

## LOS ÁCIDOS NUCLEICOS

El ADN (ácido desoxirribonucleico) y el ARN (ácido ribonucleico) son ácidos nucleicos que están presentes en las células de todos los seres vivos, y son los responsables de la transmisión hereditaria. Son biomoléculas nitrogenadas formadas por moléculas complejas llamadas nucleótidos. Están conformadas de la siguiente manera:

- Base nitrogenada que puede ser purinas, la Adenina (A) y la Guanina (G) o pirimidinas, Citosina C y Timina T.
- Azúcar (la pentosa desoxirribosa en el caso del ADN o ribosa en el caso del ARN)
- Siempre una purina se une con una pirimidina, formando puentes de ácido fosfórico A – T y G – C.



El ADN es una doble cadena de nucleótidos, unidas entre sí por puentes de hidrógeno, a través de las bases orgánicas. La Adenina se une con la Timina y la Citosina con la Guanina. El ADN es como un tren formado por vagones, en el que cada vagón es un nucleótido, que se distingue por su base nitrogenada. Hay cuatro tipos de nucleótidos, dependiendo de la base orgánica que lo conforma. La disposición de las bases nitrogenadas a lo largo de la cadena de ADN es la que codifica la información genética.

La información genética contenida en el ADN puede ser:

1. duplicada para crear otra molécula de ADN (replicación)
2. transcrita a un ARN mensajero
3. traducida a proteínas

## EL ADN ES LA ÚNICA MOLÉCULA CAPAZ DE REPLICARSE

A través de la replicación, el ADN hace una copia idéntica de sí mismo. Las dos cadenas del ADN originales se separan y sirven de molde para la síntesis de una nueva cadena complementaria. Esto permite que la información genética se transmita de una célula madre a las células hijas.

La molécula de ADN se abre como un cierre, por ruptura de los puentes de hidrógeno entre las bases complementarias, liberándose dos hebras y la ADN polimerasa sintetiza la mitad complementaria añadiendo nucleótidos que se encuentran dispersos en el núcleo. De esta forma, cada nueva molécula es idéntica a la molécula de ADN inicial.

El ácido ribonucleico o ARN es un ácido nucleico con una sola hélice, que está presente tanto en las células procariotas como en las eucariotas, y es el único material genético de ciertos virus. El ARN contiene en sus nucleótidos el azúcar ribosa. Para el caso del ARN, la Timina (T), es reemplazada por el Uracilo (U) que forma puentes de hidrógeno con la Adenina (A). Hay tres tipos de ARN, cada uno cumple una función específica y juega un papel muy importante en la síntesis de proteínas.

El *ARN mensajero* (ARNm) se sintetiza sobre un molde de ADN a través de un proceso llamado transcripción y refleja una porción de ADN (que con frecuencia corresponde a un gen). Los ARNm contienen la información para dirigir la síntesis de las proteínas (es decir una cadena de aminoácidos), y su tamaño dependerá del tamaño de la proteína que va a codificar. El fenotipo y la funcionalidad de una célula van a depender directamente del contenido del ARNm.

El *ARN de transferencia* (ARNt) es una molécula pequeña que presenta bucles y



le dan el aspecto de una hoja de trébol. Su función es transferir aminoácidos específicos a los ribosomas (donde tiene lugar la síntesis de proteínas). Tiene la propiedad de asegurar el ordenamiento de los aminoácidos en una secuencia adecuada.

El *ARN ribosómico* (ARNr) es uno de los elementos constitutivos de los ribosomas, como lo dice su nombre.

*La síntesis de proteínas* se produce cuando el ARNm sale del núcleo y es “leído” en los ribosomas. Entonces, cada ARNt transporta hacia allá un aminoácido, donde se unen con otros aminoácidos para formar *enlaces peptídicos* entre aminoácidos. Una vez completada la lectura del ARNm, se forma una nueva proteína, que se desprende del ribosoma. A este proceso se le denomina también traducción<sup>35</sup>

#### Art. 66.3 - CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Se reconoce y garantizará a las personas:*

El derecho a la integridad personal, que incluye

- d) La prohibición del uso de material genético y la experimentación científica que atenten contra los derechos humanos.

## LA EDICIÓN DEL ARN Y SU PAPEL EN LA EVOLUCIÓN

Casi ninguna proteína activa es el resultado de la fórmula: un gen --> una proteína, de manera lineal e inequívoca. Esto hace de la expresión génica un proceso muy complejo, del que aún se desconoce mucho, sin que se pueda identificar todos los posibles efectos deletéreos de la manipulación génica.

La manipulación genética produce cambios en la estructura de la proteína, a nivel primario, secundario y terciario, lo que provoca también cambios en sus funciones.

Hay también cambios en la transcripción, a través de procesos como la metilación<sup>36</sup> que actúa a nivel de la expresión de los genes o en la edición del ARNm, o por cambios de una base orgánica por otra. La forma más común de la edición de ARN es cambiar Adenosina por Inosina y de Inosina a Guanina. Este cambio

35 La síntesis de proteínas es un proceso extremadamente complejo y aquí se lo presenta muy simplificado. Hay abundante literatura sobre el tema para los que desean profundizarlo.

36 Proceso conocido como epigenética, que será analizado más adelante.



puede anular una parada codón y modificar la forma como se expresan los genes. La edición de ARN ocurre en todos los organismos. Aumenta drásticamente en vertebrados, mamíferos y primates. Los seres humanos exhiben los niveles más altos. Este proceso que involucra al ARN ocurre en la mayoría de tejidos, pero es especialmente activa en el sistema nervioso. Las transcripciones de codificación de proteínas están implicadas en el proceso de transmisión de mensajes en las neuronas, por lo que se cree que puede jugar un papel importante en la evolución del comportamiento complejo.

## LOS TRANSPOSONES Y RETROGENES

Un transposón es una secuencia de ADN que puede moverse autosuficientemente a diferentes partes del genoma de una célula. Este fenómeno es conocido como transposición. Este proceso, puede causar mutaciones y cambios importantes en el genoma.

Los elementos genéticos móviles de clase I, o retrotransposones, se mueven en el genoma siendo transcritos a ARN y después en ADN. Los de clase II se mueven directamente de una posición a otra en el genoma, usando una transcriptasa para “copiar-pegarse”, en otro *locus* del mismo.

Los “retro-genes” son generados por el proceso de transcripción inversa, es decir, la generación de una cadena de (ADN) de doble cadena a partir de un ácido ribonucleico (ARN) de cadena simple



Esto ha sido descrito para el sistema inmunológico, que cambia a lo largo de la vida de una persona, frente a la presencia de determinados antígenos. Los anticuerpos de alta afinidad (con el antígeno) son producidos por hipermutaciones. Las mutaciones acumuladas durante la respuesta inmunológica ocurre en las células somáticas, pero se ha encontrado los genes mutados en las células germinativas. Los transcriptores *reversa* pueden ser llevados a las células germinales por retrovirus (que son virus de ARN).

Estas hipermutaciones podrían ser producidas en la transcripción y por transcripción reversa. Durante la respuesta inmunológica las células que se dividen pasan por hiper-mutaciones en ciclos de transcripción y transcripción reversa. Las células que alcanzan la mayor afinidad frente al antígeno se clonan y se convierten en las células más numerosas.

Los fenómenos descritos pueden jugar un papel muy importante en la evolución de la vida en el planeta.



## Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente...sus procesos evolutivos.

## LA EPIGENÉTICA

Debemos preguntarnos, ¿es el ADN el único material hereditario que determina los rasgos que diferencian un organismo de otro y que se transmite de generación en generación? La respuesta es No. Hay mecanismos que cambian la expresión génica independientemente de la secuencia de bases del ADN. Estos cambios son estudiados por la epigenética. Los mecanismos y modificaciones que sufren el ADN y su envoltorio (proteínas histonas) son las modificaciones epigenéticas.

Hasta hace poco se pensaba que la mayor parte de las modificaciones epigenéticas, eran borradas con cada nueva generación, durante la gametogénesis y después de la fertilización. Sin embargo, una publicación del año 2005 impugna esta creencia y sugiere que, aunque la mayoría de los cambios epigenéticos son 'borrados' en las células germinales, algunas modificaciones pueden sobrevivir y pasar a las siguientes generaciones. Por lo tanto influyen en la evolución.

Las modificaciones epigenéticas abarcan una gran variedad de mecanismos que actúan a distintos niveles:

- transcripción (de ADN a ARN)
- traducción de los mensajes genéticos (de ARN a proteína)
- postranscripción (por ejemplo en la estructura tridimensional de la proteína)

Estas modificaciones epigenéticas de alguna manera reescriben el ADN genómico. Las que ocurren durante la diferenciación celular, se expresan genes diferentes y los diferentes mensajes se alteran. Estas alteraciones pueden ser heredadas por las células hijas en la división celular.

Uno de los mecanismos epigenéticos mejor conocido es la metilación del ADN, que es la adición de un grupo metilo a una molécula de Citosina, lo que silencia un gen. En los mamíferos se ha visto que los aminoácidos metionina, colina, el ácido fólico y las piridoxinas (que son sustancias provenientes a través de la dieta) contribuyen a la adición de grupos metilos. Por lo general la metilación se da en mayor grado en las regiones con alta concentración de Citosina y Guanina.



El ADN está envuelto bioquímicamente por unas proteínas estructurales llamadas histonas. Estas proteínas juegan un papel importante en la expresión de los genes, pues a través de procesos como la acetilación, metilación o la fosforilación se controla la expresión o el silenciamiento de los genes. A nivel de las histonas, esto se produce por procesos como el “reclutamiento” de otras proteínas que actúan como factores de transcripción o represores. En conjunto, determinan el estado de actividad de genes específicos o de conjuntos de genes.

Algunas alteraciones epigenéticas pueden ser potencialmente más dañinas que las mutaciones en el ADN. Sus efectos sobre la estructura regional de la cromatina puede afectar múltiples *loci* genéticos (unidades de transcripción) y se las asocia con algunos tipos de cáncer.

Los orígenes del concepto pueden encontrarse ya en Aristóteles (384-322 a.C.) como lo recoge la Red de Excelencia del Epigenoma en su sitio web:

El campo de la epigenética ha surgido como un puente entre las influencias genéticas y ambientales. En el siglo XXI, la definición más comúnmente encontrada del término epigenética es “el estudio de cambios heredables en la función génica que se producen sin un cambio en la secuencia del ADN”. Pero, ¿qué tienen que decir los científicos que investigan dentro de este campo en rápida expansión?

La diferencia entre genética y epigenética probablemente puede compararse con la diferencia que existe entre escribir y leer un libro. Una vez que el libro ha sido escrito, el texto (los genes o la información almacenada en el ADN) será el mismo en todas las copias que se distribuyan entre los lectores. Sin embargo, cada lector podría interpretar la historia del libro de una forma ligeramente diferente, con sus diferentes emociones y proyecciones que pueden ir cambiando a medida que se desarrollan los capítulos. De una forma muy similar, la epigenética permitiría diferentes interpretaciones de un molde fijo (el libro o código genético) y resultaría en diferentes lecturas, dependiendo de las condiciones variables en las que se interprete el molde.<sup>37</sup>

## LAS MUTACIONES

Las mutaciones son cambios en la secuencia del ADN. Estas pueden afectar a las células somáticas de un organismo. Como consecuencia de esta *mutación somática* aparecen individuos mosaico (es decir, que poseen dos líneas celulares diferentes con distinto genotipo). Una vez que una célula sufre una mutación, todas las células que derivan de ella por divisiones mitóticas heredarán la mutación (herencia celular).



Cuando una mutación afecta a la línea germinal, transmite los cambios a los gametos (óvulos y espermatozoides), y estos a su vez, a las siguientes generaciones. Por lo tanto, la *mutación germinal* tiene importancia para la evolución.

Las mutaciones pueden darse a distintos niveles: un solo gen (mutación génica), cromosómico (que afecta a un segmento cromosómico que incluye varios genes) y genómica cuando afecta a cromosomas completos (por exceso o por defecto) o a juegos cromosómicos completos.

Los agentes mutagénicos pueden ser físicos, químicos o biológicos; estos agentes alteran o cambian la información genética (usualmente ADN) de un organismo y esto incrementa la frecuencia de mutaciones por encima del nivel natural. Si estas mutaciones causan cáncer, se los llama agentes carcinógenos.

Los *mutágenos químicos* fueron descubiertos en 1942 cuando Charlotte Auerbach y John Michael Robson descubrieron que la mostaza nitrogenada (un ingrediente de los gases asfixiantes usados como armas químicas) producía mutaciones. Al final de la Segunda Guerra Mundial se conocían de 30 a 40 compuestos mutagénicos. Actualmente hay más de 6 millones de sustancias químicas de ese tipo, de las que se utilizan 500.000 en los procesos industriales.

Uno de los principales *mutágenos físicos* es la radiación que producen iones, capaces de reaccionar física y químicamente al ponerse en contacto con las moléculas biológicas. Por eso se las llama también radiaciones ionizantes. Estas pueden ser del tipo electromagnético (rayos gamma, rayos X y rayos ultravioleta) o aquellas constituidas por partículas subatómicas (electrones, neutrones, protones) que al moverse a grandes velocidades, y chocar con otras partículas, provocan daños en las moléculas biológicas (partículas alfa y beta).

Cuando las radiaciones son de baja longitud de onda, son más energéticas y por lo mismo más "penetrantes", produciendo *reacciones oxidativas*. Es el principal mecanismo por el cual las radiaciones interactúan con la materia orgánica (y por lo tanto con el ADN).

La radiación de alta energía produce iones cuando choca con los átomos, los que liberan electrones. Estos electrones chocan con otros átomos, liberándose nuevos electrones. El cambio del número de electrones transforma un átomo en un estado reactivo iónico. Como el 80% de la célula es agua, la radiación ionizante genera radicales libres, en forma de hidrógeno o de radicales hidroxilo (OH) ionizados, derivados ambos del agua.

Los radicales reaccionan con otras moléculas de su misma clase para formar peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) cuyas moléculas tienen gran poder de reacción y puede destruir la estructura de las proteínas y del ADN. La lesión producida por



la radiación induce trastornos del funcionamiento de los procesos metabólicos celulares llevándola a la muerte.

Dependiendo del momento en que las células entran en contacto con la radiación, pueden producirse *daños cromosómicos*. Una aberración cromosómica puede afectar a una o a las dos cromátidas<sup>38</sup> Cuando la irradiación se produce antes de que comience la síntesis de ADN (en la interfase), se producen roturas cromosómicas. Las roturas producidas en el período de interfase después de comenzar la síntesis del ADN normalmente aparecen separadamente en cada una de las dos cromátidas de un cromosoma (rotura de cromátidas)<sup>39</sup>

Hay mutágenos radiactivos que no producen iones, como la luz ultravioleta (UV), la que puede dar lugar también a aberraciones cromosómicas. Su efecto es considerablemente más suave que el de los rayos X debido a que son mucho menos penetrantes y no dan lugar a una trayectoria de iones.

Dado que la radiación UV tiene una longitud de onda lo suficientemente larga como para producir iones, afecta a los compuestos que la absorben directamente. En la célula, la absorción directa está confinada a compuestos orgánicos con estructuras en forma de anillo, tales como los nucleótidos. La citosina y timina absorben especialmente las longitudes de onda UV. Cuando esto sucede, se provoca la inserción de una molécula de agua en el doble enlace C-C, y estos enlaces pueden romperse. Estudios *in vitro* indican que la formación de dímeros de timina puede ser el principal efecto mutagénico producido por los rayos UV. Tales dímeros distorsionan la hélice del ADN e impiden su replicación, como resultado la célula no se divide y puede morir.

También es posible una acción indirecta de la radiación UV porque puede actuar sobre varios precursores del ADN y sobre enzimas que a su vez afectan la mutación.

#### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente...sus procesos evolutivos.

38 La cromátida es una de las unidades longitudinales de un cromosoma duplicado, unida a su cromátida hermana por el centrómero, es decir, la cromátida es toda la parte a la derecha o a la izquierda del centrómero del cromosoma.

39 Otras aberraciones cromosómicas son las deleciones, translocaciones, entre varias más.



## LA EROSIÓN DE LA CAPA DE OZONO

La capa de ozono, u ozonósfera, es una zona de la estratósfera terrestre ubicada entre de los 15 y los 40 km de altitud, formada por ozono ( $O_3$ ).

La capa de ozono actúa como un potente filtro solar que evita el paso de una buena parte de la radiación ultravioleta. Absorbe del 97% al 99% de la radiación ultravioleta de alta frecuencia.

Existen gases que destruyen la capa de ozono como los compuestos llamados clorofluorocarbonos (CFC), que contienen flúor o cloro principalmente. Otros gases que destruyen la capa de ozono son los halones y el bromuro de metilo.

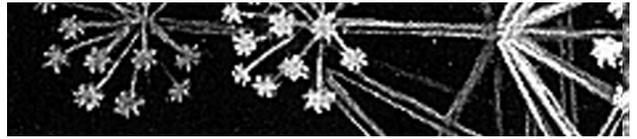
Debido a su alta estabilidad físico-química y su nula toxicidad, esos gases fueron muy usados como líquidos refrigerantes, agentes extintores y propelentes para aerosoles; también en la agricultura como conservantes. Fueron usados desde principios de la década de los años 1930, para sustituir materiales peligrosos como el dióxido de azufre y el amoníaco. En los años setenta el Ingeniero Químico mexicano Mario Molina, Premio Nobel de Química, y Sherwood Rowland demostraron el papel de los CFC en la destrucción del ozono estratosférico.

La reducción de la capa de ozono permite el ingreso de la radiación ultravioleta (UV) de onda corta a la tierra, produciendo impactos en la salud, los sistemas productivos y la biodiversidad.

La radiación UV daña la *salud* puesto que produce mutaciones en el ADN. Se atribuye a los rayos UV el 90% de casos de cáncer de piel, los mismos que podrían aumentar en un 5% por un 1% de reducción de la capa de ozono. Adicionalmente, hay un incremento de las cataratas y otros daños oculares incluyendo cegueras temporales, e inclusive supresión del sistema inmunológico. Además de severas quemaduras de sol y envejecimiento prematuro de la piel.

En la *agricultura* las radicales UV producen alteraciones en el crecimiento de las plantas, lo que se refleja en una disminución de la superficie foliar y por lo mismo de su capacidad para utilizar la radiación solar en la fotosíntesis. Esto tiene un impacto negativo en la productividad de los cultivos.

En cuanto a los impactos sobre la *biodiversidad*, vemos que hay una disminución en la movilidad y en las respuestas a la luz del fitoplancton, expuesto a altos niveles de radiación UV. Hay un 35% de disminución en la fotosíntesis donde la capa de ozono se ha perdido en un 25%. El zooplancton pierde su capacidad reproductiva, generando un declive global en las comunidades marinas. Esto repercute en toda la cadena trófica marina, incluyendo la pesca.



Finalmente, cuando la radiación ultravioleta choca con el aire contaminado se produce una niebla fotoquímica (fenómeno que se estudiará más adelante). Hay una reducción de la temperatura de la estratosfera, repercutiendo en la temperatura de la superficie, pues se emite menos radiación térmica desde la estratosfera hacia el suelo.

Las posibles fuentes de *mutágenos biológicos* pueden ser todos los preparados de naturaleza biológica utilizados en medicina profiláctica o terapéutica tales como vacunas, antitoxinas, sangre, suero y antígenos.

Los mutágenos biológicos potenciales pueden ser microorganismos, especialmente virus, y algunos agentes químicos. En el caso de los virus se ha demostrado que pueden producir anomalías cromosómicas, desde la simple rotura hasta la pulverización de los cromosomas, por ello la vacunación con virus vivos puede implicar un riesgo potencial. La contaminación viral como consecuencia de las transfusiones de sangre, pueden producir roturas cromosómicas, tanto en la sangre como en la médula ósea de pacientes afectados de hepatitis.

Las moléculas de ADN recombinante (usadas en la ingeniería genética) pueden producir mutaciones dado que en algunos casos se usan secuencias génicas de virus tumorales o de células cancerígenas.

## LOS PRIONES

Los priones son glucoproteínas (proteínas + hidrato de carbono) con plegamientos anómalos. Los priones conocidos son patógenos y capaz de autoreproducirse. Se los asocia con la encefalopatía espongiforme bovina (enfermedad de la "vaca loca").

Al contactar los priones con la membrana celular son reconocidos por receptores y asimilados por la célula. Los receptores son específicos para cada sustancia y por tanto la célula "espera" a esa sustancia para recogerla. Una vez dentro de la célula, empieza una reacción en cascada creando copias de sí mismo, con cambios en la conformación de sus semejantes celulares. Para lo cual "debe evadir" la acción de las proteínas encargadas de corregir cualquier cambio erróneo en la conformación de las proteínas a su cargo.

Los priones son capaces de llegar al núcleo atravesando los poros nucleares que admiten exclusivamente un reducido grupo de moléculas. Una vez allí, tienen el poder de replegar determinadas secuencias de ADN y hacer saltar retro-transposones y retrovirus, sirviendo de promotor para esta acción.



Se cree que la célula está “colaborando” en el proceso de principio a fin, pues le da al prión todas las facilidades para desempeñar su acción. La proteína no podría hacer nada por sí misma. Los retrovirus (endógenos con toda seguridad) y retro-transposones colaboran de alguna forma en el proceso infeccioso del prión. La hipótesis es que la célula “cree” que el prión cumple un cometido importante dentro del organismo, y por tanto no tendría sentido de combatirlo. El organismo infectado participa en todo el proceso permitiendo al prión llevar a cabo su tarea pues cumple un cometido dentro de la célula.

Se ha encontrado que los priones están muy extendidos en la naturaleza y que es un fenómeno generalizado. La célula permite e incita que se le cambien todas sus proteínas de un mismo tipo. Se cree que ante un cambio brusco ambiental, la célula “busca”, en el acervo de conformaciones de su proteína-prión, cuál es la que mejor funciona en la nueva situación y pone en marcha la maquinaria molecular necesaria para responder al cambio. Por ejemplo, adaptando a algunas proteínas a la nueva situación o autorizando el cambio en cascada de todas las demás.

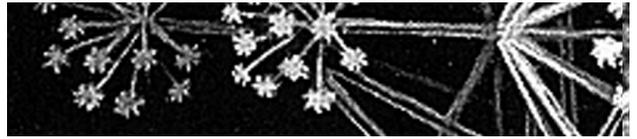
Para que todas las células “sepan del cambio”, actúan retro-virus. El prión, al interactuar con retro-transposones específicos, debe hacer saltar a las secuencias de la maquinaria que regula este proceso, activando los mecanismos (alternativos a los que ya tenía) que favorecen a la nueva variante del prión<sup>40</sup>

Es posible que los priones nos hayan acompañado a lo largo de la evolución, pero los conocimos únicamente cuando se convirtieron en patógenos, debido al mal manejo de la ganadería en Europa. Situaciones parecidas han pasado con las bacterias, los virus, los protozoarios, que son asociados con “patogenicidad”, por lo que deben ser combatidos con distintos tipos de biocidas, aunque estos microorganismos hayan jugado -y lo sigan haciendo-, un papel fundamental en el mantenimiento de los ciclos y funciones biológicas.

#### Art. 281.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

Será responsabilidad permanente del Estado:  
7) Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana estén sanos y sean criados en un entorno saludable.

40 Fuente: Salvador Cenador Herrera. 2004. Los priones en la Evolución. “Revista de estudios críticos” 2004 Dpto. Biología. Texto completo disponibles en: <<http://es.scribd.com/doc/37300837/Los-priones-en-la-evolucion>>



## EPIDEMIA DE LUCRO

Silvia Ribeiro, ETC Group

La nueva epidemia de influenza porcina que día a día amenaza con expandirse a más regiones del mundo, no es un fenómeno aislado. Es parte de la crisis generalizada, y tiene sus raíces en el sistema de cría industrial de animales, dominado por grandes empresas transnacionales.

En México, las grandes empresas avícolas y porcícolas han proliferado ampliamente en las aguas (sucias) del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Un ejemplo es Granjas Carroll, en Veracruz, propiedad de Smithfield Foods, la mayor empresa de cría de cerdos y procesamiento de productos porcinos en el mundo, con filiales en Norteamérica, Europa y China. En su sede de Perote comenzó hace algunas semanas una virulenta epidemia de enfermedades respiratorias que afectó a 60 por ciento de la población de La Gloria, hecho informado por La Jornada en varias oportunidades, a partir de las denuncias de los habitantes del lugar. Desde hace años llevan una dura lucha contra la contaminación de la empresa y han sufrido incluso represión de las autoridades por sus denuncias. Granjas Carroll declaró que no está relacionada ni es el origen de la actual epidemia, alegando que la población tenía una gripe común. Por las dudas, no hicieron análisis para saber exactamente de qué virus se trataba.

En contraste, las conclusiones del panel Pew Commission on Industrial Farm Animal Production (Comisión Pew sobre producción animal industrial), publicadas en 2008, afirman que las condiciones de cría y confinamiento de la producción industrial, sobre todo en cerdos, crean un ambiente perfecto para la recombinación de virus de distintas cepas. Incluso mencionan el peligro de recombinación de la gripe aviar y la porcina y cómo finalmente puede llegar a recombinar en virus que afecten y sean transmitidos entre humanos. Mencionan también que por muchas vías, incluyendo la contaminación de aguas, puede llegar a localidades lejanas, sin aparente contacto directo. Un ejemplo del que debemos aprender es el surgimiento de la gripe aviar. Ver por ejemplo el informe de GRAIN que ilustra cómo la industria avícola creó la gripe aviar ([www.grain.org](http://www.grain.org)).

Pero las respuestas oficiales ante la crisis actual, además de ser tardías (esperaron que Estados Unidos anunciara primero el surgimiento del nuevo virus, perdiendo días valiosos para combatir la epidemia), parecen ignorar las causas reales y más contundentes.

Más que enviar cepas del virus para su secuenciación genómica a científicos como Craig Venter, que se ha enriquecido con la privatización de la investigación y sus resultados (secuenciación que, por cierto, ya fue hecha por investigadores públicos del Centro de Prevención de Enfermedades en Atlanta, Estados



Unidos), lo que se necesita es entender que este fenómeno se va a seguir repitiendo mientras prosigan los criaderos de estas enfermedades.

Ya en la epidemia, son también transnacionales las que más lucran: las empresas biotecnológicas y farmacéuticas que monopolizan las vacunas y los antivirales. El gobierno anunció que tenía un millón de dosis de antígenos para atacar la nueva cepa de influenza porcina, pero nunca informó a qué costo.

Los únicos antivirales que aún tienen acción contra el nuevo virus están patentados en la mayor parte del mundo y son propiedad de dos grandes empresas farmacéuticas: zanamivir, con nombre comercial Relenza, comercializado por GlaxoSmithKline, y oseltamivir, cuya marca comercial es Tamiflu, patentado por Gilead Sciences, licenciado en forma exclusiva a Roche. Glaxo y Roche son la segunda y cuarta empresas farmacéuticas a escala mundial y, al igual que con el resto de sus fármacos, las epidemias son sus mejores oportunidades de negocio.

Con la gripe aviar, todas ellas obtuvieron cientos o miles de millones de dólares de ganancias. Con el anuncio de la nueva epidemia en México, las acciones de Gilead subieron 3 por ciento, las de Roche 4 y las de Glaxo 6 por ciento, y esto es solo el comienzo.

Otra empresa que persigue este jugoso negocio es Baxter, que solicitó muestras del nuevo virus y anunció que podría tener la vacuna en 13 semanas. Baxter, otra farmacéutica global (en el lugar 22), tuvo un accidente en su fábrica en Austria en febrero de este año. Le envió un producto contra la gripe a Alemania, Eslovenia y la República Checa, contaminado con virus de gripe aviar. Según la empresa, fueron errores humanos y problemas en el proceso, del cual no puede dar detalles, porque tendría que revelar procesos patentados.

No solo necesitamos enfrentar la epidemia de la influenza: también la del lucro.

FUENTE: La Jornada, México. Martes 28 de abril de 2009

La cría industrial de animales es un atentado al derecho humano a la soberanía alimentaria porque constituye un alimento de mala calidad, culturalmente inapropiado, pero además porque está en manos de un grupo de empresas que ejercen un control de mercado a lo largo de toda la cadena de producción. Los métodos de crianza atenta contra los estándares laborales y el bienestar animal.





## CAPÍTULO 6

### ADN: DE MOLÉCULA DE LA VIDA A MATERIA PRIMA PARA LA INDUSTRIA

*No se puede reducir el comportamiento del ADN en los seres vivos  
a sus propiedades químicas en un tubo de ensayo.  
En los seres vivos, el ADN se “desestabiliza”  
por mutaciones, flujo de genes, recombinación...*

*Philip Regal*

#### Art. 401.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Se declara al Ecuador libre de cultivos y semillas transgénicas.*

En la década de 1970 cuando se empezaba a desarrollar la ingeniería genética, los científicos creían que el genoma era estático y que se podía modificar la expresión el fenotipo de un organismo, solo a través de la inserción de un gen que codificaría una proteína específica. Con el avance de la investigación científica en la década de 1980, se superó esta idea y se comprobó que el genoma es dinámico. Se encontró además que con la inserción de un solo nuevo gen en una planta, puede surgir una cascada de consecuencias imprevistas.

Así, los científicos encontraron que no había manera posible de introducir un nuevo gen en un organismo único y obtener un solo resultado específico. Se encontró que los genes cambian rápidamente debido a una multitud de circunstancias, muchas de las cuales son aún desconocidas. Además, la transformación genética hecha a un organismo en el laboratorio no se la puede repetir, aunque se utilicen los mismos procedimientos. Por cómo se realizan, los niveles de inestabilidad de los organismos transgénicos de reciente creación son abrumadores, sin embargo muchos de los estudios científicos que lo demuestran han sido silenciados.

En la soya con resistencia a glifosato, que es la que más se siembra en el mundo (70% del área cubierta con transgénicos lo está con soya resistente a glifosato), se encontró la presencia de secuencias génicas no deseadas.

En una investigación con el cultivo transgénico más difundido en el mundo, la soya RR resistente al glifosato (evento 40-3-2), sobre mutaciones ocurridas en el sitio



de inserción, se encontraron deleciones a gran escala y rearrreglos del genoma<sup>41</sup>. A más del gen EPSPS (que es aquel que confiere a la planta la resistencia al glifosato), se encontró los siguientes segmentos no esperados:

- Un fragmento del gen EPSPS de 254 bp
- Un segmento de 540 bp de ADN no identificado
- Un segmento de ADN vegetal
- Un segmento de 72 bp de EPSPS

Estas mutaciones relacionadas con eventos de inserción no fueron dadas a conocer sino solo después de que la soya RR había sido comercializada. Los transgenes fueron insertados en la soya a través de la tecnología de bombardeo de partículas, técnica que ha sido usada para crear numerosos cultivos comerciales.

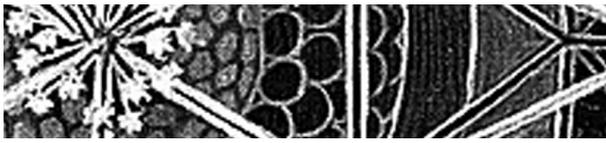
La idea un gen = una proteína ha sido superada por los nuevos conocimientos de la genética. La doctora Mae Wan Ho (1998) identifica los avances de los nuevos descubrimientos en genética, que son ignorados por quienes hacen y defienden la ingeniería genética:

<b>TABLA 5: COMPARACIÓN ENTRE LOS PRECEPTOS DE LA GENÉTICA TRADICIONAL Y LOS NUEVOS DESCUBRIMIENTOS</b>	
<b>GENÉTICA TRADICIONAL</b>	<b>NUEVOS DESCUBRIMIENTOS</b>
Los genes determinan las características de manera lineal (1 gen = 1 proteína)	Los genes funcionan en redes complejas, en forma no-lineal, multidimensional y circular
Los genes no están influenciados por el ambiente externo	Los genes son sujetos de regulación del medio ambiente
Los genes son estables y no cambian	Los genes son dinámicos y fluidos. Pueden cambiar en respuesta al medio ambiente
Los genes permanecen estables donde se les pone	Los genes pueden saltar horizontalmente entre especies no relacionadas y recombinarse

Ho (1998) hace una reseña de cómo nace y se potencia la ingeniería genética y sitúa sus orígenes en las ideas del monje austríaco Gregorio Mendel y del científico inglés Charles Darwin.

Gregorio Mendel simplificó la complejidad de los seres vivos, enmarcándolos en una situación ideal, eterna y lógica. Su teoría -conocida como "Leyes de Mendel"- sostiene que:

41 Windels P, Taverniers I, Depicker A, Van Bockstaele E, De Loose M (2001) Characterisation of the Roundup Ready soybean insert. Eur Food Res Technol 213: 107-112.



1. Cada organismo tiene características que están determinadas por unidades estables, llamadas *genes*. Cada una está representada por dos copias (alelos) que pueden ser iguales o diferentes.
2. Cada organismo tiene una gran cantidad de genes.
3. Los genes pasan sin cambios, de padres a hijos vía células reproductivas.
4. Cada célula reproductiva tiene una sola copia de cada gen. Entonces, la combinación de los genes en cada célula ocurre al azar.
5. Durante la fertilización, el cigoto resultante tendrá dos alelos de cada gen.
6. La separación de alelos y la recombinación entre alelos de diferentes genes durante la reproducción ocurre de generación a generación.

Mendel tenía la predisposición de aplicar los conceptos y métodos de la física a la biología. Su método partió deductivamente de una teoría preestablecida.

En cuanto a la teoría de Darwin sobre el origen de las especies por selección natural, se basa en la idea de que los más fuertes -o de los mejores adaptados- son los que sobreviven porque son seleccionados por la naturaleza. Esta es la base del determinismo genético que dio a luz no solo a la ingeniería genética sino a los programas de mejoramiento convencional que tuvieron lugar a lo largo del siglo XX.

Las teorías de Darwin están estrechamente relacionadas con la situación política que se vivía en su país en el siglo XIX de donde nacen las siguientes teorías:

Los organismos vivos están tan perfectamente adaptados a su forma de vida que deben haber sido diseñados por una inteligencia suprema.

Las teorías de Malthus sobre el "Principio de las poblaciones" publicadas en 1798, que sostienen que la producción de alimentos aumenta en forma lineal en tanto que la población humana lo hace en forma geométrica. Se da por tanto una lucha por la sobrevivencia con el dominio del más apto.

La larga práctica en la selección artificial (práctica llevada a cabo por mejoradores de plantas y animales), especialmente de palomas mensajeras.

El neodarwinismo constituye el matrimonio entre la genética de Mendel y la teoría de la evolución de Darwin y plantea que un carácter está controlado por un gen que le confiere a un organismo una ventaja o una desventaja adaptativa. De esta manera, se va explicando cada uno de los caracteres en un organismo. Pero en realidad, un gen codifica una proteína, que es distinto de un carácter.

A principios del siglo XX empieza la algebrización de la teoría genética (ya iniciada en parte por Mendel). Por ejemplo la Ley de Hardy-Weinber (aplicación de Mendel a poblaciones):

$$(p+q)^2=p^2+2pq+q^2=AA+Aa+aa$$



En 1930-1960 aparece la "síntesis neo-darwinista" que constituye la unificación de las teorías de Mendel y de Darwin en una sola teoría, pero basada en modelos matemáticos.

El Teorema de la Selección Natural de Fisher, a su vez, asume que cada gen actúa independientemente y es usado hasta hoy en biometría genética. Esta teoría no representa lo que realmente ocurre en la naturaleza.

Otros aportes que condujeron a la manipulación de los genes fueron:

- La construcción de una maqueta de ADN (Watson y Crick) en base a fotografías de rayos X e identificación bioquímica del ADN.
- Énfasis en el dogma central de ADN ----- ARN ----- proteína.
- La secuenciación del ADN.
- La elaboración de ADN recombinante en tubos de ensayo con enzimas de micro-organismos.
- La introducción de genes extraños en virus, plásmidos o elementos genéticos móviles (parásitos genéticos) en células que pueden reproducirse.
- Síntesis química del ADN de cualquier secuencia deseada.
- Reacción en cadena de polimerasas.

De acuerdo a Regal (1998), en su historia sobre el debate de la biotecnología en Estados Unidos, la ingeniería genética surgió de la física y de la química, no de la biología.

Regal dice:

Estos científicos de la física que empezaron a re-arreglar las moléculas de la herencia sabían relativamente poco sobre los organismos vivos, y algunos de ellos empezaron a preocuparse sobre las limitaciones de sus propias disciplinas.

Regal añade que en la década del setenta, hubo una preocupación por los peligros de la manipulación genética, pero solo a nivel privado. Para la década del ochenta, el recelo creció en torno a un claro conflicto de intereses dentro de la comunidad científica, pues muchos de los biólogos moleculares se habían convertido en empresarios, a más de consultores de la industria. Muchos de estos establecieron empresas biotecnológicas, por lo que las líneas que separaban al mundo académico, al gubernamental y al empresarial eran cada vez más delgadas. Esta es una tendencia que se mantiene hasta hoy.



Jacques Loeb, en los años 20, luego de dejar la Universidad de Chicago para trabajar en el Instituto Rockefeller, fue uno de los principales promotores de la nueva ciencia; era una época en la que todos creían que la tecnología iba a domesticar el planeta.

En los años 30, bajo el mando de los físicos Max Mason y Warren Weave, la Rockefeller Foundation empezó a reclutar físicos y químicos para crear la “biología molecular”, que serviría para solucionar los problemas de la humanidad, por medio de la manipulación física y química. De manera reduccionista, extendían a la biología -y hacia la naturaleza- los principios de la física y la química. Pero más tarde su sueño se vio frustrado porque la naturaleza es mucho más compleja que lo que ellos creían.

Por eso fue que Sir Arthur Eddington dijo en 1930: “nosotros creíamos que si sabíamos una cosa, sabíamos dos, porque uno más uno es dos. Ahora estamos encontrando que aún hay mucho más que aprender”.

Por ejemplo, no se puede reducir el comportamiento del ADN de los seres vivos a sus propiedades químicas en un tubo de ensayo, que es el único lugar en donde es estable. En los seres vivos, el ADN se “desestabiliza” por mutaciones, flujo de genes, recombinación, y otros mecanismos que fueron analizados en la sección anterior.

Por esto la biología genética no ha podido cumplir sus promesas. Decían sus defensores que iba a solucionar los problemas de hambre y desnutrición, que iba a incrementar la productividad agrícola, o a producir plantas resistentes a las heladas, a la salinidad, a las sequías... Todo esto no ha sido más que promesas pues, 16 años después de la primera liberación industrial de cultivos transgénicos, solo hay dos tipos de caracteres que se comercializan: aquellos con resistencia a insectos (por la presencia de las toxinas Bt) y los que tienen tolerancia a herbicidas.

## ¿QUÉ SON LOS TRANSGÉNICOS?

*Entre la antigua virtud de las semillas y su modificación impredecible  
para la fabricación de organismos estériles  
favoreciendo la codicia de los que privatizan todo lo sagrado,  
yo no solo prefiero las semillas, la prodigalidad de la naturaleza,  
sino que considero un crimen la apropiación privada  
de los más antiguos bienes colectivos.*

*William Ospina*



Los llamados *transgénicos* son organismos vivos creados artificialmente, a través de la manipulación de sus genes con ingeniería genética. Se trata de un proceso que solo puede realizarse en condiciones de laboratorio, ningún campesino puede obtener semillas transgénicas con métodos convencionales de mejoramiento de semillas.

Para hacer un *transgénico* se aísla segmentos del ADN (el material genético) de un ser vivo (virus, bacteria, vegetal, animal e incluso humano) para introducirlos en el material hereditario de otro, con el que no tiene ninguna relación, rompiendo las barreras taxonómicas del género, familia y hasta del reino al que pertenecen los seres vivos manipulados. Por ejemplo, se puede poner genes de virus, bacterias y escorpiones en plantas de maíz. Y hasta genes humanos en plantas de arroz. El resultado es un *transgénico*.

## CREACIÓN DE UNA CONSTRUCCIÓN GENÉTICA

Para crear una “construcción genética”, que son los segmentos de ADN necesarios para hacer un organismo genéticamente modificado, se necesitan varios elementos genéticos, como el vector, el promotor y el marcador génico, que describiremos a continuación.

El vector “transporta” los genes externos (o transgenes) hacia las células del organismo huésped (al que se quiere manipular) y facilita su introducción en el genoma de las células. Son los vehículos que permiten introducir los transgenes. Muchos vectores se derivan de virus o plásmidos de bacterias causantes de enfermedades graves; también se usan parásitos genéticos que en la naturaleza pueden invadir células, causando daños genéticos. Los vectores están diseñados para romper las barreras de especies y facilitar la transferencia horizontal de genes, permitiendo que la modificación genética pueda ser introducida en plantas, animales y microorganismos.

Un vector muy usado en ingeniería genética es el plásmido de *Agrobacterium tumefaciens*. Esta bacteria es usada en la construcción de los organismos transgénicos pues contiene un pedazo pequeño de ADN que puede insertarse en el ADN de una célula de plantas e iniciar un tumor.

El profesor Vitaly Citovsky, con sus colegas de la Universidad Stony Brook de Nueva York, encontró que esta bacteria era capaz de insertar su ADN a las células humanas y transformarlas genéticamente.

Citovsky señaló que

La inserción del ADN dentro de células humanas ha sido observada en laboratorio; si puede ser biológicamente posible en la naturaleza, permanece desconocido [...] En la naturaleza,



yo no creo que la *Agrobacterium* represente un peligro, sin embargo, para personas que trabajan con grandes concentraciones de esta bacteria, por ejemplo, investigadores o ciertos agricultores que están en contacto con plantas altamente infectadas, puede ser prudente el ser cuidadoso o por lo menos deben estar advertidos<sup>42</sup>

Nos debemos preguntar, ¿qué está pasando con los millones de hectáreas ya sembradas con cultivos transgénicos, en los que se ha incorporado estas secuencias génicas de *Agrobacterium tumefaciens*?

En otros casos, se usa la electroporación de protoplastos (células sin pared celular), la microinyección y la biobalística, como técnicas de transformación que atacan físicamente al núcleo de la célula. En los pocos estudios existentes al respecto, se ha encontrado que la introducción de transgenes a través del bombardeo de partículas, puede insertar múltiples copias de secuencias cortas y largas de ADN no deseadas.

El *promotor* permite la expresión del gen externo en el nuevo organismo manipulado genéticamente, y que reconozca como propio los transgenes extraños. En la mayoría de casos se utiliza como promotor al Virus del Mosaico de la Coliflor CaMV, que tiene una zona altamente recombinante y utiliza el aparato bioquímico de la planta. Esto hace que aumente su capacidad de transferencia horizontal, con potenciales riesgos para la salud.

El *marcador genético* permite controlar el éxito del proceso de manipulación genética. Esto es importante ya que las técnicas de ingeniería genética son imprecisas e ineficientes y la integración de los genes externos puede ocurrir en lugares no previstos dentro de los cromosomas del organismo huésped; solo una pequeña fracción de las células tratadas integrarán exitosamente los transgenes. Por ello, se usan marcadores, para evaluar qué células han aceptado la modificación genética y así poder seleccionar las células que han integrado los genes externos.

Entonces, generalmente se usan antibióticos, a fin de matar a las células que no han integrado los genes externos. Las células que los han integrado sobrevivirán porque poseen el gen marcador de resistencia al antibiótico.

## LOS CULTIVOS BT, CON RESISTENCIA A HERBICIDAS Y SUS PELIGROS

Como dijimos antes, hasta el momento, y luego de 16 años de liberaciones comerciales, solo hay dos tipos de transgénicos: los que tienen resistencia a herbicidas y los cultivos insecticidas (o Bt). Hay, sin embargo, una nueva generación

42 Kunik, T., Tzfira, T., Kapulnik, Y., Gafni, Y., Dingwall, C., & Citovsky, V. (2001) Genetic transformation of HeLa cells by *Agrobacterium*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98, 1871-1876.



de cultivos a los que se les ha insertado, tanto genes de resistencia a herbicidas, como a insectos, y se los llama transgénicos con genes apilados. El 60% de todos los transgénicos existentes corresponden a cultivos con resistencia a herbicidas.

A los *cultivos Bt* (o "plantas insecticidas") se los llama así porque se les ha insertado genes de la bacteria *Bacillus thuringensis* que vive en el suelo y produce toxinas insecticidas. Esta bacteria fue usada por muchos años en agricultura orgánica. Al momento se comercializa maíz Bt, algodón Bt y se ha empezado a producir soya Bt (Grønsberg et al. 2011).

Análisis hechos en el cinturón del maíz de Estados Unidos demuestran que, a pesar de que el maíz Bt es una planta insecticida diseñada para controlar a las plagas del maíz y, por lo tanto, reducir el uso de insecticidas, ocurre lo contrario. Solo para atacar al gusano barrenador europeo, que es susceptible al maíz Bt, en el año 2000 -cinco años después de haberse adoptado masivamente el maíz Bt- se había incrementado en un 5% el número de hectáreas aspergeadas con insecticidas, con relación al año 2005. Adicionalmente se tuvieron que aplicar otros plaguicidas para controlar al gusano de la raíz.

Otros dos fenómenos reportados, con relación a los cultivos Bt, son el apareamiento de superplagas resistentes a las toxinas Bt y la presencia de las toxinas Bt o de los transgenes en las cadenas tróficas (Grønsberg, 2011; Douville et al 2007)

Por otro lado, los cultivos con *tolerancia a herbicidas* (especialmente a glifosato) promueven un modelo productivo que puede expresarse así:

Soya RR + fumigaciones aéreas con herbicidas + siembra directa

Este es un modelo altamente concentrador de la tierra y afecta a todo el sistema productivo y natural de las zonas donde es aplicado, empezando por el inicio de la cadena trófica que son las plantas, hasta los procesos de descomposición y el ciclo de nutrientes. Tanto los cultivos con tolerancia a glifosato, como el glifosato mismo actúan a nivel del ciclo metabólico del ácido shikímico, produciendo impacto en las plantas y microorganismos, pero también en los organismos que se alimentan con base a ellos<sup>43</sup> (Séralini et al, 2012).

Estos cultivos afectan a las comunidades de microorganismos que juegan importantes roles en el ciclo de nutrientes, como bacterias nitrificantes, tanto en bacterias de vida libre como de bacterias que se establecen relaciones simbióticas con plantas, hongos micorrizas y descomponedores. Por otro lado, aumenta el crecimiento de hongos patógenos como *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cylindrocarpon* y *Helminthos-*

43 Ver más detalles sobre el ciclo del ácido shikímico en el capítulo 3 (La ruta metabólica del ácido shikímico).



*poriumya*; se sabe que muchos de los microorganismos suprimidos actúan como agentes de control biológico natural de estos hongos (Kremer *et al*, 2009).

El uso intensivo de herbicidas produce destrucción de la vegetación distinta a la que se quiere controlar por efecto de la deriva, afectando a toda la cadena trófica por un efecto en cascada que conduce a la destrucción del hábitat, sitios de alimentación, reproducción, apareo, anidación de aves y mamíferos.

La contaminación de los cuerpos de agua superficial, ya sea por aspersión directa, por efecto de la deriva, o por lixiviación a los acuíferos, puede persistir por mucho tiempo en los sedimentos, afectando al fito y zooplancton y, luego, a toda la cadena trófica, provocando muertes o crecimiento anormal en reptiles, peces, invertebrados acuáticos, etc.

Un caso paradigmático, pero no el único, es la Argentina, en donde el consumo de glifosato se ha expandido de la mano de los cultivos transgénicos y la siembra directa. El salto en el consumo de glifosato ha sido de 1 millón de litros en 1991 -antes de la adopción de la soja RR-, a 130 millones de litros en 2006.

Este proceso de imposición de la agricultura transgénica en Argentina ha significado no solo la contaminación masiva del medio ambiente rural, sino que implica día a día el genocidio silencioso de las comunidades rurales, afectadas por el glifosato y otros químicos asociados, que causan alergias, enfermedades respiratorias, abortos espontáneos, hidrocefalia, lupus y cáncer.

Además, la intensificación de la producción de soja ha llevado a una importante caída en el contenido de nutrientes del suelo. La producción continua de soja ha facilitado la extracción, solo en el año 2003, de casi un millón de toneladas de nitrógeno y alrededor de 227.000 de fósforo. Para reponer a estos dos nutrientes, en su equivalente de fertilizante comercial, se necesitarían unos 910 millones de dólares. Los incrementos de nitrógeno y fósforo en varias regiones ribereñas se encuentran ciertamente ligados a la creciente producción sojera en el marco de las cuencas de varios importantes ríos argentinos y otros del Cono Sur.

Los cultivos de soja RR impactan también a los bosques nativos, como lo demuestra un informe de la Secretaría de Agricultura de Argentina, donde se señala que los cultivos de soja transgénica avanzó sobre montes nativos, como el Bosque Chaqueño que se despliega en las provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero, el noroeste de Santa Fe y noreste de Salta, arriesgando la estabilidad de los ecosistemas. El informe añade que el avance vertiginoso de la agricultura sobre los bosques es uno de los problemas mas graves en cuanto a la degradación del suelo, favorecido por un ciclo húmedo, avances en biotecnología, métodos de labranza y la expectativa de buenos precios a partir de la devaluación del peso.



En cuanto a la vegetación herbácea, la aplicación reiterada de un solo herbicida puede generar tolerancia y/o resistencia progresiva de algunas especies de "malezas"; y por otro, cambios en la abundancia relativa de estas últimas. En este sentido, han comenzado a detectarse algunas especies de malezas que antes no resultaban tan frecuentes. El año 2012, que fue excepcionalmente seco, fue muy propicio para la proliferación de supermalezas. El impacto fue tan fuerte que el Congreso de Estados Unidos creó una veeduría especial para que aborde este tema (Bermejo, 2012).

La manipulación de la molécula de ADN, o molécula de la vida, es la demostración más clara de cómo el aparato industrial atenta contra las leyes naturales para su provecho, creando nuevos y más peligros para la naturaleza y el ser humano, que son cada vez más incontrolables.



## CAPÍTULO 7

### LOS PROCESOS EVOLUTIVOS

*La comunidad de la Tierra es una democracia  
de toda la vida en su conjunto:  
todos somos miembros de la familia de la Tierra y  
estamos interconectados a través de la frágil red  
de la vida del planeta.*

*Manifiesto para una Democracia de la Tierra*

#### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*La Naturaleza o Pachamama donde se reproduce y realiza la vida,  
tiene derecho a que se respete integralmente... (sus) procesos evolutivos*

Aunque está ampliamente difundida y tácitamente aceptada la teoría de Charles Darwin de que las fuerzas que promueven la evolución son *la competencia* y *la selección natural*, cada vez hay más evidencias de que son *la colaboración* y *las relaciones simbióticas* las fuerzas que han producido los más importantes cambios evolutivos, como es el origen de las células, de los cromosomas, de las células eucariotes (que tienen núcleo definido) y de la colonización vegetal de la tierra.

La aceptación generalizada de que la evolución de la vida se explica por la acción de un medio ambiente que actúa como seleccionador de los individuos mejor adaptados, explica el desarrollo que ha tenido la ciencia y la tecnología a lo largo del siglo XX. Por ejemplo ha dado lugar al desarrollo y uso -o abuso- de los antibióticos, como la principal forma de abordar las infecciones bacterianas y al posterior incremento de resistencia por parte de los organismos que se quiere controlar. En esa misma línea fue fraguada la revolución verde en la agricultura, con el uso de semillas de alto rendimiento que dependen de agrotóxicos, causando problemas similares a los sucedidos con los antibióticos. Es así como la teoría de la selección natural, que dice que el ambiente puede *direccionar* la evolución, ha generado un tipo de medicina y una forma de hacer agricultura, que ha abusado de químicos y ha favorecido a las empresas que los producen.

Estas formas de entender la evolución de la vida dieron lugar a una ciencia y tecnología de muerte que fracasa constantemente, en detrimento y contradicción con otras formas de ciencia y tecnología que entiendan y se basen en procesos naturales.



## LOS GRANDES HITOS DE LA EVOLUCIÓN

Los autores Maynard Smith y Eörs Szathmáry (1999) sostienen que existen ocho grandes hitos en la evolución de la vida, que son:

1. De moléculas replicantes a poblaciones de moléculas en protocélulas
2. De replicadores independientes (posiblemente de ARN) a cromosomas
3. De ARN como enzimas y genes a genes de ADN y enzimas proteicas
4. De células bacterianas (procariotes) a células con núcleos y orgánulos (eucariotes).
5. De clones asexuales a poblaciones sexuales
6. De organismos unicelulares a animales, plantas y hongos
7. De organismos pluricelulares a colonias con castas no reproductivas
8. De sociedades de primates a sociedades humanas (lenguaje)

Los primeros indicios de vida se dieron con la aparición de la molécula del ARN, que tenía tanto la capacidad de autoreplicarse y de catalizar procesos (es decir era una enzima pero como lo son hoy las proteínas). A estas moléculas con doble función se las llama ribozimas, y su importancia en la evolución es enorme. Por eso, a ese periodo cuando la vida empezaba a gestarse se lo conoce como "el reino del ARN".

Para mejorar su capacidad catalizadora, las ribozimas usaban a los aminoácidos como cofactores (como ahora lo hacen las proteínas), lo que era muy importante, pues las ribozimas tenían menos posibilidades de formar estructuras complejas (como sí pueden hacerlo hoy las proteínas). Para facilitar la fijación de los aminoácidos en un punto concreto, había un emparejamiento de bases complementarias (como sucede ahora en la síntesis de proteínas con el ARN mensajero).

La molécula ribozima se transformó paulatinamente en proteína, a medida que había más aminoácidos y menos ácidos nucleicos en las reacciones catabólicas. En un inicio, las enzimas fueron de ARN y tenían a los aminoácidos como cofactores; hoy las enzimas son de proteína y tal vez tengan un ácido nucleico como cofactor, como un testigo de su pasado evolutivo.

## BIOLOGÍA SINTÉTICA: DE LOS TRANSGÉNICOS A LA VIDA ARTIFICIAL

En este punto naciente de la evolución ya existía una molécula capaz de autoreplicarse y moléculas que actuaban como enzimas, por lo que ¿no podríamos ya hablar de vida?



Veamos al respecto las reflexiones de Edward N. Trifonov de la Universidad de Haifa en Israel<sup>44</sup> sobre la vida:

La definición de la vida es un problema tan enorme, como el fenómeno de la vida misma. Uno podría fácilmente obtener de la literatura más de 100 definiciones diferentes, ninguna satisfactoria como para ser la aceptada. Ampliamente ¿Qué debe contener la definición, para que sea la adecuada para todas las variedades de la vida observable? Como son los seres humanos, animales, plantas, microorganismos. ¿Los virus también pertenecen a la vida?

Hay dos tendencias en los intentos de definir la vida. Una de ellas es formular una definición que incluya todo los atributos de la vida y las manifestaciones de todos los niveles de complejidad. Otra tendencia es la reducción de los atributos a solo aquellos que son comunes a todas las formas de vida. Pero no sabemos cuál sería el "simplissimus" del que todo, probablemente, comenzó.

El autor continúa,

La definición de vida va a depender si dejamos de tratar el reduccionista en la replicación de ARN, o continuar aún más abajo, en la síntesis abióticas. La frontera entre la vida y no vida puede, en realidad, ser colocado en cualquier lugar dentro del ámbito de los procesos abióticos. Oligonucleótidos, oligopéptidos, nucleobases, aminoácidos, azúcares, todo podría considerarse como formas de vida muy primitivas y simplistas, si la definición se extiende (y simplificado) a los mismos elementos.

Este tipo de argumentación que reduce a la *vida* a la capacidad de una molécula de replicarse y mutar, surge como parte de un debate que ha cobrado mucha importancia en los años recientes, con la emergencia en el mundo científico y empresarial de una nueva tecnología: la biología sintética.

La biología sintética, conocida también como *synbio*, es la tecnología que trabaja en el diseño y construcción de nuevas partes, artefactos o sistemas biológicos que no existen en el mundo natural. También busca el rediseño de los sistemas biológicos existentes para realizar nuevas tareas específicas, creando organismos "de diseño" construidos a partir de ADN sintético. Es una forma de "ingeniería genética extrema", que está inspirada en la convergencia de la biología molecular, la informática y la ingeniería.

Los biólogos de sistemas (los que trabajan en biología sintética) utilizan como materia prima el ADN (la molécula de la vida) a la que se refieren como "software". Con el ADN diseñan nuevas funciones por medio de esquematizar

44 Trifonov Edward N. What Is Life? Designing the simplest possible living organism artificially may lend clues as to what life is. February 16, 2012. <http://www.the-scientist.com>



distintas secuencia de los pares de bases del ADN (A, G, C y T). En realidad no están creando vida, solo introducen estas nuevas combinaciones de ADN, en una célula bacteriana (por ejemplo *Escherichia coli*) que incluye todos los distintos elementos que la definen como una célula viva.

Los biólogos de sistemas están creando “partes genéticas estandarizadas”, son módulos de ADN (bio-ladrillos) que se ensamblan. Cada BioBrick es un trozo de ADN diseñado para realizar una función.

Las aspiraciones de estos científicos son que

En los próximos 20 años, la genómica sintética será el estándar para producir cualquier cosa. La industria química dependerá de ella y esperamos que también una gran parte de la industria de la energía<sup>45</sup>

Silvia Ribeiro del Grupo ETC identifica los siguientes problemas con la biología sintética<sup>46</sup>

1. El peligro de diseminar seres vivos artificiales en la naturaleza (con efectos impredecibles); por ejemplo microbios que comen celulosa.
2. Incremento de la producción de agrocombustibles basados en árboles, cultivos transgénicos, “residuos” o cualquier fuente de celulosa, lo que llevará al aumento de la disputa por tierras, agua y nutrientes.
3. Desequilibrio de medios marinos por sobreexplotación de algas y diseminación de algas transgénicas.
4. Mercantilización del 76% de biomasa del planeta que aún no ha sido apropiada por las grandes empresas.

A pesar de estos peligros, añade Silvia Ribeiro, cada vez van desapareciendo las barreras económicas y tecnológicas para crear vida artificial, “jugando a ser dios”, como se puede apreciar en la siguiente nota<sup>47</sup>

James Collins, un pionero en biología sintética de la Universidad de Boston señala que: “Cuando comenzamos la biología sintética, la mayoría de nosotros éramos aficionados. Venimos de la ingeniería, física, ciencias de la computación, y otros campos”. Aún así, ‘amateurs’, como Collins, a pesar de los neófitos en biología, trabajan en universidades y tuvieron acceso a costosos equipos de investigación.

45 BP, Synthetic Genomics y ExxonMobil, citado por Grupo ETC.

46 RIBEIRO, Silvia. Ponencia “Recolonizando lo vivo: nuevas fronteras de la biotecnología, genómica y biología sintética”. Septiembre 2011. Universidad Andina. Quito

47 Synthetic Biology News. A Lab of their own. September 2, 2011. www.sciencemag.org



Ya se han construido algunos virus funcionales. En el 2002, Eckard Wimmer y su equipo de la Universidad de Goettingen en Alemania usaron secuencias de ADN sintéticas compradas por correo, las ensamblaron y lograron construir el virus de la polio.

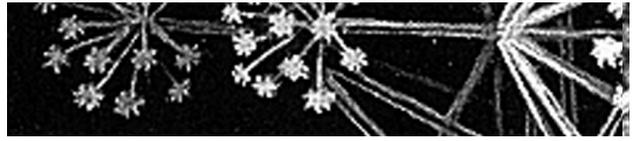
En 2005 se inició la reconstrucción del virus de la influenza española de 1918, a partir de una cepa que estaba erradicada, y que mató a unas 50 millones de personas. Los investigadores que participaron en este trabajo incluyen científicos del CDC, el Mount Sinai School of Medicine, el Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas y el Laboratorio Sudeste de Investigación Avícola, de Estados Unidos. Este trabajo fue financiado por el Departamento de Agricultura (USDA), el Instituto Nacional de Salud (NIH) y el Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas (AFIP).

En mayo de 2010, el científico Craig Venter<sup>48</sup> anunció que había creado un genoma bacterial sintético completo, que colocó en la célula de otra bacteria y que es funcional. A este organismo sintético se lo llamó "SINTIA" y es capaz de reproducirse. La idea es crear un "chasis" bacterial para introducirle diferentes funciones industriales (Grupo ETC, 2010). En concreto, se fabricó en el laboratorio todo el genoma de la bacteria *Mycoplasma mycoides*, basándose en la información de la bacteria original. Después vaciaron una célula de otra especie de bacteria del mismo género, *Mycoplasma capricolum*, que usaron como "célula recipiente", que sintetiza solo las proteínas de *Mycoplasma mycoides*.

Aunque no se puede hablar de una forma de vida artificial, ya que la bacteria en que se insertó el ADN sintético era completamente natural, Venter dice que ha sido capaz de "crear vida", porque reduce la vida a la capacidad de replicación del ADN (o del ARN). Esta argumentación es apoyada por científicos como Trifonov (2012), que comparte esta visión sobre lo que puede ser definido como "vida".

El hipotético proceso de replicación del ARN primitivo tiene un grado de sofisticación que la separa de la química simple: se copia a sí mismo y permite que se copien los errores y que estas copias pasen a las generaciones futuras. En otras palabras, este es el proceso de auto-reproducción con variaciones, no solo la síntesis orgánica. Esta es la definición misma de la vida que ha sido sugerida por la teoría en desarrollo de la evolución de los principios moleculares... En ese sentido, y bajo la definición minimalista de lo anterior, la vida nunca dejó de emergente, a partir de unos 4 mil millones de años con el ARN replicante y continúa hasta nuestros días dentro de los genomas de todos los organismos vivos.

48 Craig Venter fue el presidente fundador de Celera Genomics, haciéndose famoso al arrancar su propio Proyecto Genoma Humano en 1999, con propósitos comerciales, al margen del consorcio público. Actualmente es Director Ejecutivo de Synthetic Genomics.



Esta posición ha generado un intenso debate en la comunidad científica. Por ejemplo David King de *Human Genetics Alert* cree que esta definición de Trifonov, se relaciona de manera subyacente a la biología sintética y cobrará mucha relevancia en los próximos años. King sostiene que la vida es algo más que un conjunto de interacciones mecánicas entre las moléculas, y agrega que

Sus principales criterios para la definición de la vida es que es una entidad que se auto-reproduce y que permite mutaciones. Al final del artículo usa este argumento para sugerir que no solo la auto replicación del ARN sino también de cualquier secuencia de ácido nucleico dentro de un genoma es "vida". Uno no podría pedir una expresión más perfecta de un reduccionismo centrado en el ADN, por el que todos hemos estado luchando durante las últimas décadas<sup>49</sup>

La biología sintética y sus aplicaciones industriales constituyen tal vez el caso más extremo de la ruptura de los ciclos biológicos ya que utiliza la célula como materia prima para "crear" vida: en una célula vaciada de su núcleo se introducen cromosomas sintéticos con el fin de producir sistemas "biológicos" que no existen en la naturaleza. El interés último es comercial.

Una de las empresas más involucradas en la investigación en biología sintética es la estadounidense Amyris, que opera en Campinas en Brasil. Esta empresa "creó" una molécula a partir de caña de azúcar que, dependiendo de su tratamiento químico, puede convertirse en combustible u otros hidrocarburos para ser utilizados por la industria química y petroquímica para fabricar caucho sintético, surfactantes y lubricantes. Una de sus principales aplicaciones será la industria aeronáutica. Sobre su plataforma biológica industrial Amyris dice:

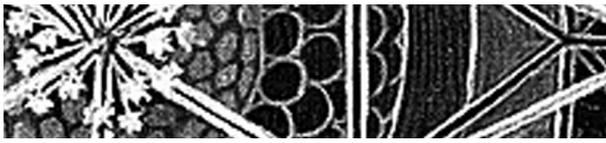
La principal vía biológica que actualmente usamos con microorganismos para producir moléculas "objetivo" es la ruta de los isoprenoides. Los isoprenoides son una clase grande y diversa de moléculas con aplicaciones en una amplia gama de industrias, incluyendo productos químicos especializados y de los combustibles. Nuestra plataforma utiliza procesos de alto rendimiento (patentados) para crear y probar miles de cepas de levadura al día, con el fin de elegir las cepas de levadura que sean más eficientes y escalables<sup>50</sup>

## EL ORIGEN DE LAS BACTERIAS

Uno de los acontecimientos más importantes para el inicio de la vida fue la formación de la membrana externa. Este hecho permitió que poblaciones de moléculas, capaces de replicarse (posiblemente de ARN) y que estaban libres en el medio, se concentren dentro de una sola unidad. Las membranas permiten que ciertas moléculas entren y salgan.

49 <http://www.gmwatch.org/latest-listing/1-news-items/13793-what-is-life>

50 <http://www.amyris.com/en/science/industrial-synthetic-biology-platform>



Las membranas están formadas por proteínas y lípidos (que estaban ausentes en la "sopa caliente" original del ensayo de Stanley Miller, por lo que no se tiene certeza de cómo surgieron).

Las primeras células obtenían la energía de la síntesis de materia orgánica o partir de compuestos inorgánicos presentes en el medio, los mismos que venían de compuestos del propio mineral o del medio circundante. La semiesfera se transformó en esfera y luego se dividió cuando el material de replicación se dividió a su vez. Así, aumentó la cantidad de ácidos grasos que conforman la membrana. Los cromosomas permitieron que unos genes estén incorporados a otros, pero no hay información suficiente de cómo surgieron. En un inicio los genes eran moléculas de ARN.

Se cree que un estadio intermedio, antes de que surjan las verdaderas células eran las "semi-células", que eran minúsculas ampollas alijadas sobre superficies minerales.

## EL ATLAS DE LAS BACTERIAS DEL CUERPO

Un grupo de científicos de la Universidad de Colorado -Estados Unidos- desarrolló un "atlas" de las bacterias que viven en varias partes del cuerpo humano. Los científicos analizaron "comunidades" de bacterias en 27 regiones del cuerpo de nueve adultos sanos.

Ellos descubrieron que la composición de estas comunidades no solo variaba de persona a persona sino cambiaba considerablemente de un sitio del cuerpo al otro y de una prueba a otra. Se calcula que hay unos 100 millones de millones de microbios viviendo sobre o dentro del cuerpo humano.

Y se cree que estos microbios juegan un papel clave en muchas funciones fisiológicas, incluida la digestión de ciertos alimentos o en el desarrollo del sistema inmune, por ejemplo, evitando la entrada de agentes patógenos causantes de enfermedades.

Sin embargo, descubrieron pocas variaciones en las bacterias de las axilas y plantas de los pies, posiblemente debido a que estas habitan en un ambiente oscuro y húmedo; aunque, donde encontraron menos variaciones, fue en la cavidad de la boca. Los sitios de la piel en la región de la cabeza, como la frente, nariz y orejas, estaban dominados por un tipo específico de bacteria; en el tronco y piernas dominaba otro.

Los investigadores se hicieron varias preguntas: "¿Por qué la gente sana tiene comunidades microbianas tan diferentes...? ¿Tenemos distintos patrones



microbianos al nacer o estos evolucionan a medida que maduramos?...¿Qué tan importante es esto?»

En total identificaron más de 4.200 especies de microorganismos, pero solo 5 de estos eran compartidos por todos los 51 participantes. El doctor Rob Knight afirma que el entendimiento de las variaciones en las comunidades microbianas humanas es una herramienta prometedora para la investigación clínica en el futuro.

FUENTE: [http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/11/091106\\_mapa\\_bacterias\\_men.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/11/091106_mapa_bacterias_men.shtml)

## EVOLUCIÓN DE LOS EUKARIOTES

Uno de los pasos más importantes para que emerjan los organismos eucariotes fue la desaparición de la pared celular rígida (que está ausente en las arqueobacterias, lo que podría haber sido un paso intermedio). Este hecho no es una desventaja pues les permitió fagocitar partículas sólidas y ampliar sus fuentes nutricionales. Por otro lado, las células desarrollaron un sistema de membranas y microtúbulos, formando una especie de endoesqueleto, que en un inicio tuvo como función reemplazar la pared celular rígida pero que luego adquirió otras funciones, como facilitar la síntesis proteica. Los ribosomas se ubican en uno de estos sistemas de membranas que es el retículo endoplasmático.

El núcleo celular se separó del resto de la célula por medio de la membrana nuclear, lo que permitió la separación entre la replicación y transcripción, y de la traducción. Los microtúbulos ayudaron a la separación de los cromosomas durante la división celular, y la división mitótica.

Las células eucariotas poseen organelas presentes en su interior y se cree son el resultado de lo que se llama "endosimbiosis", proceso a partir del cual bacterias purpúreas y cianobacterias entraron a formar parte de la célula; estas mantuvieron parte de su información genética, y la otra parte pasó al núcleo central, para formar las mitocondrias (órganos a través de cual, la célula respira usando  $O_2$  y generando  $CO_2$ ) y para realizar la fotosíntesis (aprovechamiento de la energía solar para formar azúcares y  $O_2$  a partir del  $CO_2$ ).

La simbiogénesis es la fusión de dos organismos separados para formar un nuevo organismo único. Esta teoría fue desarrollada por el biólogo ruso Konstantin Mereshkowsky en su libro de 1926 "Simbiogénesis y el Origen de las Especies", que propone que los cloroplastos proceden de cianobacterias capturadas por un protozoario.

Otro paso evolutivo importante fue el desarrollo de la división sexual y la mitosis. Las ventajas de la división sexual es que los organismos aumentan la variabilidad



genética y por lo mismo tienen mayor capacidad de enfrentar cambios en el medio. Esta innovación evolutiva también les ayuda a eliminar mutaciones deletéreas, pues estas se segregan en la siguiente generación y es posible que no aparezcan en la mitad de la descendencia.

En un inicio la reproducción sexual se hacía a través de células iguales (por lo que se llama reproducción isogámica). Luego, la reproducción se diferenció en una célula que migra y deposita el material genético en una célula que lo recibe (gameto masculino), junta el material genético masculino con su material genético femenino y provee de los nutrientes para la formación del nuevo organismo (gameto femenino). Para ello fue necesario el desarrollo de la *meiosis*.

La meiosis se inició con un proceso de un solo paso, que aún está presente en los protozoos primitivos, como los arqueozoos, que tienen un ciclo haploide – diploide. La célula recobra la diploidía no por fusión celular, sino porque el ADN simplemente se replica. Este proceso es conocido como *endomitosis*.

Luego hubo una evolución hacia una meiosis de dos pasos, en el que hay fusión del material genético de dos células; hasta llegar a meiosis de dos pasos con recombinación, formación de 4 células, genes de un progenitor diferente se transmiten al mismo hijo en los gametos.

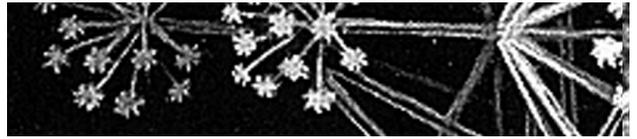
El intercambio genético es muy importante en la evolución, pero la reproducción sexual no es la única forma de intercambio genético. Por ejemplo tenemos los transposones que son segmentos de ADN (posiblemente de origen viral) que tienen la capacidad de moverse en el genoma, o los plásmidos bacterianos, que son pedazos de ADN pequeños que se replican y transcriben independientes del ADN cromosómico.

Aunque las bacterias no tienen reproducción sexual, a través de la *conjugación* pueden recrear su información genética. Este es un mecanismo de *transferencia horizontal de genes* que se da entre una célula bacteriana donadora y una receptora, mediante el contacto directo o una conexión que las une. Lo que se transfiere es un plásmido.

## LA TRANSDUCCIÓN

Otro mecanismo de intercambio genético es la *transducción*, gracias a las partículas víricas responsables de importantes fenómenos de carácter evolutivo.

La transducción es un proceso de transferencia genética en el que un virus que parasita a una bacteria (o fago) acarrea la información genética de una bacteria, y la “inyecta” en otra bacteria, aun cuando estas bacterias no estén relacionadas.



Los bacteriófagos o fagos son virus que infectan a bacterias y cuyo proceso de infección comienza con la absorción del virus sobre receptores de la superficie bacteriana. El fago inyecta su ADN (contenido dentro de su cápside) en la bacteria.

Si el fago es virulento, se replica dentro la bacteria, produciendo múltiples copias de su ADN y produce las proteínas de la cápside, se autoensambla, incorporando las copias de ADN en su interior. Produce una enorme cantidad de partículas víricas que lisan la bacteria, liberándose al medio los nuevos fagos. Si el fago no es virulento, el ADN viral se incorpora al cromosoma de la bacteria, y no ocurre la lisis bacterial.

La transducción como método de transferencia horizontal de genes (THG) está muy desarrollada en el mundo procarionte. El compartir secuencias genéticas funcionales por medio de la integración vírica actúa como un mecanismo de adaptación rápida al ambiente, y actúa a nivel de toda una población.

FUENTE: Hamilton R (2006). The gene weavers. Nature. 441:683-685.

## EL ORIGEN DE LA DIFERENCIACIÓN CELULAR

¿Por qué una célula del cerebro no transporta oxígeno y una célula de riñón no tiene las mismas características de una célula epitelial? ¿Qué determina la diferenciación celular?

En el siglo XIX se pensaba que en la división celular solo las células reproductivas recibían la dotación completa de genes, y que las células más especializadas únicamente recibían aquellos genes que les servía para la función de debían desempeñar en el organismo. Pero se ha comprobado que esto no es así. Una célula puede recuperar su capacidad *totipotente*, es decir de volver a recuperar su capacidad de producir otro tipo de tejidos. Esto se puede apreciar cuando, a partir de un esqueje o estaca, se regeneran raíces, o cuando una salamandra puede recuperar una extremidad perdida. Esta es una de las bases de la medicina regenerativa.

La regulación génica y la herencia celular tienen mucho que ver en la especialización de las células. Los genes reguladores activan genes distintos en distintas células. Estos genes producen una proteína reguladora que se une a una secuencia promotora específica, al principio del gen estructural (que es el que va a sintetizar proteínas) y evita que este se transcriba. En otros casos, el gen regulador desencadena la síntesis de proteínas.



En la mosca *Drosophila* (mosca de la fruta, organismo vivo sumamente estudiado por los genetistas), se ha encontrado un grupo de genes llamados *HOX* que están distribuidos a lo largo del cuerpo de la mosca, y que tienen como función inducir el desarrollo de las estructuras adecuadas en un sitio determinado. Actúan en el inicio del desarrollo desencadenando la activación de una cascada de distintos genes. Estos genes han sido encontrados también en otros organismos.

También hay factores externos que determinan la diferenciación celular. Estos son por ejemplo inductores o represores de transcripción. El inductor mejor conocido es el grupo metilo que, al producir metilación en ciertos genes, activa a un gen. Cuando el ADN se divide, también lo hace el patrón de metilación.

### PATENTES A LA VIDA

Las patentes fueron creadas como un mecanismo para premiar a los innovadores, pero su concepto fue cambiando hasta tener que la esencia es excluir al otro del uso de aquello que está "protegido" por propiedad intelectual, a menos que se pague regalías. En otros casos, quien tiene una patente puede simplemente excluir a otros del uso del producto patentado para evitar competencia en el mercado.

En los últimos años ha aumentado de forma drástica el contenido de propiedad intelectual incluido en los productos que circulan en el mercado mundial (ya sea como marcas, patentes, *copyrights*, etc.).

Hoy en día, las patentes ya no son solo para objetos, sino también para seres vivos. Y ya no se otorga a "inventores", sino también a "descubridores". Casi todas las legislaciones sobre patentes reconocen la protección de microorganismos y, quienes defienden la propiedad intelectual, intentan que se extienda a plantas, e inventos biotecnológicos. La primera patente sobre un ser vivo fue otorgada en 1980 a Ananda Chakrabarty que trabajaba para General Electric, por una bacteria capaz de limpiar derrames petroleros. Luego del juicio en contra de la petición de la patente, en la oficina de Marcas y Patentes de la Corte Suprema de Justicia de los Estados Unidos, se estipuló que, en materia de patentes, la cuestión no es si el "objeto de patente" es un ser vivo o no, sino si este "objeto" ha sido fruto de innovación humana o no.

Así, en 1985, la Oficina de Marcas y Patentes de los Estados Unidos dictaminó que las plantas podían colocarse bajo las leyes de patentes industriales, y en 1987 que los animales producto de la ingeniería genética también lo pueden ser. Luego se permitió patentar genes, bajo el Tratado de Budapest que extiende el patentamiento a líneas celulares de plantas, embriones, genes de plantas,



animales y humanos (naturales o genéticamente modificados) si estos pueden ser cultivadas por métodos micro-biológicos.

Por ejemplo, esta decisión permitió que se otorgue la patente No. 4 438 032 sobre la línea celular de John Moore, quien tenía una enzima rara en su cuerpo que le permitió auto-sanarse de leucemia. A pesar de las quejas judiciales que él presentó en la oficina de patentes de los Estados Unidos, el veredicto fue que la composición genética de un individuo no le pertenece una vez que ha salido del cuerpo. Dentro del patentamiento de genes humanos se incluye el de pueblos indígenas que poseen proteínas con características únicas y con alto valor comercial, como fue el caso de los genes de indígenas de Panamá, Papúa Nueva Guinea y las Islas Salomón, que fueron patentados y pero luego revocada la patente, gracias a la presión internacional.

Desde entonces, se ha otorgado una gran cantidad de patentes a seres vivos, favoreciendo enormemente a las transnacionales biotecnológicas. Hasta noviembre del 2000 existían 500.000 genes de organismos vivos patentados o en trámite. De ellos 162.000 estaban relacionados con genes humanos (totales o parciales) recogidos en 9.000 patentes (otorgadas o pendientes). Existen inclusive patentes a partir de microorganismos de Galápagos.

Con la biología sintética, se abrió un nuevo tipo de patentes para los nuevos productos y procedimientos. El Grupo ETC (2007) muestra que ya se han otorgado patentes en este campo como son:

- Patentes a métodos de construcción de filamentos de ADN sintético.
- Patentes a la "maquinaria celular sintética", como los ribosomas modificados
- Patentes a genes o partes de genes representados por la información relativa a su secuenciación
- Patentes para la ingeniería de conductos biosintéticos
- Patentes para proteínas y aminoácidos nuevos y existentes
- Patentes a nucleótidos novedosos que aumentan y reemplazan las letras del ADN.

## LOS VIRUS

Los virus son las partículas biológicas más abundantes del planeta. Por ejemplo, cada litro de agua de mar contiene diez mil millones de virus. Recordemos que el agua de mar cubre el 75% de la superficie de nuestro planeta, lo que nos da una idea de la cantidad de virus que existen solo en los océanos. Se les denomina *partículas biológicas*, y *no seres vivos*, porque los virus solamente pueden vivir y multiplicarse dentro células vivas de otros organismos.



Los virus incorporan de manera rápida largas secuencias de ADN tanto en el mundo eucarionte como procarionte. En la configuración y evolución de los seres vivos, los virus juegan un papel muy importante, aún más que las mutaciones que son individuales, puntuales y que ocurren al azar. Los virus actúan como paquetes de información transmisibles capaces de rediseñar a los organismos en los que se integran. La cantidad de información contenida en los genomas víricos es asombrosa, portando todo tipo de secuencias útiles; ejemplos son la producción de quitina y ácido hialurónico.

A los virus se los define como “entidades infecciosas” y se los asocia con enfermedades. Se los considera piratas que contagian y matan a las células que ocupan; pero en la mayoría de casos no es así, los virus establecen relaciones simbióticas mutualistas con su huésped en la que ambos se benefician.

Veamos algunos ejemplos. Los *poliADNvirus* de insectos ayudan a la supervivencia de los huevos de un tipo de avispas que parasitan a las larvas de otros insectos. Los poliADNvirus se encuentran en estado de pro-virus<sup>51</sup> integrados en el genoma cromosómico de las avispas y de ahí se escinden para posteriormente replicarse cuando la avispa está en desarrollo hacia el estado adulto. Durante la oviposición, las partículas virales que ya están bien formadas, son depositadas junto con los huevos de la avispa parasitoide dentro del insecto huésped (que puede ser una larva de mariposa) de donde nacen larvas que se desarrollan. La principal función de los poliADNvirus es suprimir el sistema inmune del insecto huésped por lo que no puede encapsular los huevos de la avispa y combatirlos (Rodríguez-Pérez y Beckage, 2006).

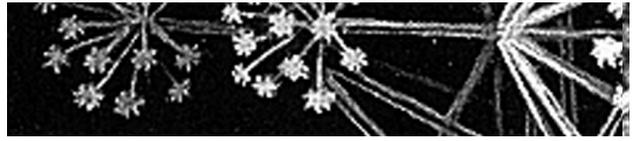
En algunos casos se trata de virus que han estado en relación con su huésped durante mucho tiempo y que incluso ya son parte del mismo. Hay una hipótesis que dice que la evolución de la placenta de los mamíferos ocurrió después de la incorporación de los retrovirus en el genoma. En algunos casos, los retrovirus endógenos parecen esenciales para el correcto desarrollo de la placenta.

Algunos tipos de *pararetrovirus endógenos* que se integran a plantas (EPRV)<sup>52</sup> les dan protección frente a otros virus. Esto ha sido encontrado por ejemplo en el género *Nicotiana* (del tabaco), por lo que se han mantenido a lo largo de la evolución algunas especies de ese género (Lockart, 2000). Dado que las secuencias de EPRV se han conservado a lo largo de la evolución, se ha sugerido que estos

---

51 Los pro-virus son ADN viral integrado en el genoma de una célula huésped. Son fragmentos de ADN móviles que constituyen genes y pueden pasar de una célula a otra; no producen enfermedades pero inducen mutaciones en la célula. Podrían considerarse como formas más autónomas de transposones.

52 Que empaquetan ADN en vez de ARN. A diferencia de otros retroelementos (como los retrovirus y retrotransposones), la integración en el genoma del huésped no es esencial durante su ciclo de replicación. Pueden empaquetar un alto número de copias.



cumplen una función beneficiosa para la planta, como darle resistencia a exovirus a través de un mecanismo de homología- silenciamiento génico y metilación del ADN. Mette *et al* (2001) es su estudio sobre el EPRV del tabaco mostraron que este tipo de resistencia, dependiente de la homología génica, se asocia con cambios permanentes en los cromosomas de la especie que acoge al EPRV, dándole una protección continua, las mismas que se hereda de una generación a la siguiente.

Los virus pueden establecer este tipo de relaciones simbióticas con prácticamente todos los tipos de células: hongos, algas, bacterias, arqueas, plantas y animales.

Los *micovirus* o *virus de hongos*, presentes en varios hongos fitopatógenos, están por lo general asociados con infecciones asintomáticas, sin embargo, algunos de ellos disminuyen la virulencia del hongo infectado, por lo que se ha pensado en usarlos en programas de control biológico (Ayllón Talavera s/f).

Se supone que la incorporación de micovirus en el genoma de ciertos hongos patógenos, son una posible causa de la variabilidad genética encontrada en ellos. En estos hongos se ha encontrado largas secuencias de ARN de doble hebra de origen viral (Reyes Pérez, 2002).

Los *virus en animales* se propagan por varios medios. A través de vectores como insectos hematófagos (que se alimentan de sangre); otros se propagan por el aire a través de los estornudos o la tos, como es el caso del virus de la gripe (rinovirus); por su parte, los norovirus son transmitidos por vía fecal-oral, o a través de las manos, alimentos y agua contaminados; los rotavirus se extienden a menudo por contacto directo con niños infectados.

El VIH es uno de los muchos virus que se transmiten por contacto sexual o por exposición con sangre infectada.

Aunque los virus que conocemos son los que producen enfermedades, la mayoría de virus que ocupan células animales son benéficos. En la evolución humana posiblemente jugaron un papel importante si tomamos en cuenta que un 8% de nuestro ADN es de origen viral. La presencia del ADN viral en nuestro genoma (bajo una forma de relación simbiótica) es responsable de los más importantes cambios evolutivos de nuestra especie.

*Los virus habitan casi todos los ecosistemas de la Tierra*, donde cumplen importantes funciones ecológicas. Por ejemplo, los virus que viven en el fondo de los océanos desempeñan un papel fundamental en el ciclo del carbono, en los ciclos biogeoquímicos y en el metabolismo de las profundidades de los océanos, como lo demuestran los estudios de la Università delle Marche.



Allí se encontró que los virus infectan y causan la muerte del 80% de las bacterias heterótrofas de las profundidades marinas. Esta mortalidad procarionte aumenta con la profundidad y más allá de los mil metros casi todo se transforma en detritus orgánico. La infección y muerte de esos microorganismos libera cada año de 370 a 630 mil millones de toneladas de carbono a la cadena alimentaria. Este detritus, en lo más hondo del océano, donde la comida es escasa, contribuye al flujo de energía y nutrientes de los seres vivos. Los científicos explican que, teniendo en cuenta que los ecosistemas marinos cubren cerca de las 2/3 partes de la superficie terrestre, este proceso tiene importantes implicaciones en la producción de biomasa y los ciclos químicos a escala global<sup>53</sup>

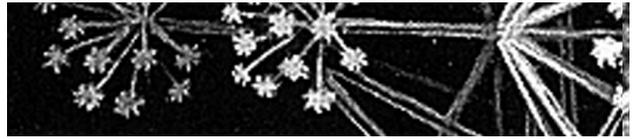
### OCÉANOS DE VIRUS

José Antonio López, 29 abril, 2008

A la importancia en número que tienen los virus en los océanos, se suma la impresionante diversidad genética que estos encierran. Estudios metagenómicos llevados a cabo con muestras de agua de mar en los últimos años han permitido capturar buena parte su riqueza genética. Se estima que existen en torno a 10.000 genotipos distintos de virus en cada kilogramo de sedimento marino y varios cientos de miles en el total de agua de mar, constituyendo en su conjunto la mayor reserva de información genética de la tierra.

Estos estudios de secuenciación masiva también nos han obligado a reconocer el profundo desconocimiento que tenemos de los virus y de los microorganismos en general que pueblan los océanos. En este sentido resulta cuanto menos desconcertante que más de un 60% de las secuencias obtenidas de muestras de agua de mar no se han podido ni siquiera clasificar porque no se parecen a nada previamente secuenciado. La mayoría de los virus identificados son bacteriófagos, predominando los que tienen cola (Myo-, Siphon- y Podoviridae) y fagos pequeños con genoma de ADN de cadena sencilla (familia Microviridae). Algunos de estos virus se encuentran ampliamente distribuidos por todos los océanos pudiendo encontrar virus casi idénticos en el Caribe o a 3.200 metros de profundidad en el Ártico. Aunque menos abundantes, los phycoADNvirus (virus que infectan algas) y los mimivirus (el virus más grande conocido, mayor incluso que algunas bacterias) presentan también una amplia distribución geográfica y contienen en sus grandes genomas cientos de genes únicos con función desconocida. Quizás uno de los hallazgos más sorprendentes de estos estudios ha sido encontrar que muchos bacteriófagos contienen genes implicados en funciones metabólicas propias del hospedador como la fotosíntesis o el metabolismo del carbono y del fosfato. Actualmente se piensa que estos genes fueron literalmente

53 I virus sono protagonisti negli ecosistemi marini profondi. [http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=NEWSLINK\\_IT\\_C&RCN=29798&ACTION=D](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=NEWSLINK_IT_C&RCN=29798&ACTION=D)



robados del hospedador (transferencia horizontal de genes) proporcionando algún tipo de ventaja evolutiva a los virus durante la infección.

FUENTE: <http://www.madrimasd.org/blogs/biocienciatecnologia/2008/04/29/90379>

## LA GUERRA, LOS GÉRMENES Y LAS ENFERMEDADES

Si la guerra es una de las actividades humanas donde más se violan los derechos humanos, lo es también el trastocar los ciclos naturales. A lo largo de la historia de la humanidad, grandes epidemias han surgido de la mano de la guerra, como resultado de esta ruptura de las leyes naturales. El apareamiento y expansión de la *peste*, *lepra*, *sífilis*, *viruela*, *sarampión*, *tifus*, *fiebre amarilla*, *gripe española*, *malaria* son algunas de las enfermedades asociadas al avance de ejércitos sobre el mundo.

Más allá del uso de armas, que son artefactos diseñados para la destrucción, las epidemias son efectos colaterales de la guerra (aunque también hay productos de laboratorio que se pensaría utiliza en una guerra biológica). Matías Alinovi (2009), en su libro "Historia de las epidemias"<sup>54</sup> relata cómo varias epidemias surgieron en el fragor de la guerra.

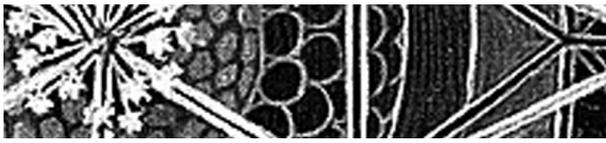
El historiador Tucídides (460–396 a.C.) narra que dos años después de iniciada la guerra del Peloponeso (431-404 a.C.), la peste fue declarada en Atenas. La *peste* se inició en Etiopía pero súbitamente causó muchas víctimas en Atenas por lo que se creía que los peloponesios habían envenenado los pozos de agua.

Otra gran epidemia de peste se desató entre los años 165 y 190 d.C., cuando reinaba en Roma Marco Aurelio, y luego su hijo Cómodo. La peste se inició cuando terminaba la guerra de Lucio Vero contra los Partos. Un historiador romano narra con fantasía que, "durante el saqueo de un templo en Babilonia, un soldado abrió un cofre del que surgió un vapor pestilencial"<sup>55</sup>. Desde ese momento, la peste se extendió a todo el imperio, acompañando a Lucio Vero de provincia en provincia a su regreso de Oriente. Las tropas la llevaron a Roma (donde se encontraba el ilustre médico Galeno, quien documentó la epidemia), provocando innumerables víctimas. La peste azotó luego a toda Italia y dejó los campos deshabitados.

En la Edad Media europea, la *lepra* había causado grandes estragos en la población durante todo el Siglo XII, y es una enfermedad endémica de Europa, en 1099, año de la primera cruzada, cobró la característica de epidemia, pues

54 Alinovi Matías, (2009). Historia de las epidemias. Pestes y enfermedades que aterrorizaron (y aterrorizan) al mundo. Estación Ciencia. Buenos Aires.

55 Ibídem



guerreros contra el Islam la trajeron de vuelta a Europa. Sobre la lepra, Voltaire en su *Diccionario Filosófico*, dice “todo lo que ganamos al final de las cruzadas fue esta sarna; y, de todo lo que tomamos, fue la única cosa que nos quedó”. La presencia de la lepra en las cruzadas se puede ilustrar con el hecho de que se creó una orden mayor de caballería conformada exclusivamente por leprosos, la de los Caballeros de San Lázaro, que más tarde daría lugar a los leprosarios que proliferaron en el medioevo europeo.

Los europeos introdujeron *sífilis* en América con la conquista; llegada con los tripulantes del primer viaje de Colón al continente americano. Miguel Alonso Pinzón, capitán de La Pinta, murió de sífilis seis meses después de retornar a España. Los Cronistas de Indias relatan que esta enfermedad era para los nativos como lo era un resfrío para los conquistadores, pero que para los europeos resultaba mortal.

Varios de los mercenarios españoles que acompañaron a Colón en su primer viaje, fueron luego a combatir en Nápoles en la guerra entre dos aristocracias europeas por el dominio de Italia. Cuando uno de los condes murió, se desmovilizaron seis mil hombres que se desperdigaron por toda Europa acarreado la sífilis con ellos. En tres años la sífilis se había extendido por todo el continente. Navegantes la llevaron a la India, China y Japón. Los moros y judíos expulsados de España la llevaron al África y al mundo árabe.

Junto con las atrocidades de la conquistadores, la *viruela* y otras enfermedades virales diezmaron la población indígena americana durante el primer siglo de la conquista española. La viruela fue registrada por primera vez en Santo Domingo y Cuba en 1518, haciendo desaparecer a poblaciones enteras. El sucesor de Moctezuma, y miles de otros guerreros, no murieron a causa de heridas de guerra sino por esta epidemia. Se cree que el Inca Wayna Capac también murió de viruela, aún antes de que los españoles hagan su aparición en el mundo andino, pues el virus viajaba más rápido que los conquistadores.

El *sarampión* y el *tifo* también hicieron estragos en las poblaciones indígenas. Entre 1537 y 1546 se desató una epidemia (posiblemente de influenza) que mató aproximadamente al 80% de la población mexicana. Con el tráfico de esclavos se introdujo la *malaria* en proporciones epidémicas, y posteriormente la *fiebre amarilla*. La mortandad fue mucho mayor en el Caribe y en las tierras cálidas y húmedas que en regiones altas y templadas. En las zonas tropicales la caída demográfica fue del 58%, pero en el Caribe fue prácticamente total (solo en Dominica sobrevive población originaria). En el Altiplano la caída demográfica fue del 3-4%.

Hacia el final de la I Guerra Mundial surgió una nueva epidemia que produjo pérdidas masivas de población: *la gripe española*. Aunque es conocida con ese



nombre, no se originó en España sino en los cuarteles militares de Kansas en Estados Unidos, en marzo de 1918. En pocos meses produjo más defunciones que la guerra mundial que ya había durado 5 años: 40 millones de personas.

TABLA 6: ALGUNAS ENFERMEDADES Y SUS GÉRMENES		
ENFERMEDAD	GERMEN	NOMBRE
Peste	Bacteria	<i>Yersinia pestis</i>
Lepra	Bacteria	<i>Mycobacterium leprae</i>
Sífilis	Bacteria espiroqueta	<i>Treponema pallidum</i>
Tifus	Bacterias	<i>Rickettsia</i>
Sarampión	Virus	<i>Morbillivirus</i>
Viruela	Virus	<i>Variola virus</i>
Fiebre amarilla	Virus	<i>Flavivirus</i>
Gripe española	Virus	Influenza A (subtipo H1N1)
Malaria	Protista	<i>Plasmodium</i>

Fuente: Elaboración propia

## BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

La fijación biológica del nitrógeno es un proceso muy antiguo, que posiblemente se originó durante los inicios de la vida en la Tierra, cuando la atmósfera tenía poco oxígeno y estaba habitada exclusivamente por procariontes, antes de que se separen las bacterias de las arqueobacterias. Una hipótesis plantea que la capacidad de fijar nitrógeno se fue perdiendo en varios grupos de bacterias, cuando la atmósfera se hizo rica en oxígeno. Los únicos procariontes que pueden fijar nitrógeno pertenecen al grupo de las Euryarchaeota<sup>56</sup> y en 6 de los más de 50 phyla<sup>57</sup> del Reino Bacteria (Lloret y Martínez, 2005).

Las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden asociarse a las raíces de las plantas o ser de vida libre. En todo caso, son los únicos organismos vivos capaces de fijar el nitrógeno atmosférico para que pueda ser asimilado por las plantas. Las bacterias fijan nitrógeno a través de la enzima nitrogenasa, además reducen algunos compuestos como el acetileno y el cianuro, y posiblemente evolucionaron con

56 Es uno de los phylum de las arqueobacterias al que pertenecen además las bacterias halobacterias (tolerantes a altos niveles de salinidad), las termófilas (que pueden vivir en condiciones de altas temperaturas) y las metanógenas (que producen metano).

57 Phylum es una categoría de clasificación del Reino Animal, ubicada entre Reino (por ejemplo reino animal) y Clase (por ejemplo, clase Mammalia). Los vertebrados pertenecemos al phylum de los cordados. El plural es phyla. En botánica (reino Plantae), se emplea el término división en lugar de phylum, siendo ambos términos equivalentes.



una forma de respiración anaeróbica análoga al proceso que llevan a cabo algunas bacterias reductoras de sulfatos (Lloret y Martínez, 2005).

La evolución de la asociación simbiótica con las raíces de las plantas se dio cuando aparecieron las primeras plantas terrestres, hace 400 millones de años, en el Devónico, hasta establecer relaciones mutualistas más específicas con ciertos grupos de plantas (como las leguminosas).

Los procariontes que pueden fijar nitrógeno tienen distintos modos de vida: aeróbicos, anaeróbicos, autótrofos, heterótrofos, pueden vivir como células individuales o en filamentos, en vida libre o en simbiosis. La fijación biológica del nitrógeno en asociación simbiótica ocurre en tres grupos de interacciones que describiremos brevemente a continuación.

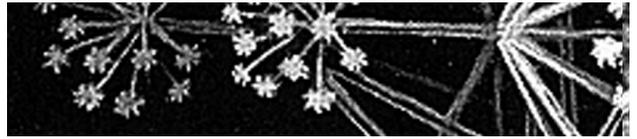
De tipo *parkia*: *Parkia* es una bacteria filamentososa del orden Actinomycetos que fijan nitrógeno en asociación con plantas que pertenecen a 8 familias y 24 géneros, incluyendo *Alnus* y *Casuarina*, conocidas como plantas actinorrizas. La mayoría de estas plantas son árboles y arbustos que pueden vivir en zonas con bajos contenidos de nitrógeno.

La forma *parkia*, con las raíces de las plantas, una asociación a través de estructuras llamadas *actinorrizas* que consisten en múltiples lóbulos cada uno de los cuales desarrolla una raíz lateral; la formación de la actinorriza incluye varios pasos que van desde la "infección" del pelo de la raíz, la formación del pre-nódulo, la iniciación del lóbulo primordial a partir del periciclo de la raíz (Franche et al, 1998). En cultivos puros, se presentan tres estructuras principales: hifas vegetativas, unas vesículas que es donde se fija el nitrógeno, y los esporangios. La *Parkia* protege a la nitrogenasa del oxígeno en el interior de unas vesículas esféricas multicelulares, rodeadas de una cápsula lipídica, con lo que consiguen resistir a concentraciones altas de oxígeno.

Existe una gran diversidad y especificidad con sus huéspedes en el género *Parkia*, e inclusive algunas especies pueden fijar nitrógeno sin asociación con plantas, siendo de vida libre. Las plantas actinorrizas habitan en espacios tan diversos como desiertos, bosques tropicales o en el ártico, en ecosistemas tan variados como bosques húmedos, pantanos, matorrales o en climas muy fríos o muy tórridos. Muchas de las especies actinorrizas son especies pioneras y son importantes en el mejoramiento de la calidad de los suelos (Russo, 2005).

Las de tipo *cianobacteria*: Este tipo de bacterias forman nódulos con distintos tipos de plantas (no leguminosas), como angiospermas dicotiledóneas, helechos, y cícadas, y ocupan su tejido para formar heterocitos<sup>58</sup>. La simbiosis de la

58 Células especializadas en fijar nitrógeno atmosférico.



cianobacteria *Nostoc* con algunas briofitas (por ejemplo con hepáticas) muestra una dependencia de los compuestos derivados de la fotosíntesis que le da a planta.

Con la simbiosis con helechos y otras pteridofitas (como el helecho acuático *Azolla* con *Anabaena*) se puede llegar a fijar unos 600 kilogramos de nitrógeno por hectárea al año. Por lo que se las usa en los campos de arroz. Hay simbiosis también entre *Nostoc* con algunas plantas Cicadales y Macrozamia. Las únicas angiospermas conocidas que sea asocian con cianobacterias para fijar nitrógeno pertenecen al género *Gunnera*.

El tipo *Rizobium*: El nitrógeno es fijado dentro de unos nódulos, que son estructuras especiales que se desarrollan en las raíces de las leguminosas. El desarrollo de los nódulos se inicia en la codificación del genoma de la bacteria que se encuentra en plásmidos. Los genes de la nodulación son mucho más recientes evolutivamente que los genes de la fijación del nitrógeno que son muy antiguos, porque la formación de nódulos tuvo que evolucionar junto con la aparición de su huésped (las leguminosas) (Lloret y Martínez, 2005).

Hay especies de rizobios que solo establecen relaciones simbióticas con una especie de leguminosas de manera muy específica, en tanto que otras especies pueden asociarse con una amplia gama de especies.

La familia de las leguminosas es una de las más grandes del reino vegetal, con muchas especies de importancia. La nodulación prosperó ampliamente en esta familia, y se encuentra presente en la mayoría de sus 18 mil especies que se especializaron en la asociación exclusiva con rizobios, los que a su vez establecieron una simbiosis exclusiva con las leguminosas.

Sobre el origen de la nodulación, Loret y Martínez (2005) dicen que la predisposición a la formación de nódulos surgió una sola vez en las angiospermas y podría ser considerada como un carácter ancestral que se ha conservado o perdido en ciertos linajes particulares de angiospermas. Sin embargo, la distribución de las familias y géneros que pueden nodular es tan dispersa que podía tratarse de orígenes múltiples de la nodulación. Hay 10 familias nodulantes de las cuales 8 son noduladas por actinomicetos y dos familias por rizobios (*Parasponia* es el único de los 18 géneros de la familia Ulmaceae que hace nódulos).

Newton (2005) sostiene que la fijación de nitrógeno, junto con la fotosíntesis como la fuente de energía, son la base de toda la vida en el Tierra. La fijación de nitrógeno provee el componente básico para la formación de dos macromoléculas muy importantes: los ácidos nucleicos y las proteínas.

Y la fijación de nitrógeno es llevada a cabo en un alto porcentaje a través de una relación de *cooperación* entre un procarionte y una planta.



## LOS HONGOS MICORRIZAS

Aproximadamente cien mil especies de hongos han sido descritas, de las cuales aproximadamente el 10% obtienen nutrientes al vivir en una estrecha asociación con otros organismos tales como plantas, animales y humanos. Muchas infecciones por hongos son *parasíticas* y pueden causar enfermedades severas mientras que otras, por el contrario, son *simbiosis mutualistas* beneficiosas para el organismo huésped. En este último grupo se encuentran las infecciones causadas por hongos micorrícicos.

El 95% de plantas mantiene relaciones simbióticas con hongos micorrizas y, de este porcentaje, cerca de dos tercios con hongos pertenecientes al grupo de las Glomeromycota, lo que confiere a estos hongos una importancia ecológica y evolutiva enorme. Existen cerca de 150 especies descritas de Glomeromycota y cerca de 200 mil especies de vegetales involucradas en la simbiosis.

Las micorrizas ayudan a la asimilación de fosfatos, nitrógeno, calcio, potasio y otros nutrientes. Gracias a esta asociación, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces. Las hifas del hongo le permite captar con mayor facilidad ciertos elementos y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y a la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio.

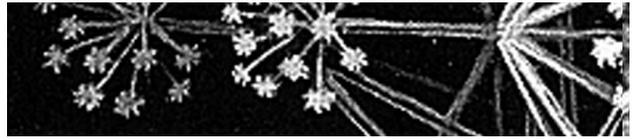
Por su parte, el hongo toma los compuestos derivados de la fotosíntesis generados por la planta. Tanto la planta como el hongo tienen mayor protección contra el ataque de patógenos.

Hay siete tipos de micorrizas. Entre las más abundantes están las *micorrizas vesículo-arbusculares* (MVA) que es el tipo de relación simbiótica más significativo y extendido entre una planta y un hongo, pues ocurre en el 80% de las plantas vasculares. Este tipo de relación ha sido reportado desde la Amazonía -donde es predominante-, hasta el Ártico. Aunque su asociación con plantas con flores es la mejor entendida, estos hongos se asocian también con otras plantas como briofitas, pteridofitas y gimnospermas<sup>59</sup>. Hay unas 100 especies de hongos que hacen micorrizas vesículo-arbusculares. Son endo-simbiontes obligatorios, y pertenecen a la clase Zigomicetes – orden Glomales.

La *asociación MVA-planta* apareció asociada con las primeras plantas terrestres del Devónico temprano.<sup>60</sup> Sin embargo, se han reportado miembros de la familia

59 A las que pertenecen los musgos, helechos y coníferas, respectivamente.

60 La relación MVA estaba asociada a Aglaophyton major, una de las plantas terrestres más primitivas, encontrada en el yacimiento Rhynie Chert en Escocia, del Devónico temprano; este descubrimiento ha proporcionado gran cantidad de información sobre los organismos de los primeros ecosistemas terrestres.



Glomeracea desde el Cámbrico<sup>61</sup> Algunos autores sostienen que esta asociación fue esencial para la evolución de las plantas terrestres<sup>62</sup> En aquella época los suelos eran de composición mineral pues aún no estaban ocupados por seres vivos, al no haber material orgánico. Los hongos micorrizas ayudaron a estas primeras plantas a colonizar la tierra, al poner a su disposición los minerales existentes. Una vez más vemos que un paso fundamental en la evolución, que fue la colonización del suelo, estuvo relacionado con una relación *mutualista* y no obligatoriamente de competencia.

Aunque es conocido que las asociaciones MVA aumentan considerablemente la absorción de ciertos nutrientes en la planta, hay otras funciones atribuidas a estos hongos, incluyendo la producción de hormonas del crecimiento en las plantas, la protección de las raíces hospederas al ataque de patógenos y una mayor solubilidad de minerales del suelo (Remy *et al*, 1994). Las MVA forman unos "arbusculos" finamente ramificados, que se forman después de que una hifa penetra la pared celular de la raíz de la planta, y unas "vesículas" ricas en lípidos.

Hay *micorrizas restringidas a la familia de las orquídeas*, la más grande del reino vegetal. Las orquídeas producen las semillas más pequeñas entre las plantas con flores. A diferencia de otras especies de plantas, estas diminutas semillas carecen de endosperma (reservas alimenticias), y tienen solo un embrión pequeño cubierto por una fina pared protectora, lo que las hace muy vulnerables a su entorno. Por otro lado, un alto porcentaje de orquídeas son epífitas<sup>63</sup>, sobre todo en los trópicos.

La germinación de las semillas de las orquídeas depende de la colonización de un hongo micorriza específico. La semilla absorbe agua y el hongo penetra en la testa de la semilla formando una estructura en forma de ovillo o pelotones de hifas.

En fase de crecimiento, la *micorriza de orquídeas*, satisface las necesidades de captación de agua, nutrientes minerales y orgánicos (fósforo, carbono orgánico y carbohidratos). El hongo proporciona el carbono total o parcialmente cuando la planta está en etapas no autotróficas, y le da protección contra la infección de patógenos.

Las micorrizas de orquídeas son diferentes de otros tipos de micorrizas en la forma como desarrolla el intercambio de nutrientes. Después de que la micorriza ha logrado establecerse en una orquídea, ella facilita el paso del carbono orgánico y otros nutrientes a la semilla. Se supone que la fuente de carbono proviene

61 Pirozynski, K. A. & Dalp, Y. (1989) *Symbiosis* 7, 1-29. Citado en Remy *et al* (2004).

62 Pirozynski, K. A. (1981) *Can. J. Bot.* 59, 1824-1827. Citado en Remy *et al* (2004).

63 Que crecen encima de otras plantas (principalmente árboles), obteniendo los nutrientes y el agua, de la de la materia orgánica que se acumula en las ramas y del agua de lluvia.



de los materiales orgánicos que rodean la planta (en el caso de las epífitas). Estas micorrizas pueden solubilizar carbohidratos, incluyendo celulosa, adquiriendo de esta manera energía para sí misma y para la planta.

Las *micorrizas de ericáceas* surgieron hace 100 millones de años. Las ericáceas (la familia del mortiño) son plantas calcífugas<sup>64</sup> ampliamente distribuidas en suelos ácidos ricos en nutrientes orgánicos. Los miembros de esta familia tienen una gran plasticidad morfológica y ecológica, incluyendo formas tan diferentes como los árboles dominantes del Himalaya, discretas especies epífitas que habitan en los bosques tropicales, o resistentes arbustos enanos subárticos.

Las ericáceas dependen en gran medida de las micorrizas MER para la adquisición de nutrientes de la materia orgánica del suelo. Existe un transporte bilateral de compuestos de carbono y fósforo entre la ericácea y el hongo micorriza (Pearson y Read, 1973). El hongo ayuda a la planta en la obtención de compuestos orgánicos complejos, incluyendo péptidos, proteínas, quitina, y material en descomposición de plantas, hongos y otros organismos, pues el hongo es además saprofito<sup>65</sup>. Además le da protección contra varios agentes de estrés abiótico como la toxicidad de metales pesados.

Las *ecto-micorrizas* surgieron hace 200 millones de años, cuando se incrementó el contenido orgánico en algunos suelos. Están presentes en el 3% de las plantas vasculares, todas arbóreas. Los hongos que forman ecto-micorrizas pueden ser ascomicetes o basidiomicetes. El hongo produce una red de hifas, que incluye un "manto" externo, que, por un lado, encierra a las raíces y, por otro, penetra en el suelo formando rizomorfos<sup>66</sup>

Las hifas externas de los hongos ecto-micorrizas excretan proteasas y fosfatasa para descomponer la hojarasca del suelo del bosque, aumentar la mineralización y la disponibilidad de nutrientes. Los rizomorfos mejoran en gran medida el potencial de alimentación de un hongo en la materia orgánica y el suelo. Algunas especies de endo-micorrizas producen grandes alfombras de hifas sobre el detritus, proporcionando un hábitat único a otros micro-organismos del suelo.

Unas cuatro mil especies de hongos son micorrizas, pero se asocian solo con gimnospermas y con algunas angiospermas<sup>67</sup> leñosas. Varias de estas especies desarrollan champiñones o setas comestibles.

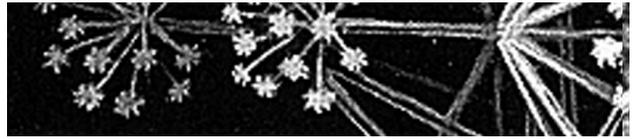
---

64 Que no pueden crecer en suelos alcalinos.

65 Un organismo saprofito obtiene sus nutrientes de la descomposición de la materia orgánica.

66 Conjunto de hifas fuertemente apretadas y resistentes que forman un cordón, recordando a las raíces de las plantas superiores.

67 Plantas con flores.



Dentro de una misma comunidad de plantas puede haber diferentes niveles de dependencia a los hongos micorriza, lo que a su vez impacta en la sucesión vegetal y otros procesos dinámicos dentro del ecosistema.

Algunas plantas dependen obligatoriamente de las micorrizas, otras pueden desarrollar asociaciones de manera facultativa, de acuerdo a las condiciones del suelo, o ser independientes sin necesidad de asociaciones con micorrizas. Entre los helechos, hay grupos que son totalmente dependientes de las micorrizas (por ejemplo los helechos del género *Psilotopsida*) y otros que son totalmente independientes (por ejemplo, el helecho acuático *Azollaceae*). En los inicios de la sucesión ecológica en ambientes áridos, glaciares y flujos de lava, en general las plantas no establecen simbiosis con micorrizas. Las comunidades de hongos se desarrollan lentamente, a medida que avanza la sucesión vegetal, y las plantas que tienen micorrizas se hacen más estables. En algunas comunidades tropicales, la diversidad vegetal parece aumentar cuando hay micorrizas.

A partir de los hongos micorrizas se promueven otras relaciones simbióticas. Por ejemplo se ha encontrado que las hifas de algunos hongos arbusculares unen plantas, aun cuando estas no estén relacionadas. Se han encontrado por ejemplo vínculos de hifas arbusculares y raíces de leguminosas y gramíneas. Por otro lado, algunas bacterias "ayudantes" parecen promover selectivamente el establecimiento y desarrollo de asociaciones ecto-micorrizas. Así mismo, la fijación de nitrógeno de las leguminosas es fuertemente dependiente de hongos arbusculares. Además, los patógenos del suelo pueden ser inhibidos o estimulados por los cambios en los exudados de las raíces micorrizadas, o por las barreras creadas por mantos ectomicorrícicos y muchos otros procesos relacionados con esta relación simbiótica (Brundett, 1991).

Las distintas actividades agro-industriales han puesto en peligro los procesos evolutivos aquí descritos, y las relaciones simbióticas en las que se sustentan. Y mientras estos procesos destructivos tienen lugar, se pone como alternativa la mercantilización de la vida, negando el acceso a la mayoría de personas a su disfrute y a la realización del Sumak Kawsay.



## CAPÍTULO 8

### LA HIDROSFERA: DONDE SE ORIGINÓ LA VIDA

*Los ríos son nuestros hermanos, ellos calman nuestra sed.  
Los ríos llevan nuestras canoas y alimentan a nuestros hijos.  
Si os vendemos nuestras tierras, deberéis recordar y enseñar a vuestros hijos  
que los ríos son nuestros hermanos y hermanos de vosotros;  
deberéis en adelante dar a los ríos el trato bondadoso  
que daréis a cualquier hermano.  
Carta del Jefe Indio Seattle a Franklin Pierce (1854)*

#### Art. 406.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable,  
recuperación de... manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros.*

De acuerdo al escritor colombiano William Ospina el agua es un milagro; el mayor de los milagros.

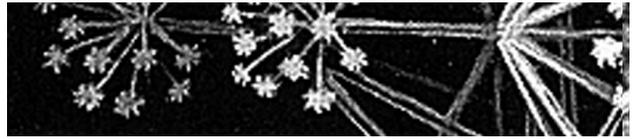
Cuando vemos el mar pensamos que el agua es infinita, pero si dividiéramos el mundo en diez mil partes, solo dos de ellas estarían compuestas de agua. Asombra pensar que esa capa de líquido transparente y cambiante, que cubre como una delgada película vastas zonas del globo, no solo se desprende en vapor al roce del sol, y cae otra vez de las nubes al descender la temperatura, y canta en nuestros tejados y vidrieras, y nutre una activa vegetación de millones de formas, sino que es la causa eficiente de que la vida misma haya surgido en este planeta, y de que esa vida se multiplique y persista, y emita hojas y tentáculos, alas y lenguas, sueños y pensamientos.<sup>68</sup>

Ospina con estas palabras está describiendo el ciclo del agua, que incluye la circulación y conservación del agua, que es el principal componente de la hidrosfera.

### EL CICLO HÍDRICO

El agua de los océanos, mares, ríos y lagos se evapora y, a medida que se eleva, el aire húmedo se enfría y, por condensación, se convierte en líquido, formando las

68 William Ospina. Los sentidos del cuarto elemento. El Espectador de Colombia. 23 de agosto, 2008.



nubes. Por su propio peso, cae en forma de lluvia. Cuando la atmósfera está muy fría, el agua pasa a estado sólido formando nieve o granizo.

Cuando el agua llega a la tierra, una parte es aprovechada por los seres vivos. Las plantas absorben el agua a través de las raíces y, luego de recorrer toda la planta, se evapora a través de las hojas.

Otra parte del agua se escurre en el suelo, llega eventualmente a un río, un lago o el océano y o se filtra hacia las capas subterránea. Toda esta agua en algún momento vuelve a la atmósfera.

La vida en el planeta tierra es posible solo porque existe agua. El agua contenida en la hidrosfera ayuda además a regular el clima de la Tierra por su capacidad de almacenar energía.

La capa terrestre donde se acumula el agua se llama hidrósfera, y se encuentra por encima y por debajo de la superficie de la Tierra. El agua se presenta en nuestro planeta en tres estados: como agua líquida (mares, ríos, lagos y otros cuerpos de agua), en estado sólido (como hielo, granizo o nieve), y gaseoso (en las nubes o en forma de vapor). El agua de la hidrosfera cubre las tres cuartas partes de nuestro planeta y tiene una masa de aproximadamente  $1,4 \times 10^{21}$  kg.

Los mares y océanos contienen el 97% del agua del planeta; de ella, solo el 3% es dulce (1% y 2% en estado líquido y sólido respectivamente). El 71% de la superficie terrestre está cubierta por océanos, con una superficie de 361 millones de  $\text{km}^2$  y una profundidad media de 3.730 m.

## LOS ORÍGENES DEL AGUA

Una de las teorías sobre el origen del agua en nuestro planeta sostiene que se formó a partir de la misma masa gaseosa proveniente del sol. En la Tierra se inició un proceso de desgasificación y el magma incandescente del interior empezó a soltar vapor de agua y otras sustancias, que al condensarse formaron la "atmósfera primordial". Un posterior enfriamiento provocaría la condensación del agua.

El peso del agua acumulada ha hecho que el fondo marino se hunda, por lo que los océanos crecen continuamente en profundidad (no en anchura). Hace unos 4 mil millones de años, el agua comenzó a recolectarse sobre la superficie del planeta para formar, con el paso de millones de años, los océanos. Al primer océano que existía, y que rodeaba al supercontinente Pangea, se lo conoce como Panthalassico. Al partirse Pangea en pedazos comenzaron a conformarse los océanos que conocemos y otros que ya han desaparecido.



Cuando el continente Gondwana comenzó a desmembrarse de Pangea (el otro sub continente al noreste de Pangea se llama Laurasia), comenzaron a formarse los mares y océanos. El más antiguo, el Océano Pacífico apareció entre 570-400 millones de años (inicios del Paleozoico) y, luego el Atlántico y el más joven, el Océano Índico que comenzó a delinearse hace 100 millones de años, cuando África en su borde oriental se separó de la Antártida y la India.

Hace aproximadamente 250 millones de años, a finales del Pérmico, empezó a formarse un océano, el Mar de Tetis, debido a la formación de una falla al sur de Pangea, a lo largo del norte de la placa de Cimmerica (microcontinente, en lo que hoy es Turquía, Irak y el Tíbet, Malasia e Indonesia). A lo largo de los 60 millones de años, esa placa se fue desplazando hacia el norte. Durante el Jurásico, hace 150 millones de años, Cimmerica, finalmente colisionó con Laurasia y el suelo oceánico se encorvó bajo esta segunda placa formando la fosa de Tetis, El nivel de agua subió, cubriendo parte de Europa con mares poco profundos.

Hace 90 millones de años en el Cretácico Superior, el océano Atlántico continuó abriéndose. La India se fue alejando del África y mientras se desplazaba al norte se fue cerrando el Mar de Tetis, abriendo el océano Índico.

## LA VIDA SE ORIGINÓ EN EL MAR

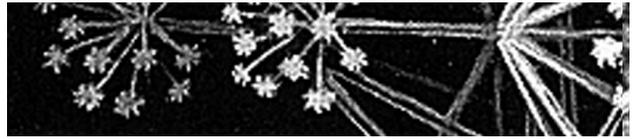
Hay consenso sobre la aparición de la primera célula en el mar, en la era Precámbrica, cuando la Tierra se encontraba totalmente cubierta por las aguas, con una temperatura de unos 44° C. y unas condiciones físicas y químicas favorables para ello.

Los primeros seres vivos fueron autotróficos, es decir que sintetizaban su materia orgánica a partir de compuestos que contenían un átomo de carbono (como el dióxido de carbono). La energía para que sea posible esta síntesis provenía de compuestos inorgánicos. Aún hoy existen organismos que habitan en los manantiales hidrotermales de los fondos marinos abisales, cuya principal fuente de energía son las emanaciones de sulfuro de hidrógeno. Es la quimiosíntesis y es muy diferente a la fotosíntesis.

### LOS MANANTIALES SUBMARINOS

El primer manantial termal submarino, *Rose Garden*, fue descubierto en 1977 en Galápagos, cuando un equipo de investigadores quiso comprobar si la teoría de la tectónica de placas.

“... Este manantial expulsaba agua ligeramente tibia, de temperatura cercana a 25°C, que contenía ácido sulfhídrico. Hasta entonces se consideraba que a tales



profundidades, en una oscuridad total, solo podía existir una vida exigua, que subsistía solo de los organismos nadadores muertos que cayeran al fondo; no obstante, el submarino se encontró con una abundante vida alrededor del manantial. En este ambiente, la base de la pirámide alimentaria está constituida por bacterias que fabrican sus propios alimentos, utilizando como fuente de energía el ácido sulfhídrico mediante el proceso llamado quimiosíntesis. Rodeando la abertura se encontraban enormes gusanos en forma de tubo (*Riftia pachyptila*) de color blanco y cerca de 1.80 metros de longitud, y de su parte superior emergían gusanos de color rojo que alojaban en sus tejidos una gran cantidad de dichas bacterias, formando una simbiosis; además se hallaron almejas y mejillones de hasta 25 centímetros . [...] Al ser visitado nuevamente en 2002 para celebrar el 25 aniversario de su descubrimiento, había sido tapado por un derrame de lava y su sistema convectivo había encontrado salida en otro sitio relativamente cercano, que fue llamado Rosebud . . .”

FUENTE: Pantoja Alor Jerje y Gómez Caballero José. 2004. Los sistemas hidrotermales y el origen de la vida. Ciencias. Julio-septiembre. Número 5. Universidad Autónoma de México. pp. 14 – 22.

En este mar primitivo podían haber además importantes cantidades de compuestos orgánicos, sintetizados a partir de la energía solar, aunque su eficiencia no era como la alcanzada durante la fotosíntesis (Maynard Smith y Szathmáry, 1999).

En 1953, Stanley Miller recreó lo que pudo ser el océano primitivo. Para ello hizo pasar una descarga eléctrica a través de una cámara que contenía agua, metano y amoníaco, formándose una amplia gama de compuestos orgánicos, incluyendo aminoácidos (que son las moléculas que conforman las proteínas), diversos tipos de azúcares y varias purinas y pirimidinas (que son las moléculas que forman el ARN y ADN).

Sin embargo no se produjeron otras moléculas esenciales para el “origen” de la vida como los ácidos grasos, y solo muy pequeñas cantidades de azúcares ribosas (que también forman parte del ARN). También fue difícil comprender cómo se formaron los polímeros de aminoácidos para formar péptidos porque, aunque en el experimento de Miller los aminoácidos sí formaban hebras y tenían cierta actividad catabólica, no eran enlaces peptídicos (que son como se unen los aminoácidos para formar proteínas). Igual dificultad presentaba la formación del ARN.

Más tarde Günter Wächtershäuser propuso que estas reacciones debieron haber tenido lugar entre iones unidos en una superficie, posiblemente con piritas de hierro cargadas positivamente. Ligándose a esta superficie, las moléculas interactuantes se concentrarían y se aceleraría la velocidad de la reacción. De igual



manera, las moléculas reaccionantes se mantendrían en una orientación determinada, unas respecto a otras, lo que aumentaría la especificidad de las reacciones (en caso contrario, las moléculas moviéndose libremente, nunca podían haberse conectado unas con otras) (Maynard Smith y Szathmáry, 1999).

En todo caso, a partir de moléculas orgánicas simples empezaron a formarse moléculas cada vez más complejas. De ellas el ARN pudo replicarse (es decir, hacer una copia exacta de sí mismo).

### BACTERIAS ANAERÓBICAS

En los orígenes del planeta Tierra, cuando se tenía una atmósfera reductora (es decir sin oxígeno libre), los primeros seres vivos en los océanos fueron arqueobacterias<sup>69</sup> anaeróbicas (que no respiraban oxígeno) que estaban adaptadas a altas temperaturas.

Cuando esta situación cambió, estas bacterias tuvieron que desarrollar mecanismos moleculares para adaptarse a la nueva atmósfera y respirar oxígeno (bacterias aeróbicas) o se adentraron en las profundidades de los océanos.

Los organismos anaeróbicos incluyen diversas especies que pueden crecer en condiciones ambientales extremas de temperatura, pH, salinidad, toxicidad del sustrato, o de energía libre disponible. Las bacterias anaeróbicas han desarrollado mecanismos de conservación de energía para adaptarse fisiológicamente al estrés ambiental. Aún hoy, por ejemplo, habitan en sedimentos geotérmicos marinos, aguas termales, gases volcánicos, o tejidos internos de los seres humanos.

Las bacterias anaeróbicas pueden clasificarse en: termófilas (que pueden vivir a temperaturas superiores a los 60°C), halófilas (que soportan salinidades superiores al 10% NaCl), acidófilas (que pueden vivir en un pH externo de 2.0 e interno de menos de 6.0), alcalífilas (alta alcalinidad) y metanógenas (producen metano como parte de su metabolismo energético) (Lowe, et al, 1993).

El mar ha albergado vida desde hace casi 4.000 millones de años. Si tomamos en cuenta que las primeras colonizaciones a tierra firme tan solo empezaron hace 435-445 millones de años, en el Devónico, podemos decir que la mayor parte de la historia de la vida en el planeta ha tenido como escenario el mar.

69 Tienen este nombre porque se cree que dominaron la Tierra primitiva cuando habían condiciones ambientales extremas como altas temperaturas, poco oxígeno y muchos gases con los cuales ahora sería imposible la vida en la Tierra.



En la localidad de Isua en Groenlandia, se encuentra uno de los vestigios más antiguos de la vida en la Tierra. Se trata de elementos ovoides carbonados cuya composición isotópica podría revelar que hubo actividad biológica.

Hemos establecido que la vida sobre la Tierra data de hace más de 3.800 millones de años con el apareamiento de la célula. La fotosíntesis con liberación significativa de oxígeno pudo iniciarse hace unos 3.500 millones de años<sup>70</sup>; los organismos eucariontes aparecieron hace 2.000 millones de años y los primeros organismos fotosintéticos que usaron el CO<sub>2</sub> atmosférico hace 1.200 millones de años. Aunque no hay registros fósiles, métodos moleculares señalan que pudo haber animales pluricelulares desde hace 1.000 millones de años.

Los primeros animales en el mar datan de hace 560 millones de años, pertenecientes a la "fauna ediacara" por el nombre de un yacimiento hallado en Australia, fueron probablemente sésiles con forma tubular o de hoja, y eran blandos por lo que no dejaron fósiles; a diferencia de aquellos encontrados en el mar que datan de 540 millones de años, en lo que se llama la radiación Cámbrica, que sí dejaron numerosos fósiles. Los animales desarrollaron de manera independiente distintos planes corporales y formas de desplazarse. Había muchas especies grandes, inclusive portadoras de conchas, que posiblemente eran una protección contra predadores. El mar estaba poblado de trilobites, esponjas, almejas, corales, anélidos y nautilus, equinodermos y caracoles marinos (Acot, 2003).

A partir de entonces, han habido varios períodos de grandes extinciones y grandes explosiones de biodiversidad. En la actualidad, debido al cambio climático por ejemplo, la biodiversidad enfrenta grandes amenazas y ya se habla de una nueva gran extinción.

Los océanos contienen el 90% de la biomasa viviente, y albergan 32 de las 34 phyla existentes. Existen entre 500.000 a 10 millones de especies marinas. Se sabe que hay más de 1.000 especies por metro cuadrado en el Océano Indo-Pacífico, y continuamente se descubren nuevas especies, especialmente en los mares profundos.

---

70 Hubo fotosíntesis antes, pero sin liberación de O<sub>2</sub>



## ALGUNOS ECOSISTEMAS MARINOS IMPORTANTES

### Art. 395.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

1) El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Los arrecifes de coral son los ecosistemas con mayor diversidad biológica, entre todos los ecosistemas de aguas marinas poco profundas. El rango de distribución es muy restringido entre los taxones de los arrecifes de coral, siendo entre el 7,2% y el 53,6% de cada taxón<sup>71</sup>, lo que les hace sumamente vulnerables a la extinción. Los 10 centros de endemismo más importantes cubren el 15,8% de los arrecifes de coral del mundo, e incluyen entre 44,8% y 54,2% de las especies de distribución restringida. Muchos arrecifes están siendo gravemente afectados por actividades humanas, lo que puede conducir a la extinción de numerosas especies.

### LOS ARRECIFES, SELVAS SUBMARINAS

María Cecilia Terán

El mar ha sido siempre considerado como fuente de leyendas y cuentos; su misterio ha llevado a miles de curiosos aventureros a intentar descubrir sus secretos, pero sin duda sigue siendo una caja de sorpresas.

Uno de los ecosistemas marinos más formidables son los arrecifes, los cuales debido al color, la belleza de formas y diseños, y a la tremenda variedad de vida, han sido denominados: "las selvas de los océanos". Los arrecifes se desarrollan en aguas tropicales y se calcula que alrededor de un millón de millas cuadradas de las aguas costeras tropicales poco profundas están dominadas por arrecifes de coral, lo que representa aproximadamente el 0,17% del total de la superficie del planeta.

Los arrecifes de coral son únicos entre las asociaciones marinas, ya que están formados enteramente por actividad biológica, es decir existe una variedad de organismos marinos que se encargan, mediante sus funciones metabólicas, de la construcción de grandes edificaciones macizas, que superan en escala la arquitectura de cualquier otro ser viviente, incluido el hombre.



Los arrecifes son esencialmente depósitos masivos de carbonato de calcio producido principalmente por los corales, algas calcáreas, esponjas y otros organismos.

Aunque los corales se encuentran en gran parte de los océanos del mundo, los arrecifes solamente crecen en los trópicos, debido a que solo en condiciones tropicales pueden desarrollarse apropiadamente los Corales Hermatípicos, únicos productores de arrecifes. Estos albergan en su interior a miles de algas unicelulares llamadas *Zooxantella*, indispensables para su buen crecimiento. El tamaño de los corales incidirá en la producción de carbonato de calcio y, por lo tanto, en el tamaño de los arrecifes. Esta relación exitosa se ha mantenido alrededor de 200 millones de años.

Los corales necesitan de condiciones especiales para poder vivir, estas son: aguas cálidas, claras y poco profundas. Al parecer estos factores son un limitante para el desarrollo de arrecifes de coral en las costas del Ecuador, donde muchas veces se encuentran aguas frías como efecto de la corriente de Humboldt, y con alta sedimentación como resultado de las desembocaduras de ríos continentales. Sin embargo, existen formaciones rocosas con parches de coral, que albergan también a una gran diversidad de especies. Ejemplos de ello son las colonias coralinas que se encuentran en las Islas Galápagos y las grandes colonias de corales hermatípicos de la zona costera del Parque Nacional Machalilla y en la Isla de la Plata. Estas colonias, significativas por su tamaño, probablemente representan el límite sur para la distribución de colonias de corales hermatípicos de grandes dimensiones en el este del Pacífico.

Los arrecifes tienen la capacidad de albergar a un gran número de especies (más de 4.000), estas pueden variar en tamaños, formas y colores, desde el diminuto Caballito de Mar de Nueva Caledonia que apenas alcanza el tamaño de la uña del dedo meñique, hasta los enormes Meros, característicos del Pacífico y Caribe, que llegan a medir más de 3 metros y a pesar más de 200 kilogramos. Esta gran variedad de organismos han hecho de los arrecifes un ecosistema altamente diverso, donde las interrelaciones entre especies son esenciales para la supervivencia de sus miembros".

FUENTE: Ecuador Terra Incógnita, Mayo-Junio 2003

Otros ecosistemas marinos menos conocidos son los fondos marinos profundos, las fuentes hidrotermales, las montañas submarinas, los corales de agua fría, los arrecifes de esponjas, los taludes superiores de los márgenes continentales y los cañones submarinos. Varios de estos ecosistemas están amenazados por



actividades humanas, como por ejemplo los arrecifes, los montes marinos y la zona de divergencia ecuatorial<sup>72</sup>

Una de las actividades humanas que más afecta la biodiversidad de los océanos es la pesca industrial. Se dice que solo queda el 10% de los grandes peces de interés comercial, si se compara con las poblaciones que habían en 1950 cuando empezaron a abundar las flotas de barcos factoría, y se desarrollaron nuevas estrategias para localizar los bancos y optimizar las artes de pesca. La pesca industrial puede reducir la biomasa de una especie (el volumen de población) en cerca del 80% en apenas 15 años y, aunque los peces pueden recuperarse por medio de incrementar su tasa de reproducción, puede darse un proceso de erosión genética. En muchos casos, la sobrepesca impide a los grandes peces alcanzar su peso y su tamaño ideales, para algunos de ellos, ni tampoco su madurez sexual.

Los arrecifes de coral de agua fría son muy sensibles a la pesca profunda, debido a sus frágiles estructuras tipo arbusto y sus lentas tasas de crecimiento (apenas una décima parte de la de los corales de las aguas cálidas tropicales), por lo que se recuperan con dificultad de los daños físicos. La acidificación del océano también les afecta mucho.

Los montes submarinos son otros ecosistemas sumamente diversos y frágiles. Estos se forman durante la actividad tectónica o volcánica, levantándose por encima del lecho marino profundo y pudiendo influir en el flujo de las corrientes oceanográficas. Los hábitats de poca profundidad -con relación al entorno llanura abisal- a menudo tienen comunidades de fauna muy diversa y abundante. En los montes submarinos aislados, se desarrollan ecosistemas especiales, con muchas especies endémicas.

La zona de la divergencia ecuatorial es otro hábitat de importancia. La producción primaria marina no es uniforme en el océano, por ejemplo, en la región de aguas medias del Océano Pacífico, a pesar de la gran cantidad de luz que recibe durante todo el año, está lejos de los nutrientes producidos en las otras zonas continentales. No obstante, hay un alto nivel de productividad primaria debido a un fenómeno oceanográfico llamado la divergencia ecuatorial que permite que los nutrientes, que se encuentran en el fondo del agua, fluyan a la superficie en donde la concentración de nutrientes es baja. Luego, hay una gradiente de concentración hasta los mil metros y más abajo, en las profundidades, la concentración de nutrientes es uniforme. Esto se debe a que muchos de los organismos cuando mueren van a parar al fondo de los océanos y se descomponen el lecho marino.

---

72 The Global Ocean Biodiversity Initiative (GOBI).



Los peces marinos y los invertebrados son unas de las últimas fuentes de alimento silvestre del planeta. Alimentan a 2.600 millones de personas a las que le suministran al menos el 20% de su ingesta proteica diaria promedio.

La pesquería industrial atenta contra las poblaciones biológicas marinas y estaría violando los derechos del mar.

## EL ARRASTRE DE FONDO

*“Una sola pasada de una red de arrastre, puede aplastar siglos de crecimiento”*

*“De los métodos o artes de pesca usados actualmente en la actividad pesquera, tanto por la flota industrial como artesanal, el arrastre de fondo es el más perjudicial para el medio oceánico. Consiste en la utilización de redes de pesca de gran envergadura que se arrastran por el fondo del mar con el objeto de capturar diversas especies marinas, principalmente peces y crustáceos demersales y bentónicos, es decir, que viven asociados a dicho fondo ...”*

*“Al operar en contacto directo con el suelo marino, las redes de arrastre y los aparejos que van unidos a ellas remueven ese sustrato, tal como un arado lo hace con la tierra, y aplastan a diversos organismos marinos que viven sobre él ...”*

*“Las formaciones de coral y esponjas de profundidad ubicadas afuera de algunas zonas costeras del Pacífico, por ejemplo, tienen cientos de años de vida. Sin embargo, estas hermosas estructuras de vida actualmente están sujetas a formas cada vez más crecientes de invasión, destrucción y muerte, producto del uso indiscriminado del arrastre de fondo ...”*

*“Además del daño físico y biológico que la pesca de arrastre provoca en el fondo marino, este método de captura presenta una baja selectividad, pues a la red no solo ingresan los peces o crustáceos que son el objetivo de pesca, sino que también muchas otras especies bentónicas o demersales imprescindibles para mantener el equilibrio del ecosistema marino. Al conjunto de aquellas especies que no son el blanco de la actividad pesquera, se le denomina “bycatch”; fenómeno que, a su vez, lo componen la suma de la captura incidental y de la pesca de descarte ...”*



## EFFECTOS DEL ARRASTRE SOBRE EL FONDO MARINO

El suelo marino incluye diversos hábitat que abarcan arenas finas, sedimentos barrosos, rocas escarpadas, piedras pequeñas, taludes, quebradas profundas, montañas bajo el mar y salientes que cuelgan; estructuras que, a su vez, concentran la mayor diversidad de vida del océano.

Por su diseño, los aparejos utilizados en las redes de arrastre de fondo aplastan y destruyen indiscriminadamente a todos los organismos que se le interponen, incluyendo algas, plantas y animales antiquísimos de lento crecimiento que son extremadamente sensibles a los disturbios de su hábitat, como las anémonas, las esponjas y los corales de profundidad. Además, al remover y escarbar en el fondo, el arrastre destruye el refugio de diversos organismos que, entonces, quedan visualmente expuestos a sus depredadores. Al mismo tiempo, la remoción del suelo altera los flujos de materia energía del mismo; elementos, ambos, que determinan las condiciones físicas para que se desarrolle o no la vida ..."

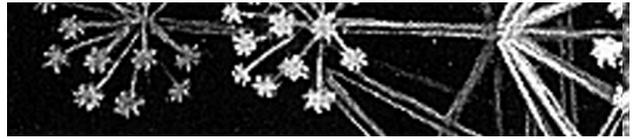
"Cabe destacar que la destrucción de las complejas comunidades que habitan el fondo oceánico contribuye a la declinación de las pesquerías, ya que estas áreas proporcionan las condiciones para resguardar y proteger el crecimiento de una gran variedad de especímenes juveniles de peces e invertebrados marinos.

En definitiva, una vez que el hábitat esencial ha sido destruido producto de la pesca de arrastre, peces comerciales y otras especies que dependen de él para su desove, cría, protección, alimentación y abrigo, pueden desaparecer.

La pesca de arrastre de fondo es la menos selectiva de todas, pues consiste en un arte activo que no espera ni confía en los movimientos del pez para su captura, sino que va agresivamente en busca de aquellos que viven sobre el fondo marino o cerca del mismo. De esta forma, la red de arrastre no solo extrae los peces o crustáceos que son objetivo de la pesca, sino que también captura una gran diversidad de otros organismos que constituyen el llamado "bycatch", y que han provocado gran inquietud por las consecuencias ecológicas que puede tener sobre la biodiversidad marina ..."

FUENTE: Oceana , oficina para América del Sur y Antártica . PESCA DE ARRASTRE: ARRASANDO LA VIDA MARINA . Documento 5 , con la colaboración de Alejandro Buschmann y Carlos Astudillo

Las cadenas alimentarias marinas se inician con las algas unicelulares del fitoplancton. A través del proceso de la fotosíntesis, la clorofila del fitoplancton utiliza la energía del sol para convertir el dióxido de carbono en compuestos orgánicos útiles para su crecimiento y reproducción. La generación del nuevo material vegetal a partir de la fotosíntesis se llama producción primaria. Los oceanógrafos



utilizan el valor de la producción primaria para medir la productividad biológica de mares y océanos.

Como los rayos solares solamente penetran unas decenas de metros dentro del océano, las aguas superficiales son cálidas y las mas profundas frías. Por lo tanto, la luz solar define la zona donde pueden vivir las plantas oceánicas que requieren luz para la fotosíntesis. Las plantas y el zooplancton que las consume, así como otros organismos en la cadena alimentaria, absorben la mayoría de los nutrientes y el  $\text{CO}_2$  disponible en la superficie.

Los océanos, junto con los organismos que los albergan, contienen alrededor de 38.000 Gt de carbono, lo que representa aproximadamente el 95% del carbono total. La vida marina produce la tercera parte del oxígeno que respiramos.

Uno de los principales problemas que enfrentan los océanos es la acidificación relacionada con el incremento de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera. Este cambio en el nivel de acidez (o pH) del agua marina produce una menor disponibilidad de calcita, dragonita y otros carbonatos con los que se forman los arrecifes, los esqueletos y las conchas de muchas especies marinas<sup>73</sup> Debido a este problema, los esqueletos de los animales marinos se debilitan porque están hechos de carbonato de calcio. En contraste, las algas marinas se reproducen masivamente porque están siendo fertilizadas con mucho carbono.

## GEOINGENIERÍA Y LA FERTILIZACIÓN DEL MAR

Entre las propuestas en el campo de la geoingeniería que han surgido para frenar el cambio climático, se incluye la fertilización oceánica. Se refiere a incrementar la captura de carbono en el mar, usando nanopartículas de hierro o nitrógeno para estimular artificialmente el crecimiento del fitoplancton, para luego "secuestrar" el carbono en aguas profundas. Pero para que esto tenga un impacto global en el clima, se tiene que "fertilizar" gigantescas extensiones oceánicas.

A este respecto, el Grupo ETC (2010) señala los siguientes posibles impactos relacionados con esta técnica:

- Perturbación de la red alimentaria marina
- Empeorará la acidificación del océano
- Estimulará el florecimiento de algas tóxicas
- Producción de gases tóxicos como dimetil-sulfato (DMS)



Los impactos en la vida del océano son impredecibles, por eso tanto en la Convención de Londres como en el Convenio de Biodiversidad, se decretaron moratorias a las investigaciones –aun a pequeña escala- de la fertilización oceánica.

Al respecto, Sommers (2010) dice que si el océano continúa acidificándose podría afectarse

“en un mediano plazo a todas las formas de vida. Como un efecto indirecto sin embargo casi inmediato encontramos el impacto sobre los organismos marinos, dichos efectos son derivados de los cambios en la disponibilidad ó la composición de nutrientes como resultado del aumento de la acidez”.

Frente a la fertilización marina Hale and Dilling (2011) se preguntan si tiene sentido la eliminación de un contaminante por medio de introducir otro, en un sistema que ya ha sido alterado, dañado y amenazado, y concluyen que la fertilización del océano y otras técnicas de geoingeniería no proponen estrictamente limpiar las emisiones de carbono, pero en realidad mover el universo a un estado futuro, desconocido.

Experimentos de fertilización marina se han hecho en dos ocasiones en el islas Galápagos, y hubo un tercer intento que fue frenado por el gobierno nacional en 2007.

#### Art. 258.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*La provincia de Galápagos tendrá un gobierno de régimen especial.  
Su planificación y desarrollo se organizará en función de un estricto apego  
a los principios de conservación del patrimonio natural  
del Estado y del buen vivir...*

## ECOSISTEMAS MARINO – COSTEROS EN EL ECUADOR

El mar patrimonial del Ecuador se extiende 200 millas desde el límite de las playas hacia mar abierto, tanto desde el territorio continental como en las Galápagos. En este territorio existe una gran diversidad de ecosistemas, debido a la presencia de diversas corrientes marinas.

De los 14 ambientes oceánicos que hay en el planeta, diez existen en el Ecuador (algunos son islas, bajos, bancos y planicies abisales). De los 14 ecosistemas cos-



teros que hay en la Tierra, once están presentes en este país -playas, estuarios, bahías, deltas y dunas entre otros.

En los mares del Ecuador hay un gradiente que va desde las playas hasta los abismos de más de 5.000 metros de profundidad, y que propicia la existencia de diferentes ambientes. En el litoral, cerca de la línea ecuatorial, confluyen dos corrientes marinas (desde el Sur la fría de Humboldt rica en nutrientes y desde el Norte la cálida de Panamá), para luego dirigirse hacia Galápagos. A esta altura de la costa existe el estuario de Guayaquil que tiene una alta productividad y descarga muchos sedimentos al mar, especialmente durante la época de lluvias. En el año 2008, con el fin de desarrollar futuros proyectos hidrocarburíferos, varias instituciones del estado ecuatoriano iniciaron un programa de investigación del fondo oceánico en el Golfo de Guayaquil. Veamos a continuación algunos de los impactos que se provocan con las actividades petroleras en offshore.

### **IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD PETROLERA OFFSHORE EN ECOSISTEMAS TROPICALES**

En los trópicos hay actividades petroleras en el mar en todos los continentes. Sus impactos afectan muchos ecosistemas, con graves consecuencias sociales pues ocasionan pérdidas importantes en las pesquerías de las que dependen muchas poblaciones locales. Los impactos ambientales se originan tanto en las prácticas rutinarias de la operación, como debido a accidentes que ocurren.

Los impactos más inmediatos sin duda se dan sobre la biota sésil. La mortalidad de plantas e invertebrados de este tipo es mayor en sitios donde se acumula el petróleo. Las macro-algas carnosas y algas coralinas crustáceas se regeneran en un año, pero otros organismos sésiles como corales pétreos y erizos de mar se regeneran completamente solo después de 4 años. Algunos organismos son tolerantes a la contaminación, como los gasterópodos.

Otros ecosistemas fuertemente impactados son los arrecifes de coral que son importantes estabilizadores de las líneas de costa, especialmente en áreas tropicales bajas, y son sustento de la pesquería, con un gran valor cultural y económico.

El petróleo produce alteraciones en la composición de las especies y en el hábitat. Los corales ramificados pueden sufrir impactos mucho mayores que otras especies pues incorporan petróleo en sus tejidos, produciéndose una correlación entre la masa corporal y la mortalidad.

En los componentes vegetales del arrecife, hay una reducción temporal en la tasa de fotosíntesis. Esto puede ser crónico en arrecifes expuestos a altos niveles de contaminación.



Hay una reducción en el éxito reproductivo debido a un mal desarrollo del tejido y atrofia de las células reproductoras. Su efecto puede durar algunos años después del contacto con el crudo, reduciendo la tasa de reproducción y por lo tanto la densidad de la población. Se requiere décadas para que un arrecife se recupere de las condiciones que tenía antes del derrame.

Otro ecosistema impactado son los bosques de manglar. Estos son de gran importancia social, económica y ecológica, pues sirven de hábitat para muchas especies de peces y mariscos y son fuente de materia prima para muchas actividades productivas de las comunidades asentadas en su entorno.

Las actividades petroleras en el manglar producen la interrupción del flujo de agua dulce y del mar hacia los manglares y dentro de ellos, lo que altera el patrón del drenaje, la vegetación y el suelo, y produce la inestabilidad general del área.

Por lo general, la perforación se hace por dragado, destruyendo totalmente el área. El dragado implica hacer más profundos y más anchos los canales existentes, o abrir nuevos canales. El tamaño y la profundidad del canal viene determinado por el tamaño de la gabarra de perforación. Entre más ancho y profundo sea el canal, mayor será el daño.

Con el dragado, se produce erosión a gran escala, muerte de la vegetación de los bosques, interrupción de hasta 6 años del derrame en el crecimiento de las plántulas, sofocación e intoxicación de las raíces zancudas o disminución de las raíces absorbentes.

Los árboles maduros que sobreviven, sufren deterioro del dosel más alto, produciendo menor cantidad de biomasa foliar y reducción del número de hojas y yemas.

La recuperación del manglar puede tardar varias décadas, si no ocurren nuevos derrames. No se conoce ninguna manera de limpiar la contaminación del sedimento sin destruir el bosque.

Otros ecosistemas afectados por la actividad petrolera son los lechos de los pastos marinos. Se desarrollan en aguas someras, sobre todo de las costas tropicales. Los lechos de pastos marinos estabilizan el fondo marino, sirven de trampas de sedimentos y mejoran la calidad del agua. Son fuente alimenticia directa a más de 340 animales marinos y son sustrato de varias algas epífitas. Los daños o pérdida de pastos marinos pueden ocasionar efectos ecológicos que se extienden más allá de sus áreas inmediatas.

Las respuestas al petróleo depende de la especie dominante. Para el caso del pasto marino del género *Thalassia*, se produce mortalidad en los bordes del



lecho, aunque no hay una mortalidad generalizada, hay una disminución del mismo. Otras especies son más susceptibles y mueren con el contacto al crudo y tienen mucha dificultad en regenerarse.

Se producen impactos a largo plazo en la fauna asociada a los pastos marinos. Las poblaciones declinan, solo con la excepción de aquellas especies que poseen un alto potencial reproductivo, estadios planctónicos o ambos. Aquellos animales con bajo potencial reproductivo y de dispersión tienen una gran dificultad en recuperarse.

Aunque no se produce mortalidad al nivel submareal, la pérdida de fauna en el lecho de los pastos marinos producen interrupción en la cadena alimenticia. Sin embargo, en los márgenes se produce una pérdida de hábitat de gran magnitud, lo que produce efectos a largo plazo en la fauna asociada.

La fauna de la zona intermareal muere por contacto directo con el petróleo, mientras que organismos en la zona submareal sufren un menor impacto.

Finalmente, el petróleo en ecosistemas costeros tropicales impacta gravemente a las especies que anidan en la arena. Los huevos absorben la humedad del ambiente que les rodea, por lo que pueden absorber los hidrocarburos presentes.

Si hay contaminación petrolera en zonas de anidación de tortugas, el impacto puede ser catastrófico para su reproducción. Embriones de tortugas expuestas a petróleo en estadios más tardíos son muy sensibles a los efectos tóxicos del petróleo. La contaminación petrolera retarda la eclosión de las tortuguitas y produce anomalías en el carapacho, especialmente cuando la exposición ocurre en los estadios tempranos, que es cuando éste se forma.

Se ha visto que los huevos de pato silvestre sufren una alta mortalidad cuando son expuestos a hidrocarburos aromáticos. Dado que la demanda de oxígeno aumenta con el crecimiento embrionario, la obturación de los poros del huevo por la presencia de petróleo produce una alta mortalidad o una disminución en la tasa de crecimiento a medida que el estadio embrionario esté más avanzado.

Un derrame petrolero durante la estación seca genera daños inmediatos en las especies más grandes, produce riesgos ambientales a largo plazo y contaminación crónica por el petróleo presente en los sedimentos. Un derrame en la estación lluviosa causará un daño inmediato más grande en hábitats intertidales bajos. La acción de las olas mezclará el petróleo en la columna de agua.

FUENTE: BRAVO, Elizabeth. "Oil Troubles Waters", Our Planet 9.5, junio 1998.



#### Art. 407.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Se prohíbe la actividad extractiva de recursos no renovables en las áreas protegidas y en zonas declaradas como intangibles, incluida la explotación forestal.*

### EL DERRAME PETROLERO EN EL GOLFO DE MÉXICO Y SUS IMPACTOS

El 20 de abril de 2010 se produjo la explosión y posterior hundimiento de la plataforma Deepwater Horizon de la empresa británica BP, en el Golfo de México. El accidente dejó 11 muertos y sus repercusiones ambientales y económicas parecen, hasta hoy, crecer cada día.

La plataforma estaba haciendo exploraciones submarinas profundas enmarcadas dentro del proyecto Macondo, a 68 kilómetros al sureste de Venice, Louisiana, a 1.525 metros bajo el agua y a más de 3.960 metros del lecho marino.

Se calcula que se derramaron alrededor de 5 millones de barriles que se esparcieron en el océano o se adentraron a las profundidades. Los científicos descubrieron columnas de petróleo de hasta 35 kilómetros de largo ubicadas a 1.066 kilómetros debajo de la superficie del Golfo.

### DATOS SOBRE IMPACTOS EN LA BIODIVERSIDAD MARINA

Hay por lo menos siete especies que están en peligro de extinción debido a este derrame:

*Ostras:* Las aguas costeras alrededor de la punta con forma de bota de Louisiana son el hogar de algunas de las granjas de ostras más productivas de Estados Unidos.

*Aves migratorias:* Alrededor de 96 especies de pájaros neotropicales, como las currucas, oropéndolas, escribanos, atrapamoscas y las golondrinas, hacen un viaje de 800 km sin una parada a través del Golfo de México. El humo de la quema usada para reducir el derrame de petróleo podría afectar a la migración.

*Atún de aleta azul del Atlántico Norte:* Este pez viaja a través del Atlántico y desova en el Golfo de México a mediados de abril y mediados de junio de cada año. Esta especie ya estaba en peligro de extinción, con el derrame su situación se tornaría crítica.



*Tortugas Marinas:* En la región del Golfo es el lugar donde cinco de las siete tortugas marinas del mundo, viven, emigran y se reproducen.

*Tiburones:* Los bancos de hierbas al sur de las Chandeleur, ubicados muy cerca del derrame, es el sitio de desove y el área de cuidado de la cría de varias especies de tiburones.

*Delfines:* El petróleo no solo representa una amenaza inmediata a los delfines, sino que las toxinas liberadas en el aire son una amenaza para todos los mamíferos marinos que necesitan salir a la superficie y respirar.

*El pelícano pardo:* Esta ave ha sido muy afectada en el pasado por las tormentas en el Golfo y salió de la lista de especies en peligro de extinción hace un año pero el derrame es un nuevo factor de peligro para este pelícano americano.

FUENTES: <http://www.environmentalgraffiti.com/news-6-animals-facing-death-due-bp-oil-spill?image=2>

## LOS CUERPOS DE AGUA DULCE

### Art. 12.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable.  
El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público,  
inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.*

Las aguas que existen en la superficie terrestre son muy importantes para los seres vivos, pese a que son una ínfima parte del total de agua del planeta. Se llama agua dulce porque lleva muy pocas sales disueltas, en comparación con el agua de mar. Esta agua proviene directamente de las precipitaciones que caen desde las nubes y de los depósitos que estas forman.

Los hábitats de agua dulce cubren menos del 1% de la superficie del mundo, sin embargo, son el hogar de entre el 25% y 35% de todos los vertebrados descritos, de más de 126.000 especies conocidas de animales, 2.600 plantas macrofitas, de 27.400 especies de peces, y de miles de moluscos, cangrejos, libélulas y plantas de agua dulce. En el Ecuador se han registrado 800 especies de peces de agua dulce y 450 especies de peces de agua salada.

Aunque hay pocos estudios científicos sobre la biodiversidad dulce-acuícola, se conoce que la tasa de extinción de estas especies es entre cuatro y seis veces su-



perior a la de sus familiares terrestres y marinos. Casi el 20% de los peces de agua dulce ya han desaparecido o hay grandes posibilidades de que se extingan. Esta cifra es mucho mayor en algunos países industrializados, como es el caso de Europa Oriental. Otras especies muy sensibles, como anfibios y moluscos, también peligran. Los efectos para la pesca costera podrían ser devastadores.

Las aguas subterráneas que salen hacia la superficie o glaciares que se funden dan origen a *los ríos*. Una "cuenca hidrográfica" es una zona formada por ríos y sus afluentes. Los ríos fluyen hasta desembocar en el mar o en zonas sin salida como los lagos. En ocasiones los ríos sufren variaciones en su caudal, aumenta durante las estaciones lluviosas y de deshielo, o disminuye en las secas. Las crecidas pueden ser graduales o muy bruscas, dando lugar a inundaciones catastróficas. Los ríos que atraviesan los lagos actúan como un regulador de las crecidas, impidiendo las inundaciones. Los ríos están bajo presión constante: contaminación, represamiento, cambio de morfología, dragado, disminución del caudal, etc. Se estima que en 2025 ningún río de China llegará al mar, excepto durante las inundaciones.

Los *lagos* son cuerpos de agua dulce que suelen estar alejados del mar y están asociados generalmente a un origen glaciar. El aporte de agua a los lagos viene de los ríos y el afloramiento de aguas freáticas.

Las cuencas de los lagos pueden formarse por procesos geológicos como son la deformación o la fractura de rocas estratificadas; por la formación de una represa natural en un río debido a la vegetación, un deslizamiento de tierras, acumulación de hielo o la deposición de aluviones o lava volcánica. Los lagos extensos moderan el clima a nivel microregional. Son enormes reservas de agua utilizables para irrigación, y también vías de comunicación de fácil uso.

El 49% de las aguas continentales son *aguas subterráneas*, y son una fracción importante de la masa de agua presente en los continentes. Su volumen es mucho mayor que la masa de agua retenida en lagos o ríos, aunque es menor que el agua existente en los glaciares.

Los *acuíferos* son áreas bajo la superficie de la tierra donde se percola y almacena el agua de la superficie, procedente de la lluvia por ejemplo. A veces el agua se mueve lentamente al océano. Los acuíferos son parte esencial del ciclo hidrológico en los que el agua se mueve constantemente, sobre y bajo la superficie del planeta. Como tal, desempeñan una función importante en el mantenimiento y suministro de agua de corrientes, ríos, lagos, humedales y comunidades acuáticas. En el mundo se han identificado 273 acuíferos que cruzan fronteras entre países en todo el globo, algunos de los cuales no son "recargables" por la lluvia y por lo tanto finitos.



En el Ecuador, el agua superficial está distribuida en 31 sistemas hidrográficos, que conforman 79 cuencas hidrográficas. Hay una gran heterogeneidad en la distribución espacial de los caudales en las diferentes regiones geográficas del Ecuador, dada por las diversas condiciones físico-climáticas imperantes en el territorio nacional.

Los *ecosistemas lóticos* están conformados por el ambiente abiótico (y sus organismos vivos) de las corrientes de agua -incluyendo arroyos y manantiales de su cabecera-, de la zona central de los valles, de estanques y sus rápidos, de la zona de la llanura aluvial y de los estuarios en los que vierten sus aguas al mar. La flora y fauna que vive en estos hábitats sobreviven en este medio a través de adoptar formas hidrodinámicas, tener cuerpos aplanados, desarrollo de garfios y ventosas para fijarse en las rocas, etc.

Los *ecosistemas lénticos*, a su vez, son cuerpos de agua cerrados donde el agua no fluye, como sucede con los estanques quietos y lagos. Están formados por zona de aguas poco profundas, limnéticas profundas donde la luz es insuficiente para la fotosíntesis.

Los *humedales*, son ecosistemas que incluyen manglares, sistemas lacustres (asociados a lagos y lagunas), sistemas ribereños (a lo largo de los ríos y arroyos permanentes), pantanos, ciénagas, lodazales y marismas<sup>74</sup>. Los humedales de agua dulce retienen sedimentos de los ríos y son sitio de reproducción y anidación de una cantidad de aves acuáticas, y se destaca la presencia de plantas flotantes o sumergidas e invertebrados acuáticos. Son importantes para la subsistencia de las comunidades que viven en sus contornos.

En el Ecuador hay 11 humedales registrados de importancia internacional, entre ellos están: La Ciénaga de la Segua y Abras de Mantequilla, la zona marina del Parque Nacional Machalilla, Manglares Churute, la laguna Limoncocha y la laguna de Cube (Mache Chindul).

## LOS MANGLARES DEL ECUADOR Y LA INDUSTRIA CAMARONERA

Se entiende por manglar a un conjunto de hábitats costeros con características acuáticas y terrestres, conformado por bosques hidrófilos leñosos y cientos de especies de fauna, además de micronutrientes y componentes abióticos, suelo y agua circundantes. Incluye bosques de mangle, esteros, canales, lagunas, entrantes, islas, islotes, áreas salinas, terrenos arcillosos y suelos fangosos o anegados. Constituye un humedal de transición entre el ecosistema marino y el de tierra firme.

74 Programa de Educación Ambiental Marino Costera y Fluvial. Nuestros humedales y sus secretos. Guía para el maestro. 2008.



Los manglares, especies vegetales dominantes en el ecosistema, en zonas intermareales, conforman masas forestales muy densas, con alturas diversas que llegan en algunas especies hasta 30 metros de altura. Pueden adaptarse a diferentes grados de salinidad, ya que están en contacto con agua marina, en combinación con agua de la desembocadura de los ríos, por lo que se les conoce como plantas halófitas. Los manglares se ubican ordenadamente de acuerdo con su resistencia a la sal.

En marea alta se observan las copas de mangle sobre el agua y, en marea baja, sus raíces aéreas que captan el oxígeno y lo transmiten hacia las raíces enterradas; luego los nutrientes del agua de mar circulan por la planta, expulsando por sus hojas la sal.

Estos asombrosos mecanismos permiten a los manglares sobrevivir en un suelo sin oxígeno y con altas concentraciones salinas y aprovechar los sedimentos de los ríos.

En Ecuador, también integran el ecosistema, tanto la zona de transición (espacio que rodea o separa un área protegida para atenuar, disminuir o hacer menos violento el impacto de otras actividades de desarrollo sobre ella) que llega hasta la más alta marea, como la zona de amortiguamiento, límite donde termina el manglar e inicia el bosque húmedo tropical.

### VALOR BIOLÓGICO DEL MANGLAR

El ecosistema manglar protege a una gran cantidad de organismos en sus troncos, entre sus raíces o en el fango, tales como bacterias y hongos, que intervienen en la descomposición de materiales orgánicos. Algunos grupos de bacterias transforman materiales tóxicos en azufre o sulfuro. Asociados a los manglares viven una gran variedad de vegetales, cientos de hongos, y decenas de especies de plantas acuáticas, que son la base productiva del ecosistema.

Cuando sus hojas caen, alimentan a una enorme diversidad de organismos y también a los ecosistemas vecinos, puesto que exportan parte de esa energía. Es así que favorecen la reproducción de innumerables especies marinas, que desovan en los estuarios y en algunos casos pasan algún periodo de su desarrollo en el ecosistema en busca de alimento y protección.

El ecosistema manglar alberga y produce gran cantidad de fauna, por su riqueza en materiales orgánicos, que alimentan a moluscos y crustáceos. Al ser un integrado de diversos ambientes, en cada uno, hay una gran cantidad de fauna asociada. Desde microorganismos hasta mamíferos, pasando por peces, moluscos, crustáceos, aves, anfibios, quelonios, reptiles e insectos forman parte de una compleja cadena que culmina en el ser humano, ya que muchas comunidades se



sustentan de estas especies. Todas las especies que interactúan en el ecosistema manglar tienen sus propias funciones, vitales para la dinámica y funcionamiento del mismo. Un 80% de las especies marinas dependen del ecosistema para subsistir, por lo que la destrucción del manglar incide en la disminución de la pesca.

Los suelos de los manglares son orgánicos o inorgánicos. Los suelos inorgánicos, compuestos por limo y arcilla, reciben temporalmente depósitos de nutrientes de las mareas. Los suelos orgánicos se forman de la acumulación de restos orgánicos. Nutrientes y energía son aprovechados al interior del estuario, lo que determina su productividad.

En el Ecuador, sin tener aún estudios completos, se han registrado en una sola zona de 400 hectáreas de manglar, 45 especies de aves, 15 de reptiles, 79 de moluscos y 100 especies de peces ligadas al ecosistema.

### LA INDUSTRIA CAMARONERA

La industria camaronera en el Ecuador ha destruido vastas zonas de manglar, desplazando a las poblaciones humanas que se asentaban en su entorno. Muchos de los pescadores artesanales, que han visto disminuir dramáticamente las pesquerías locales, han tenido que trabajar para la industria camaronera o se han visto forzados a salir de su territorio tradicional. Las mujeres son las más afectadas pues permanecen junto al manglar, dependiendo de lo poco que les puede dar debido al gran impacto producido por la actividad camaronera.

La actividad camaronera está produciendo impacto en las propias poblaciones naturales de camarón. Para la producción de pos-larvas, se tienen que recolectar en el mar las hembras ovadas, que son las que aseguran que las poblaciones se mantengan. Al disminuir el número de hembras ovadas de su hábitat natural, el camarón también disminuirá. Esta práctica puede llegar a límites en que se rompa el equilibrio biológico y la entera especie entre en peligro.

Además, como las técnicas de captura de larvas no son apropiadas, están produciendo impacto en las poblaciones de especies de crustáceos, moluscos y peces marinos, puesto que durante la recolección de la larva, se elimina todas las larvas que no sean de camarón, condenando a erosión genética a todas las demás especies, base alimenticia de la gente local.

En el año 1999, la Cámara Nacional de Acuicultura del Ecuador reconoció la existencia de 207.000 hectáreas de piscinas dedicadas a la cría y cultivo de camarón tropical. De esta extensión, apenas 58.000 ha, es decir, el 28%, tiene algún tipo de legalización. A pesar de estar prohibido desde el año 1978 por el Decreto Supremo 2939, el 90% de infraestructura camaronera está construida dentro del ecosistema manglar.



Si bien actividades como el turismo, la construcción y la curtiembre afectaron al ecosistema manglar en las décadas de los 40 y 60, el ecosistema manglar enfrenta una depredación sin precedentes a partir del establecimiento en Ecuador de la industria del camarón que tuvo su mayor productividad entre los años 70 y 90.

FUENTES: C-CONDEM, <http://www.ccondem.org.ec> y  
RED MANGLAR INTERNACIONAL, [www.redmanglar.org](http://www.redmanglar.org)

La acuicultura de camarón atenta contra la estructura y funciones de los manglares, destruye sus ciclos biológicos y sus procesos evolutivos.

## USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA A GRAN ESCALA

### Art. 13.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades tradiciones culturales.*

A nivel mundial, la agricultura es la actividad que más usa agua. Representa entre el 70% del consumo mundial de agua.

En el Ecuador, la irrigación representa el 82,1% del agua consumida; 560.000 ha están bajo riego, lo que representa el 30% de la superficie cultivada del país.

El 93,3% de las tierras irrigadas están en las cuencas de la vertiente del Pacífico, mientras que el 6,7% restante corresponde a la vertiente amazónica. La cuenca irrigada más importante en extensión es la del río Guayas, que representa el 40.4% de la superficie regable del país. Le sigue en importancia la cuenca del río Esmeraldas con el 12,6%.

No toda producción agrícola es altamente concentradora de agua, lo es principalmente la agroindustria. Un ejemplo es la producción de brócoli en la provincia de Cotopaxi que en 200 hectáreas usa 60 litros de agua por segundo; lo que significa más de 5 millones de litros de agua por día. Lo mismo pasa con la producción de flores, alcachofas, etc., o sea todas *commodities* para la exportación. Por otro lado, las comunidades padecen de sed mientras la agroindustria del brócoli concentra este recurso vital.



La agricultura intensiva además contamina el agua por la gran cantidad de insumos químicos que utiliza (plaguicidas y fertilizantes). Las granjas agroindustriales producen gigantescas cantidades de residuos orgánicos e inorgánicos, que contaminan el agua donde los vierten. El agua de lluvia o de riego vuelve a los cauces de los ríos y a los acuíferos con restos de estos productos.

El uso del agua en las actividades agropecuarias intensivas se reflejan por ejemplo en datos de National Geographic<sup>75</sup>, que señalan que para producir una libra de carne de res se necesita 6.810 litros de agua en promedio (incluye la que se necesita para cultivar el pasto y los granos con que se alimentan, el agua que beben o para limpiar sus desechos) y para una libra de carne de cerdo 2.182 litros.

La agricultura a gran escala contamina el agua, priva a las comunidades biológicas y por lo tanto afecta a sus ciclos biológicos.

## EL FENÓMENO DE LA EUTROFIZACIÓN

La eutrofización es un fenómeno que describe los efectos biogeofísicos y biológicos en un ecosistema acuático, derivados de un incremento en el suministro y disponibilidad de nutrientes. Estos nutrientes son principalmente nitrógeno y fósforo, aunque también en ocasiones otros minerales como sílice, potasio, calcio, hierro o manganeso.

Eutrofo se llama un ecosistema caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes. Se dice que dicho ambiente se encuentra forzado, bajo tensión o sometido a estrés. En dicha situación, el ecosistema acuático, donde su estado de equilibrio es alterado, reacciona, modificando su funcionamiento, acelerando procesos indeseables.

La eutrofización durante mucho tiempo fue considerada solo como un proceso natural, resultado de la descarga normal de nutrientes, sedimentos y otros materiales alóctonos en los sistemas acuáticos durante millones de años. Así, un lago que recibía los aportes con el tiempo se transformaría en una ciénaga, la cual, al consolidarse, se convertiría en un sistema terrestre. Este proceso, en condiciones naturales, tiene lugar a lo largo de cientos de miles de años y es irreversible. Sin embargo, actualmente se habla de una "eutrofización cultural" que está asociada a la intervención del ser humano.

75 The National Geographic. (2010). Mapa de los ríos del mundo. Número especial de abril.



## CAUSAS DE LA EUTROFIZACIÓN CULTURAL

- La descarga de aguas servidas, las cuales son ricas en nutrientes, contribuyendo al cambio trófico del cuerpo de agua receptor.
- El uso excesivo de fertilizantes, que genera una contaminación del agua fundamentalmente mediante el aporte de nitrógeno (en forma de sales de nitrato y amonio) y fósforo (como fosfato).
- La deforestación y la erosión en suelos agrícolas influyen en la carga de nutrientes, ya que los escurrimientos, al pasar por una tierra que no tiene protección, “lavan” la capa fértil, llevándose consigo los nutrientes de la misma.
- La presencia de gases tales como óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}^n$ ) y óxidos de azufre ( $\text{SO}^n$ ), al entrar en contacto con el agua atmosférica forman el anión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el anión sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), que forman sales solubles al alcanzar el suelo con los cationes del mismo, generando un empobrecimiento de dichos iones. Dichas sales son volcadas fácilmente en los cuerpos de agua, dando lugar a un proceso de eutrofización.

## EFFECTOS DEL PROCESO DE EUTROFIZACIÓN

Entre los efectos podemos encontrar los siguientes:

*Aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad.* En los ecosistemas acuáticos eutrofizados se comienza a dar una alteración de la biota y de la diversidad biológica, provocando una proliferación de algas unicelulares, algas azul-verdes (cianobacterias) y de micrófitos en exceso. El desarrollo de algas provoca un enturbiamiento que impide que la luz penetre hasta las profundidades del ecosistema. Las consecuencias directas son la imposibilidad de llevar a cabo la fotosíntesis en el fondo de dicho cuerpo de agua y, por lo tanto, la no producción de oxígeno libre; al mismo tiempo aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno de los organismos descomponedores, que empiezan a recibir excedentes de materia orgánica generados en la superficie.

El fondo del ecosistema acuático se va convirtiendo, de forma gradual, en un ambiente anaerobio, debido al aumento en la concentración de gases como anhídrido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{S}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), haciendo inviable la forma de vida de la mayoría de las especies que forman parte de dicho ecosistema. Se da mortandad masiva de peces y de biota en general, por bioacumulación de sustancias tóxicas, aumentando la sedimentación en los cuerpos de agua, reduciendo la vida útil, proliferando la aparición de organismos patógenos y vectores de enfermedad.

FUENTE: RAPAL (2010). Contaminación y eutrofización del agua. Uruguay.



Las actividades que provocan eutrofización (como la urbanización, la agroindustria y la industria, afecta a las poblaciones biológicas y sus ciclos naturales.

## LA HIDROELECTRICIDAD Y EL ACCESO AL AGUA

### CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable.*

*Art. 15.- La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.*

Otra problemática relacionada con el agua es el represamiento de ríos para la generación eléctrica, el abastecimiento de agua e irrigación. Esto causa serios impactos en el paisaje, el relieve, la biodiversidad y atenta los derechos de las poblaciones que viven en las zonas de influencia de estas represas.

En Sudamérica hay 979 represas de las cuales dos terceras partes están en Brasil<sup>76</sup> En el mundo hay aproximadamente 850.000 represas, de todos los tamaños y propósitos, de las cuales unas 300 son grandes<sup>77</sup>

### PATAGONIA CHILENA ¡SIN REPRESAS! Consejo de Defensa de la Patagonia Chilena

#### LAS MEGA-REPRESAS

“Las grandes represas destruyen los ríos; eliminan las aves, los peces, las plantas acuáticas y muchas otras especies asociadas. Las grandes represas arruinan hermosos valles, inundan enormes superficies de humedales, bosques y tierras agrícolas; han desplazado a decenas de millones de personas; incluso han matado a cientos de miles al colapsar, al liberar aguas sin previo aviso, o diseminando enfermedades tales como la malaria y la leishmaniasis.

76 Elba Stancich. (2003). Cuando los ríos se modifican, pierden los pueblos y la biodiversidad. Revista Biodiversidad, Sustentos y Culturas.

77 De acuerdo a Elba Stancich “Las grandes represas, según los criterios de la Comisión Internacional de Grandes Represas, son las que cumplen alguno de estos requisitos: una altura superior a 15m; las represas de 10 a 15m de altura cuya longitud de coronación sea superior a 500m o que embalsen más de 1 hectómetro cúbico de agua, o aquellas con capacidad de aliviadero superior a 2000 m<sup>3</sup>/segundo”.



La mayoría de las represas hidroeléctricas no son renovables porque atrapan los sedimentos, los que gradualmente colmatan los embalses. Aguas abajo, por lo tanto, estas estructuras despojan de sedimentos las orillas de los ríos, los ecosistemas ribereños, e incluso los deltas, aumentando la erosión, las inundaciones y disminuyendo a la vez la productividad de los bordes costeros.

Tal como concluyó la Comisión Mundial sobre Represas financiada por el Banco Mundial después de dos años de intensos estudios: para garantizar los beneficios de las represas “en demasiados casos un precio inaceptable y a menudo innecesario ha sido pagado —particularmente en términos sociales y ambientales— por las personas desplazadas, por las comunidades aguas abajo, por los contribuyentes y por el medio ambiente.

La masiva intervención de los ríos del mundo es una de las razones fundamentales que explican por qué las aguas dulces están en mucho peor estado que cualquier otro tipo importante de ecosistema, incluyendo las selvas tropicales lluviosas.

En todo el planeta, alrededor de un tercio de las especies de peces de agua dulce están clasificadas como “extintas, en riesgo o vulnerables”. No hay información disponible sobre el impacto global de las represas sobre los moluscos, los anfibios, las plantas, las aves acuáticas y otras especies que dependen de los ríos, aun cuando el daño es seguramente significativo. La vegetación y los suelos en descomposición en los embalses producen grandes cantidades de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y el metano.

La destrucción que provocan las represas, así como los abusos a los derechos humanos y la corrupción a menudo asociados a su construcción, han motivado en todo el mundo un creciente movimiento ciudadano con el objetivo de poner la industria de las represas bajo control democrático. Hoy, en casi todos los lugares donde se está proyectando o construyendo una gran represa sin una consulta adecuada a la población local y sin una evaluación transparente de los posibles costos y beneficios, existe una fuerte oposición organizada. En muchos lugares, incluyendo los Estados Unidos, Pakistán, Brasil y Guatemala, las comunidades están presionando para obtener reparaciones por los daños y perjuicios causados por represas que fueron construidas, en algunos casos, hace muchas décadas ...”

#### “... IMPACTOS AMBIENTALES

El informe de la comisión mundial de represas (ONU, 2000) indica entre numerosos impactos ambientales ([www.dams.org](http://www.dams.org)):

- Pérdida de la biodiversidad acuática, de las pesquerías río arriba y abajo, y de los servicios brindados por las planicies de inundación río abajo, por los humedales, y por los ecosistemas de las riberas, y estuarios adyacentes.



- Pérdida de bosques y de hábitat naturales, de poblaciones de especies, y la degradación de las cuencas río arriba debido a la inundación de la zona de los embalses.
- Impactos acumulativos en la calidad del agua, en las inundaciones naturales y en la composición de las especies, cuando en el mismo río se construyen varias represas.

Las centrales hidroeléctricas en el Baker y el Pascua tendrían numerosos efectos sobre los ecosistemas y animales asociados a estos ríos. El primero y el más obvio es la pérdida de hábitat que se produce por el área de inundación directa de bosques, de matorrales y áreas rocosas, además de la muerte y el ahogo de especies que no son capaces de escapar o de ser rescatadas a tiempo del agua.

Esto afecta desde los grandes mamíferos como el huemul, ciervo símbolo de Chile y que se encuentra en grave peligro de extinción que se verá severamente afectado, hasta pequeñas y desconocidas especies de insectos y anfibios.

También sufren los efectos negativos quienes utilizan el río como rutas de desplazamiento dentro de su ciclo de vida como algunos peces nativos, mamíferos acuáticos como el escaso huillín o nutria de río, y aves tan singulares en su modo de vida como el pato correntino.

Entre algunas de las especies de la fauna nativa más susceptibles, es posible destacar también al cóndor, la vizcacha austral, el carpintero negro, el peludo, el quique, y numerosas aves de ribera asociadas a los humedales que perderán sus sitios regulares de alimentación, anidación y refugio.

La presencia de líneas de alta tensión además representan un grave peligro de colisión y muerte de aves rapaces, patos, gansos, bandurrias y cisnes, constituyendo así una barrera adicional que impone el hombre para la sobrevivencia de estas y otras especies. Además hay que considerar que una línea de esta longitud equivale a una franja de terreno desnudo de 2.400 ha, en lo que representa una importante interrupción de los ecosistemas así como una pérdida importante de hábitat y bosque nativo en áreas supuestamente protegidas”.

FUENTE: [http://www.patagoniasinrepresas.cl/final/contenido.php?seccion=problema\\_impactorepresas](http://www.patagoniasinrepresas.cl/final/contenido.php?seccion=problema_impactorepresas)

Las represas hidroeléctricas alteran la estructura y funciones de los ecosistemas, destruya la biodiversidad dulce acuícola y niega el acceso al agua a las poblaciones humanas



## CAPÍTULO 9

### LA GEOSFERA: LAS ENTRAÑAS DE LA NATURALEZA

*Yo escuché una voz que venía  
desde el fondo estrecho del pique,  
como de un útero infernal*

*Pablo Neruda, Hombres de Nitrato*

#### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*La naturaleza o Pacha Mama ... tiene derecho a  
que se respete integralmente su ...estructura*

Para la cosmovisión andina, el mundo se articula en tres mundos: el *Hanan Pacha* o mundo de arriba, el *Kay Pacha* o mundo inmediato, y el *Urin Pacha* o el mundo de las profundidades. Entre algunas comunidades quechuas<sup>78</sup>, dedicadas a la minería, han surgido prácticas sincréticas con el cristianismo, como por ejemplo las “diabladas”, que son danzas y ritos para pedir protección al soberano del Urín, frente a los peligros que enfrentan cada día, cada vez que penetran en las profundidades, de donde no tienen certeza que saldrán con vida.

La minería genera cambios fundamentales en los pueblos pero también en la estructura de la geósfera.

Después de la gran explosión (conocida con el término en inglés *Big Bang*), ocurrida hace unos 13.700 millones de años, se formaron grandes masas individuales, compuestas básicamente de gas y partículas, en un espacio que estaba en expansión. Estas inmensas masas fueron las precursoras de las galaxias, las cuales están constituidas por conjuntos estelares. Uno de esos conjuntos estelares es nuestro *sistema solar*.

El sistema solar se generó dentro de la Vía Láctea a partir de una masa caliente de gas, rocas y polvo en rotación. Por efecto de la rotación, estas jóvenes estrellas, que todavía estaban rodeadas por grandes cantidades de materia nebular (gases, partículas, etc.), adoptaron morfologías discoidales que empezaron a enfriarse y condensarse en pequeñas partículas de polvo cósmico. Una de estas nebulosas originó el Sol.

78 En Bolivia y Perú se denominan pueblos quechuas, en Ecuador se llaman pueblos kichwas.



El Sol originario se rodeaba de una masa de gases cósmicos. Cuando esta nube de gas y polvo se condensó se formaron cuerpos sólidos: los planetas; los cuales, al igual que los asteroides y meteoritos, giran en órbitas elípticas alrededor del Sol. La Tierra y otros cuerpos del Sistema Solar se formaron hace unos 4.600 millones de años.

## NUESTRA TIERRA PRIMITIVA

Cuando se formó el planeta Tierra, se produjo una concentración de partículas que formaron una enorme masa que giraba en torno al Sol. El impacto de las partículas capturadas hizo aumentar la temperatura del planeta recién formado. Los átomos inestables se desintegraban, liberando gran cantidad de energía radiactiva. Toda esta liberación de energía permitió la fusión de la materia al interior del globo. A medida que el planeta se comprimía, se iba formando un calor interno, ocasionado por el peso creciente de la materia acumulada y a los materiales radioactivos.

En el joven planeta se producía mucho más calor del que se podía escapar de la masa comprimida, resultando en la fusión de algunos de sus constituyentes. La materia más pesada fue arrastrada por la gravedad hacia el centro y, poco a poco, al irse enfriando la Tierra, se originaron capas concéntricas de materiales, densos al interior y materiales ligeros al exterior.

En la Tierra, la temperatura aumenta a medida que nos adentramos a su interior. Por cada 33 metros hacia abajo, la temperatura aumenta 1 °C. Esto ha sido comprobado en minas ubicadas a 2.500 metros de profundidad, en donde hay temperaturas sumamente altas.

TABLA 7 : Temperaturas de la Tierra		
CAPA	Profundidad (km)	Temperatura (°C)
Corteza	11 - 20	700
Manto superior	1 500	2 500
Núcleo superior	4 000	4 500
Núcleo interior	2 900 - 6 300	6 000

El proceso de liberación de calor, que comenzó hace 4.600 millones de años, continúa en la actualidad y se prolongará hasta que toda la energía de la Tierra se disipe en el universo.

La Tierra tiene una energía interna que se manifiesta a través de la tectónica de placas, responsable de la formación de montañas, volcanes, del movimiento de



las masas continentales, de la formación de los océanos y la configuración actual de los continentes.

## LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

La energía presente debajo de la corteza terrestre en forma de calor es utilizada como fuente energética, a través de las plantas de aprovechamiento de la energía geotérmica.

Estas plantas, si bien pueden reducir el uso de combustibles fósiles y son fuentes renovables, pueden estar sometidas a potenciales sucesos catastróficos, especialmente si se encuentran en zonas de alta actividad tectónica, pues en su operación se puede aumentar la frecuencia de pequeños terremotos en la zona. Si los terremotos son más intensos, se pueden producir filtraciones de fluidos hacia partes del sistema.

En ocasiones pueden ocurrir erupciones hidrotermales, cuando la presión de vapor en los acuíferos se intensifica y eyecta hacia arriba la tierra que lo cubre, creando un cráter.

Muchos de los proyectos de aprovechamiento de la energía geotérmica se ubican en terrenos accidentados y están expuestos a deslizamientos del suelo. Esto puede ocasionar graves accidentes si las rocas que caen dañan los pozos o las tuberías, lo que podría resultar en el escape de vapores y líquidos a alta temperatura.

En la operación pueden disminuir los niveles de agua subterránea, con las consiguientes pérdidas de presión, hundimientos del terreno y compactación de formaciones rocosas, o producirse contaminación de las aguas superficiales por el vertido o acumulación de fluidos geotérmicos que contienen sodio (Na), potasio (K), calcio (Ca), hierro (Fe), magnesio (Mg), antimonio (Sb), estroncio (Sr), boro (B), litio (Li), arsénico (As), mercurio (Hg), rubidio (Rb), silicatos, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, bicarbonato, contaminantes que aparecen en distinto grado en los ecosistemas acuáticos.

Se pueden contaminar las aguas subterráneas por otras causas como pueden ser: la utilización de determinados líquidos de perforación, infiltraciones de líquidos contaminados por orificios de las paredes del pozo en la etapa de reinyección, líquidos que se escurren hacia las primeras capas de agua subterránea, fallos en la impermeabilidad de las piscinas de evaporación y sus consecuentes infiltraciones.



Durante la fase de operación se suelen generar vertidos gaseosos a la atmósfera, incluyendo dióxido de carbono y sulfuros de hidrógeno, con trazas de amoníaco, hidrógeno, nitrógeno, metano, radón y algunas especies volátiles como boro, arsénico y mercurio, a lo que se suma el intenso ruido generado.

FUENTE: Pearson Education. Curso Centrales de Energía Geotérmica. <http://www.emagister.com/curso-centrales-energia-geotermica-2-2/impacto-ambiental-energia-geotermica-160-1-2>

## EL ORIGEN DE LOS CONTINENTES

La corteza primitiva, que fue probablemente basáltica, se agrietó y se refundió con los fluidos más ligeros. Estos fluidos se acumularon y contribuyeron con su material granítico para construir las masas continentales.

El constante movimiento de las placas tectónicas hizo, y sigue haciéndolo, que las grandes masas continentales colisionen o se separen y vayan originando la configuración de los continentes como los vemos ahora. Como resultado, se abren grietas, se levantan macizos y cordilleras, y se extienden llanuras.

Por ejemplo, en el continente americano, la costa bañada por el océano Pacífico se encuentra bordeada por una serie de cadenas montañosas con actividad volcánica y de levantamiento reciente, principalmente ocurrido durante el Terciario o Cenozoico.

Así tenemos, en Canadá y Estados Unidos a las montañas Rocosas con el Mackinley de 6.195 metros como máxima elevación; al norte del istmo de Tehuantepec, la Sierra Madre Occidental, con una longitud de 1.200 km y alturas que sobrepasan los 2.000 metros; más al sur se une con la Sierra Madre Oriental, formando una sola cadena montañosa que encierra una meseta central conocida como Altiplanicie Mexicana y se adentra por América Central con el nombre de Andes Centrales; en Centroamérica hay gran presencia de vulcanismo, exceptuando el tramo de Honduras; en América del Sur está la cordillera de los Andes cuyo punto geográfico más alto es el monte Aconcagua con 6.959 msnm.

## LOS ESCUDOS DEL PRECÁMBRICOS

Las zonas más antiguas del continente, y del mundo, se encuentran en los escudos que se originaron en el Precámbrico, cuando surgieron las grandes áreas continentales. Poseen rocas que han pasado por procesos de metamorfosis a lo largo de millones de años. En América del Norte se encuentra el escudo



canadiense mientras que en América del Sur están el escudo guayanés, al noreste brasileño, y el escudo de la Patagonia, al sur del continente.

Estos escudos albergan gran cantidad de minerales que han estado ahí desde hace 600 millones de años, y que ahora son removidos debido a la gran minería. Este es por ejemplo el caso del escudo Guayanés, de donde se extrae anualmente millones de toneladas de bauxita, cientos de miles quilates de diamantes, decenas de miles toneladas de caolín y cuarzo (para fabricar silicón) y más de cinco mil m<sup>3</sup> de granito.

Sobre la región, Ibáñez (2008) escribe

*“A lo largo de los tiempos geológicos, los procesos de erosión han esculpido un modelo geomorfológico de singular belleza y brutal originalidad. Más aun, tales relieves han fomentado los procesos de especiación, siendo reconocidos como unos de los puntos calientes de biodiversidad más apasionantes del mundo. La singular geomorfología de la región viene marcada por la presencia de los impresionantes, y a menudo inaccesibles Tepuyes, así como sus vertientes, frecuentemente tapizadas por bosques de niebla que se destacan hasta casi dos metros sobre las tierras bajas, ocupadas por bosques tropicales húmedos, sabanas y enclaves de vegetación xerofítica (vestigios de periodos más áridos del cuaternario). Se encuentran también aquí las cascadas o cataratas con mayores desniveles del mundo.”*

Un estudio de la flora del escudo guayanés en Colombia, se encontró que la flora del lugar es altamente endémica (es decir que no está presente en ningún otro lugar del planeta). En ese estudio se encontró 4 familias y 117 géneros endémicos (Cárdenas, 2007).

## LA MINERA O LA PENETRACIÓN EN LAS ENTRAÑAS DEL PLANETA

Las actividades mineras causan intensas modificaciones en el relieve del suelo y en la naturaleza, llegando en algunos casos a su total destrucción, pues para acceder al mineral que se quiere explotar, se debe eliminar la vegetación, abrir cráteres o re-encauzar ríos, además de todas las sustancias tóxicas que se vierten durante todo el proceso de extracción y procesamiento del mineral<sup>79</sup>

En la *minería a cielo abierto* se cambia completamente el paisaje. Para abrir la mina, se excava, pudiendo el agujero llegar hasta 500 metros de profundidad, y varios kilómetros de diámetro, dependiendo del yacimiento. Se suele extraer grandes volúmenes de materiales, empleando palas gigantes que levantan entre 100 y 200 toneladas de tierra. Durante la extracción se usan explosivos que generan una tronadura para poder quebrar la roca. Montañas enteras pueden ser

79

Más información: <http://consciencia-global.blogspot.com/2010/06/mineria-cielo-abierto.html>



convertidas en rocas y luego trituradas. Esto contamina los suelos y fuentes de agua pues incrementan las concentraciones de nitrato y amoníaco en el ambiente. En un yacimiento con una ley del 1%, se debe remover 99 toneladas de roca para extraer una tonelada de mineral<sup>80</sup> La materia extraída se acumula en terrenos adyacentes, que pueden contaminar ecosistemas cercanos o si es inestable por su falta de cohesión, facilitar su erosión.

La *minería por dragado* se hace en ríos. El proceso de dragado puede interrumpir el curso normal de los ríos, y dejar sin irrigación y drenaje a extensas zonas dedicadas a veces a la agricultura, cambiando substancialmente el relieve del suelo y los caudales de los ríos. Se producen cambios en el balance entre infiltración y escorrentía del agua, debido a la modificación del suelo y vegetación. Esto acelera la erosión del suelo.

En la *minería por lixiviación* se aplican varios productos químicos, como el cianuro o el mercurio, para filtrar y separar el metal del resto de los minerales, los mismos que son tóxicos para muchos organismos vivos. Las tierras donde se hace minería son rojizas, debido a la intensa oxidación que se produce. Hay cambios en el pH, presencia de metales pesados y otros contaminantes.

En la *explotación minera por túneles*, se rompe y comprime la roca, creando canales para que el oxígeno, aire y microbios, reaccionen con los minerales. Estas rocas pueden generar ácido y movilizar otros compuestos, aun cuando hayan pasado muchos años después del cierre de una mina. La roca residual a menudo contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no-metales, y componentes radioactivos.

Los desechos de la roca molida se apilan en el suelo y pueden filtrarse, contaminando las aguas superficiales y subterráneas. El mineral se procesa con tratamientos químicos para remover los metales pesados. Estos metales a menudo son filtrados directamente del mineral usando ácidos fuertes. Los minerales pasan por un proceso de molienda donde se usa diversos químicos y procesos de separación física. Ahí se producen un tipo de desechos llamados relaves, que contienen numerosos residuos metálicos y no- metálicos del mineral y altas concentraciones de químicos, que contaminan el agua.

En la minería se utiliza además diariamente decenas de millones de litros de agua, haciendo uso masivo de los recursos hídricos locales agotando los ríos y afectando los niveles de las aguas freáticas. Por ejemplo, en la mina a cielo abierto de Andalgalá, Catamarca en Argentina, las napas subterráneas bajaron hasta 7 metros dejando sin agua a agricultores y pobladores.

---

80 La ley, en minería es la concentración que presenta el elemento químico de interés en el yacimiento. Se expresa en porcentaje, o como gramos por tonelada (g/T).



Dado que la minería también requiere de grandes cantidades de electricidad, con mucha frecuencia se construyen represas hidroeléctricas por este fin, lo que significa más acaparamiento de agua y más daños a la naturaleza.

### LA CORDILLERA DEL CÓNDOR

Un estudio hecho en la Cordillera de El Cóndor (ubicada en la frontera Ecuador – Perú) que está amenazada por la minería, encontró que

“... no hay otra zona en los Andes que reúna tal diversidad de sustrato geológico y condiciones de alta humedad durante todo el año, al mismo tiempo [...] Presenta un mosaico de paisajes que van desde la llanura amazónica, el pie de monte andino y montañas de arenisca. Por lo que sus bosques contienen una combinación de especies de bosques bajos amazónicos y de bosques montanos.

Está dominada por mesetas de arenisca, por lo que presenta hábitats similares a los de las montañas de arenisca de los escudos geológicos precámbricos de la Guayana y Brasil. Pero lo que la diferencia es que la Cordillera del Cóndor tiene capas subyacentes de muchas otras clases de roca, que cuando están expuestas por profundos barrancos en los flancos de la cordillera crean una alta variedad de hábitats que no se encuentran en cualquier montaña de arenisca. Además de la diferencia en composición distintas elevaciones y sustratos, cada cumbre tiene una composición comunitaria única (Equipo Técnico Plan Maestro PNIM-CC., 2005).

Este valioso ecosistema se vería afectado permanentemente si se realizan actividades de extracción minera.

La minería destruye la estructura de la geósfera para acceder a minerales de valor para la industria. A través de estos procesos, se estaría destruyendo sectores geológicos que se remontan a los orígenes del Planeta, a los primeros pilares de la naturaleza.

### IMPACTOS DE LAS ACTIVIDADES PETROLERAS

El petróleo ha sido el corazón del desarrollo industrial y militar del Siglo XX, convirtiéndose en un recurso que dio poder a los países que lo poseían, y a las empresas que lo controlaban. A lo largo del siglo pasado, se fueron desarrollando



técnicas cada vez más sofisticadas para perfeccionar el descubrimiento y extracción de este hidrocarburo y de otros combustibles fósiles. Primero se explotaron los yacimientos de más fácil acceso y luego la tecnología permitió ampliar la frontera a lugares más remotos y más frágiles desde el punto de vista ecológico.

El petróleo es una mezcla homogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua de origen fósil. Viene de la transformación de materia orgánica procedente de zoo y fito plancton, depositada en grandes cantidades en fondos anóxicos de mares o zonas lacustres de un pasado geológico, y posteriormente enterrada bajo pesadas capas de sedimentos<sup>81</sup>

Para acceder al petróleo hay que romper la roca hasta llegar a los yacimientos, causando impactos en la naturaleza y las poblaciones en cada una de sus fases.

La *prospección sísmica* es un proceso geofísico que consiste en crear temblores artificiales de tierra, con el uso de explosivos que provocan ondas con las que se hace una ecografía del subsuelo, donde aparecen las diversas estructuras existentes, incluyendo aquellas que potencialmente pueden almacenar hidrocarburos.

La prospección sísmica puede ser 2D (bidimensional) o 3D (tridimensional). Estas se diferencian por la distancia entre las líneas sísmicas o densidad de la malla que es mayor en la sísmica 3D. Conseguir una mayor densidad significa que las labores de la sísmica son mucho más intensas y por ello hay mayores impactos en el medio.

Entre los impactos identificados durante los estudios sísmicos, se incluyen:

1. Deforestación por la apertura de la trocha y la construcción de helipuertos y de campamentos provisionales
2. Contaminación por ruido
3. Compactación del suelo cuando se usan camiones vibradores
4. Generación o aceleración de procesos erosivos
5. Las explosiones producen movimiento de suelo cuando los pozos quedan mal tapados.
6. Desplazamiento de fauna por efecto del ruido y muerte de peces cuando las detonaciones son en el agua
7. Afectación de los acuíferos produciéndose contaminación de las aguas de pozos, destrucción de vertientes de agua
8. Erosión de las zonas de playa y sedimentación de los ríos

81 Reyes, F. Ajamil, C y Hernández, J. (2005). Los derrames de petróleo en la Amazonía como masivo ambiental fijo. En: *Petróleo, Amazonía y Capital Natural*. Fondo Editorial C.C.E. Quito.



Durante la *perforación* se tritura la roca, a profundidades hasta llegar al yacimiento. En este proceso se produce un tipo de desechos llamados lodos de perforación. Los cortes de perforación están compuestos de una mezcla heterogénea de rocas, cuya composición depende de la estratografía local, que puede incluir metales pesados, sustancias radioactivas u otros elementos contaminantes. Pueden contener, en mayor o menor grado, hidrocarburos. Entre mayor es la profundidad a la que se perfora, se genera mayor cantidad de desechos, los mismos que contienen niveles más altos de toxicidad. La *perforación exploratoria* sirve para evaluar el tamaño de las reservas presentes en el yacimiento.

En la perforación en racimo, se perforan varios pozos desde una sola plataforma. En este caso se afecta un área menor, en la superficie, pero se genera mayor cantidad de desechos. A este tipo de operación se la conoce como perforación direccional. Otra fuente de contaminación generada durante la perforación es el ruido constante procedente de las torres de perforación y el movimiento constante de vehículos terrestres y aéreos.

Una vez que se inicia la extracción de petróleo se realiza, una o dos veces al año, el reacondicionamiento del pozo petrolero, cuyos desechos tóxicos son colocados en piscinas, a partir de las cuales puede haber una migración vertical de los contaminantes hacia los acuíferos. Dado que las piscinas están abiertas, cuando llueve, estas rebosan y los contaminantes migran a las áreas aledañas entre las que se incluye suelos, esteros, ríos, lagunas, zonas boscosas, otros ecosistemas naturales o áreas agrícolas.

Junto con el petróleo extraído también salen del subsuelo dos tipos de compuestos asociados: el agua de formación y el gas.

Uno de los problemas más significativos durante la extracción de petróleo, es precisamente el *agua de formación*. La cantidad de esta varía con la formación geológica y el tipo de yacimiento. En las operaciones petroleras más antiguas el volumen de aguas de formación se incrementa, el mismo que puede ser varias veces mayor que la de petróleo extraído. El agua de formación es un agua sedimentaria de 150 millones de años, y por lo mismo contiene altos niveles de salinidad, metales pesados e hidrocarburos.

En muchos campos petroleros se extrae *gas natural asociado* con el petróleo. Aunque a veces el gas natural es utilizado como fuente de energía en las mismas instalaciones o es procesado, en muchos otros casos simplemente se lo quema. Las principales emisiones atmosféricas provenientes de la quema de gas son el CO<sub>2</sub>, metano, etano, butano, propano, hidrógeno, helio y argón, hidrocarburos aromáticos volátiles, óxido de nitrógeno, dióxido de sulfuro, ozono, monóxido de carbono, halones, gases CFC, entre otros. La exposición



continúa a estos compuestos provoca severos impactos a la salud. Por ejemplo el gas metano causa envenenamiento crónico y puede haber impactos acumulativos a nivel bioquímico y fisiológico, rupturas de los tejidos, cambios en el sistema circulatorio y otras patologías.

Otra actividad que altera la estructura de la geosfera es la extracción petrolera. También altera a la naturaleza en todas sus fases.

## LA GEOINGENIERÍA Y LA CONQUISTA DE LA CORTEZA TERRESTRE

La geoingeniería es la manipulación intencional, a gran escala, de los sistemas de la Tierra mediante la alteración artificial de los océanos, los suelos, subsuelos y la atmósfera (ETC Group, 2010). El objetivo fundamental es que el aparato industrial siga funcionando, y poder acceder y quemar combustibles fósiles como se iniciara hace más de 150 años. En lugar de plantearse soluciones drásticas de reducción del uso y quema de petróleo, gas o carbón, se pretende, a través de la geoingeniería, modificar el clima, alterar la radiación solar o aprovecharse de la corteza terrestre.

De manera general a las técnicas de geoingeniería se las podría dividir en el grupo de las que se centran en tratar de manipular el tiempo climático y la radiación solar que incluyen, entre otras, el disparo de yoduro de plata a las nubes para producir lluvia, el lanzamiento de partículas de sulfatos a la estratosfera para reflejar los rayos solares, la ingeniería genética de cultivos para que su follaje refleje mejor la luz del sol; y aquellas técnicas como son la "Captura y Secuestro de Carbono" (CCS por sus siglas en inglés) o el vertimiento de partículas de hierro en los océanos para sobre-estimular la absorción de  $\text{CO}_2$ .

La captura y secuestro de carbono es un proceso tecnológico que atrapa el dióxido de carbono emitido de las fuentes industriales, particularmente las plantas térmicas de carbón, al comprimir el gas en líquido y después bombearlo a través de tuberías hacia una ubicación bajo tierra, donde teóricamente puede quedar almacenado de manera segura y permanente. (ETC Group, 2010).

Entre las propuestas de usar las capas geológicas como basurero de carbono, se incluye una propuesta de la empresa islandesa Reykjavik Energy, quien administra en Islandia una central eléctrica geotérmica. La enorme planta funciona con el vapor supercaliente que extrae del subsuelo mediante 30 pozos, vapor que viene cargado de dióxido de carbono y ácido sulfhídrico. Mediante



el proyecto CarbFix se disocian los dos gases, para enviar el dióxido de carbono hasta un pozo de tres kilómetros donde se combina con agua carbonatada, enviada desde otro sitio.

El plan supone que el agua disolverá por completo el dióxido de carbono, que será convertido en ácido carbónico y que, con el tiempo, al combinarse el calcio con el basalto, se convertirá en una sólida piedra caliza que evitaría la fuga del gas contaminante hacia la atmósfera.

El agua carbonatada se inyectará al pozo, donde la presión del bombeo disolvería por completo las burbujas de  $\text{CO}_2$ , a 500 metros de profundidad, y se convertiría en ácido carbónico. “Este ácido es muy corrosivo y comenzará a atacar las rocas (basálticas)”, explicó el geólogo Sigurdur Reynir Gislason, de la Universidad de Islandia, y científico jefe del experimento CarbFix.

Lo que hacen quienes idearon CarbFix es acelerar de una manera radical un proceso natural llamado meteorización, en el que el ácido carbónico en cantidades muy diluidas en el agua de lluvia transforma los minerales en las rocas durante el tiempo pero en plazos geológicos. La empresa intenta patentar su tecnología.

El grupo ETC en su informe sobre geoingeniería señala que en Estados Unidos, ya hay compañías que han inyectado más de 3.300 millones de metros cúbicos de  $\text{CO}_2$  en pozos petroleros, y en Noruega se usa parte del dióxido de carbono, en procesos de extracción secundaria de gas natural en el Mar del Norte. El resto se bombea al océano profundo. ETC añade que

Capturar  $\text{CO}_2$  —antes o después de que se haya emitido a la atmósfera— conlleva riesgos. En un estudio reciente publicado en Nature Geoscience que examinó cinco escenarios diferentes de CCS, el geofísico Gary Shaffer concluyó: La mayoría de los escenarios investigados produjeron un calentamiento grande, aunque lento, de la atmósfera, pero también escasez de oxígeno, acidificación y concentraciones elevadas de  $\text{CO}_2$  en el océano. Específicamente, el almacenamiento de carbono en el océano lleva a la acidificación extrema y a concentraciones de  $\text{CO}_2$  en las profundidades, junto con un retorno de las condiciones adversas en condiciones normales de descontaminación sin que hubiera captura de ningún tipo durante varios miles de años. El almacenamiento geológico pudiera ser más efectivo en demorar el regreso de las condiciones normales de contaminación, especialmente si se utilizan sedimentos fuera del mar. Sin embargo, con el escape de 1% o menos cada mil años de un reservorio, o si hubiera que hacer una recaptura continua en el futuro, se requerirían condiciones cercanas a las que se dan con una baja en las emisiones sin captura alguna.



Se habla ahora de vender bonos para ocupar espacios geológicos que sean adecuados para el “secuestro del carbono”, tal como ahora se venden bonos de carbono.

La geoingeniería altera la estructura de la geósfera, generando potenciales impactos en sus funciones. Su aplicación podría conducir a su privatización



## CAPÍTULO 10

### LA RIZÓSFERA Y LA VIDA EN EL SUELO

*Yo estaba en el salitre, con los héroes oscuros,  
con el que cava nieve fertilizante y fina  
en la corteza dura del planeta,  
y estreché con orgullo sus manos de tierra.*

*Pablo Neruda. Los Hombres de Nitrato.*

#### Art. 409.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Es de interés público y prioridad nacional  
la conservación del suelo, en especial su capa fértil.*

En 1908, el químico alemán Fritz Haber combinó nitrógeno atmosférico con hidrógeno -sometidos a altas presiones y hierro como catalizador-, para crear amoníaco y luego sintetizar nitratos. Luego de poco tiempo Karl Bosch transformó el experimento de Haber en una actividad industrial, siendo el inicio de los fertilizantes nitrogenados sintéticos. Esto le permitió a Alemania, durante la Primera Mundial, cubrir todas sus necesidades de compuestos nitrogenados, los mismos que había dejado de recibir desde Chile.

Desde entonces, el uso de fertilizantes nitrogenados no ha dejado de aumentar, en particular durante la revolución verde. Solamente en Estados Unidos, de 1950 a 1980, el uso de fertilizantes subió en un 195% y la tendencia sigue.

El suelo está poblado por miles de microorganismos y pequeños invertebrados, sustento de otros organismos que dependen de los procesos químicos, físicos y biológicos, lugar en donde se enraízan las plantas y constituye la interfase entre el nivel mineral y la biósfera, es lo que se llama la *rizósfera*.

La era de los fertilizantes sintéticos marcó la intervención masiva de la *rizósfera*, sistema complejo y espacio de vida.

En la rizósfera intervienen las *plantas* que desempeñan un papel clave en la meteorización física y química de las rocas para la formación del suelo. También la *mesofauna* tiene un rol fundamental. Esta incluye macroinvertebrados que,



como los ácaros, insectos, larvas de insectos, lombrices, etc., destruyen mecánicamente la materia orgánica; participan en las primeras etapas de la descomposición troceándola a un tamaño adecuado para la posterior acción de los microorganismos. A su vez, las lombrices favorecen la aireación del suelo, removiendo la tierra y abriendo túneles, facilitando el crecimiento de las raíces; las heces de las lombrices retienen agua que contienen importantes nutrientes para las plantas.

Millones de *bacterias* conforman las comunidades de microorganismos que transforman el material orgánico en moléculas más simples. Las bacterias son los seres más numerosos del suelo. Estas pueden ser autotróficas, heterotróficas, aeróbicas (necesitan oxígeno para vivir) y anaeróbicas (que crecen en ausencia de oxígeno), y juegan un papel importante en el ciclo de nutrientes.

Otro grupo sustancioso de micro-organismos son los *hongos*, que descomponen algunas macromoléculas complejas como la celulosa, la lignina y pectinas. Gracias a los hongos se mejora la estructura física del suelo, y sus micelios forman unos agregados que ayudan a retener agua. De todos los organismos eucariontes, los hongos son los únicos que pueden digerir alimentos fuera de sus cuerpos a través de enzimas que liberan, para luego absorberlo, por eso son descomponedores estratégicos en los ecosistemas terrestres y muchos lo son también en los ecosistemas acuáticos.

Las *algas unicelulares*, principalmente verdes y diatomeas, esenciales en suelos erosionados o desérticos, se ubican en la superficie para aprovechar la luz solar y hacer fotosíntesis. Los *protozoarios*, al alimentarse de bacterias, controlan el tamaño de la población bacteriana. La biomasa de las bacterias y hongos supera a todos los animales que viven sobre el suelo. Hay además miles de distintos tipos de *virus* y *líquenes* (asociación entre un alga y un hongo), estos últimos, sustanciales agentes de meteorización de la roca en suelo.

Las comunidades biológicas que se desarrollan en la rizósfera, conforman redes tróficas complejas, que se inician con las plantas, que son la base alimenticia de los organismos heterótrofos o consumidores, incluyendo invertebrados herbívoros, carnívoros y hongos. Tanto las plantas como los animales vuelven al suelo cuando mueren, y son degradados por los organismos descomponedores, reiniciándose el ciclo de los alimentos.

## SUELOS SUPRESIVOS Y COMUNIDADES MICROBIANAS DEL SUELO

En la naturaleza, los seres multicelulares complejos no pueden vivir sin la asistencia de una enorme plétora de microorganismos. Somos pues "Individuos y Ecosistemas o Individuos-Ecosistemas".



"... Se sabía que existen suelos en los que los microorganismos patógenos son neutralizados ya sea por el ambiente, ya sea por otros bichitos canijos que habitan en el medio edáfico. Hablamos de los denominados "Suelos Supresivos" [...] en nuestra epidermis y orificios (boca, nariz, estómago, etc.) habitan comunidades microbianas que nos defienden de los perversos patógenos [...] Me atrevería a postular (conjetura) que la ecología de las mentadas biocenosis denominadas microbioma humano y la rizosfera que albergan los bichitos supresivos guardan un sorprendente parentesco en lo que respecta a sus patrones o regularidades. ¡Tiempo al tiempo! ..."

*"... **Los suelos supresivos son aquellos en los cuales el patógeno no consigue condiciones ideales para establecerse o persistir. Si bien el patógeno puede encontrarse y persistir en el suelo sus ataques no provocan daños o enfermedades importantes. Las principales características bióticas de los suelos supresivos naturales o inducidos son la alta tasa de actinomicetos y un elevado potencial de metabolismo y catabolismo de los agentes vivos necesarios para la alta productividad de las tierras de cultivo. Esos suelos tienen microorganismos (Hongos, Bacillus, Pseudomonas, Streptomyces y levaduras) productores de elementos protectores contra fungosis, bacteriosis, virosis e insectos plaga".***

FUENTE: Juan José Ibáñez. <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/11/15/139319>

## LA DESCOMPOSICIÓN

### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente... el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales.

Con la descomposición se cierra el ciclo alimenticio que se inicia cuando las plantas utilizan la energía calórica para, a través de la fotosíntesis, producir alimentos. Sin la descomposición, el planeta estaría lleno de troncos y hojas de plantas, cadáveres de mamíferos, esqueletos y exoesqueletos de invertebrados..., pero, gracias a los organismos descomponedores (carroñeros y saprofitos), los desechos de los organismos vivos son transformados en compuestos simples como CO<sub>2</sub>, agua, minerales y moléculas orgánicas simples que van a la atmósfera y al agua; o que regresan al suelo para ser tomados por las raíces de las plantas.



La descomposición es un factor fundamental para la fertilidad del suelo. Cuando un organismo muere y llega al suelo se inicia la llamada *fase mecánica*. Animales carroñeros -como gallinazos, gavilanes, cóndores o raposas- se comen parte del animal muerto, y dejan otra para los siguientes fases del ciclo de descomposición biológica. Luego, algunos invertebrados como larvas de insectos, ciempiés, moluscos y garrapatas hacen una mayor fracturación de la materia orgánica, y lo mezclan con la fracción mineral del suelo.

### HORMIGAS ARRIERAS

Las hormigas arrieras son consideradas como uno de las peores problemas para algunos tipos de cultivos, pero para autores como Carrere (2004) las consideran un subproducto de la actividad humana. Carrere cita a Martín (2000) de la siguiente manera "En la medida que las áreas naturales son reemplazadas por actividades agropecuarias, la diversidad tanto de flora y fauna desaparecen, y entre estas, los depredadores naturales de las hormigas (pequeños mamíferos, algunas aves e insectos e inclusive plantas repelentes) aumentando la población de hormigas a tal punto de convertirse en una plaga, favoreciendo su ataque a frutales, yuca, café, pastos, cacao, plantaciones forestales, etc., y ocasionando altas pérdidas a los agricultores".

Carrere plantea que es importante conocer el lugar que ocupan estos pequeños invertebrados en la cadena alimenticia de otros seres vivos del ecosistema, tanto como un posible método de control, como para asegurar la conservación de la diversidad biológica dependiente de las hormigas. El autor menciona que varios invertebrados se alimentan de estas hormigas así como reptiles asociados a los hormigueros; hay aves que son enemigos importantes de las hormigas durante el vuelo nupcial, y que sapos, lagartijas y arañas también se alimentan de ellas, aunque no se conoce la importancia que tienen en la dieta de estos y otros integrantes de la fauna nativa<sup>82</sup>

Sería importante conocer cuál es el rol de las hormigas en el ecosistema y en el reciclaje de nutrientes, y qué especies son más o menos apetecidas (por ejemplo, que la hormiga cortadora prácticamente no afecta a los árboles nativos), antes de usar métodos químicos agresivos para exterminarla, añade Carrere en su estudio.

FUENTE: Carrere, Ricardo y Cárcamo María Isabel (2004).- Hormigas, agrotóxicos y forestación.

82 Carrere se refiere específicamente al caso de Uruguay y a la transformación de la pradera en monocultivos de eucalipto y pino.



El siguiente paso es la *fase química*, en la que se produce la ruptura de tejidos. Este es un proceso producido por los propios compuestos químicos que están presentes en el organismo y más tarde por acción de bacterias y hongos *saprofitos* que transforman el tejido animal o vegetal en compuestos orgánicos como azúcares, lípidos y proteínas o más simples como sulfatos o fosfatos, que más tarde son asimilados por las plantas.

Los compuestos de bajo peso molecular son descompuestos principalmente por los colonizadores primarios, que en su mayoría son levaduras saprófitas. Los colonizadores secundarios utilizan materiales más complejos, como los polisacáridos. Finalmente, los colonizadores terciarios metabolizan los polímeros más complejos, como la lignina. Estos microorganismos garantizan el reciclaje de la materia muerta y la recirculación de los nutrientes en los ecosistemas.

## LOS INVERTEBRADOS TERRESTRES

Los invertebrados (incluyendo el zooplancton) constituyen el 80% de todas las especies conocidas de nuestro planeta. Un estudio reciente demuestra el grado de peligro de extinción que enfrentan estos animales, asociada con especies que son poco móviles y tienen rangos de distribución pequeños. Para hacer una comparación de vertebrados-invertebrados, tanto los anfibios, como las especies de moluscos de agua dulce, comparten estas características, y se enfrentan a altos niveles de amenaza (alrededor de un tercio de todas las especies vivientes). Por el contrario, el riesgo de extinción global experimentado por insectos voladores como mariposas, libélulas tiende a ser mucho más cercano al de las aves (alrededor de uno de cada diez especies amenazadas).

Los invertebrados terrestres se dividen en nueve phyla, incluyendo un phylum que es exclusivamente terrestre (los gusanos onicóforos<sup>83</sup>), pero la mayoría de especies se encuentran dentro del filo extremadamente diverso de los artrópodos (que incluye a los insectos).

Se han descrito más de un millón de especies de invertebrados terrestres aunque se estima que quedan al menos 7 millones por ser identificadas. Los cálculos más recientes sugieren que podría haber 8,3 millones de especies en total. Los invertebrados terrestres se adaptan a la vida a través de una variedad de ambientes, desde extremas temperaturas polares, altas elevaciones, bosques tropicales o desiertos.

83 Los gusanos onicóforos son invertebrados terrestres de aspecto aterciopelado, similares a orugas y cuya existencia está registrada desde el Cámbrico. Están estrechamente emparentados con los artrópodos, pero sus numerosos pares de apéndices, los lobópodos, no son realmente articulados. Se conocen unas 165 especies.



Según la Lista Roja de la UICN, de 3.623 invertebrados terrestres evaluados, 42% están en peligro de extinción. Las cifras actuales de la Lista Roja representan solo 0,3% de las especies descritas, con un probable sesgo hacia las especies amenazadas.

Los invertebrados terrestres están presionados principalmente por la agricultura, la explotación forestal que afecta a un 31% de las especies amenazadas, y por el desarrollo de infraestructura (28%). Las especies invasoras también afectan a muchos invertebrados (24%) a través de la competencia, depredación directa o por la conversión del hábitat. Aunque apenas el 12% de las especies amenazadas son vulnerables al cambio climático, esto puede aumentar a medida que se agudiza este problema.

FUENTE: Gerlach et al (2012). Terrestrial invertebrate life

## LA MINERALIZACIÓN

La mineralización es la degradación completa de un compuesto en sus constituyentes minerales. Algunas bacterias transforman compuestos orgánicos complejos en moléculas más simples como  $\text{CO}_2$ , amoníaco y otros. Estas bacterias pueden ser aeróbicas o anaeróbicas.

La inmovilización es el proceso contrario a la mineralización, y es llevada a cabo también por ciertos microorganismos quienes absorben compuestos simples y los incorporan a su organismo. La mineralización y la inmovilización actúan en sentido opuesto y, en ecosistemas estables, hay un equilibrio entre ambos procesos.

Los compuestos atacables con más facilidad por las bacterias son las azúcares y las proteínas, que se descomponen rápidamente. Hay otros compuestos más resistentes, como grasas y la celulosa, que se acumulan en el suelo formando una capa oscura llamada *humus*. El humus, que es el principal componente orgánico del suelo, permite al suelo una mayor retención de agua.

Las sustancias inorgánicas más solubles son arrastradas por el agua hacia conductos subterráneos o mantos freáticos. Pueden también formar nuevas sustancias y ser absorbidas por las plantas.



### ¿POR QUÉ LOS SUELOS TROPICALES SON “POBRES”?

Las óptimas condiciones ambientales imperantes en los bosques húmedos tropicales incluyen una temperatura media de 25° C a lo largo del año y una humedad relativa alta. Esto hace que prolifere la vida, incluyendo una gran cantidad y diversidad de micro-organismos en la rizósfera.

Debido a estos factores, la tasa de descomposición en un suelo tropical es superior a la que se da en otros ecosistemas terrestres. Esto significa que, una hoja, el esqueleto de un insecto o el cadáver de las aves, son rápidamente atacados y descompuestos por los organismos carroñeros y saprófitos. De igual manera, las raíces toman los nutrientes a gran velocidad, convirtiéndolos en biomasa.

Esto hace que el material orgánico en el suelo del bosque tropical sea escaso, a diferencia de los bosques temperados, pero se compensa con la riqueza que está en los árboles. Esto significa que la transformación de los bosques tropicales en agricultura o ganadería destruyen en pocos años la calidad del suelo.

Cuando los suelos tropicales quedan desnudos se da un acelerado proceso de erosión hídrica, pues los altos niveles de precipitación hacen que el agua arrastre al suelo a los ríos o arroyos cercanos, produciéndose un alta sedimentación.

La dinámica de los suelos tropicales ha sido entendida por los habitantes tradicionales de estos bosques. Así, algunos pueblos amazónicos han desarrollado el sistema de chacras con tala y quema del bosque. Su chacra está rodeada por bosque no perturbado; más adentro, hay un área que no ha sido quemada o rozada pero perturbada por la caída de los árboles y, al interior, hay un área en barbecho sin quemar; finalmente, hay otra con ramas de árboles y troncos medio carbonizados.

Luego de la quema se siembra los propágulos, en la capa de raíces que sostienen el suelo desnudo. El cultivo principal es la yuca. Los residuos de yuca y otros brotes son quemados durante la cosecha, lo que enriquece el suelo, pero elimina las plántulas de los árboles. A través de la chacra, la regeneración del bosque empieza desde la orilla hacia el interior. El cultivo de yuca y otros productos de menor importancia, es reemplazado por vegetación leñosa y árboles frutales. Luego de 15-20 años se reinicia el ciclo.

A más de la chacra, los indígenas suelen poseer un huerto frutal, generalmente ubicado cerca de su casa, cuyo excedente puede ser comercializado. Este huerto también se quema luego de cierto tiempo. Tanto la chacra como el huerto están al cuidado de las mujeres.



#### Art. 410.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*El Estado brindará a los agricultores y a las comunidades rurales apoyo para la conservación y restauración de los suelos, así como para el desarrollo de prácticas agrícolas que los protejan y promuevan la soberanía alimentaria.*

## EL CICLO DE NUTRIENTES

La mayor parte de los nutrientes del suelo son convertidos en formas útiles por una combinación de procesos biológicos, geológicos y químicos, llamados *ciclos biogeoquímicos*. De los depósitos en la atmósfera, la hidrósfera y la corteza de la tierra pasan a los organismos vivos y regresan al suelo.

Los nutrientes son elementos o moléculas pequeñas que son indispensables para los procesos biológicos. Los seres vivos necesitamos grandes cantidades de *macronutrientes* que, como el agua, carbono, fósforo, nitrógeno, calcio o el azufre, son partes constituyentes de nuestros organismos. Los *micronutrientes*, como el zinc, molibdeno, selenio, o el yodo, son necesarios únicamente en pequeñas cantidades, pero igual de importantes para las funciones vitales.

Todo el ciclo de nutrientes está intermediado por la actividad de diversas bacterias que hacen que los elementos químicos estén disponibles para que las plantas puedan asimilarlos.

## EL CICLO DEL NITRÓGENO

Todas las proteínas contienen nitrógeno. A pesar de ser un elemento abundante en el suelo, los seres vivos lo pueden usar solamente gracias a la actividad de algunas bacterias especializadas. La forma más común de nitrógeno es el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) que entra en el suelo a partir de las excreciones de los animales. Esta molécula es rápidamente degradada por las plantas, hongos y las *bacterias nitrificantes*.

Los excrementos contienen nitrógeno, primero en forma de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), que luego es consumido por bacterias que excretan el nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Los nitratos son muy comunes en pastos y en cultivos en hileras, donde hay una dominancia de bacterias que intervienen en el ciclo del N. Los nitratos proporcionan oxígeno necesario al suelo y  $\text{N}_2$  a las bacterias fijadoras de nitrógeno. Cualquier exceso se va al aire como gas nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y, en algunos casos,



una parte del nitrógeno se lixivia hacia los niveles más profundos de la tierra o los cursos de agua, donde se alimentan otros organismos.

Los cadáveres, heces y detritos, que no son consumidos por otros animales, son degradados por microorganismos hasta obtener amoníaco, a través del proceso de mineralización. El nitrógeno liberado en forma de amonio, puede ser oxidado por bacterias nitrificantes primero a nitritos -que son tóxicos para los seres vivos- y luego a nitratos.

La desnitrificación de los suelos es la reducción del ion nitrato  $\text{NO}_3^-$ , presente en el suelo o el agua, a nitrógeno molecular o en forma de  $\text{N}_2$ , que es la sustancia más abundante del aire. Lo realizan ciertas bacterias heterótrofas, como *Pseudomonas fluorescens*, para obtener energía, como parte de la respiración anaerobia. En suelos con bajo contenido de oxígeno hay un alto contenido de bacterias anaerobias facultativas que participan en el proceso de desnitrificación.

## EL CICLO DEL AZUFRE

El azufre generalmente se encuentra en el material permeable del suelo o en las rocas. La intemperización<sup>84</sup> extrae sulfatos de las rocas, y entran en el ciclo de nutrientes gracias a la acción de las *bacterias reductoras del azufre* y de las *bacterias desnitrificantes*, que oxidan sulfuros. La mineralización del azufre ocurre en las capas superiores del suelo, el sulfato liberado del humus es fijado a pequeña escala por el coloide del suelo.

El azufre ingresa a la planta tanto a través de las raíces como de las hojas (en forma de  $\text{SO}_2$ , un gas atmosférico). En el interior de las plantas, el azufre cumple algunas funciones fisiológicas importantes. Forma parte de la estructura de algunos compuestos como los aminoácidos cistina, cisteína y metionina, y la vitamina biotina; es constituyente de varias enzimas con el radical sulfhidrilo ( $\text{SH}^-$ )<sup>85</sup> como grupo activo, que actúan en el ciclo de los hidratos de carbono y en los lípidos -en la oxidación de los ácidos grasos, como la coenzima A-; interviene en la estructura terciaria de las proteínas -contribuye en la formación de la clorofila-, y en los mecanismos de óxido-reducción de las células.

84 La intemperización (de intemperie) son los cambios ambientales (temperatura, luz, viento, etc.) que sufren las rocas.

85  $\text{SH}^-$  es un radical químico inorgánico compuesto por un átomo de azufre y uno de hidrógeno que se encuentra en numerosos compuestos orgánicos importantes, como aminoácidos y proteínas. Varios de los efectos tóxicos de los metales pesados dependen de su capacidad para reaccionar con los grupos sulfhidrilo de dichas moléculas.



Algunas especies como las crucíferas<sup>86</sup> y las liliáceas<sup>87</sup> absorben una gran cantidad de sulfatos, produciendo en su contenido celular gran cantidad de sulfuro de alilo que ocasiona el olor característico de algunos vegetales, como la cebolla. El contenido de azufre es también alto en las oleaginosas.

## EL CICLO DEL FÓSFORO

Las principales reservas de fósforo se encuentran en la corteza terrestre y queda disponible a través de la meteorización de las rocas. La mineralización del fósforo es hecha por los microorganismos que intervienen en el ciclo del nitrógeno. El fósforo se libera en forma de fosfato, muy poco soluble. Muchas bacterias autótrofas se encargan de llevar a cabo la solubilización del fósforo.

En las zonas donde hay o hubo erupciones volcánicas, los compuestos de fósforo son depositados por las cenizas. Por esta razón los suelos de origen volcánico son ricos en compuestos de fósforo.

Cuando es arrastrado por las aguas y llega al mar una parte del fósforo se sedimenta en el fondo del marino y forma rocas que tardarán millones de años en volver a emerger y liberar de nuevo las sales de fósforo. Otra parte es absorbido por el plancton que, a su vez, es consumido por organismos filtradores, como algunas especies de peces. Cuando estos peces son comidos por aves que tienen sus nidos en tierra, devuelven parte del fósforo en las heces (guano) al suelo.

### LA FIEBRE DEL GUANO

Para muchas comunidades isleñas o de mar, el guano es una de las principales fuentes de ingreso. Este se forma del excremento de las aves guaneras (cormorán, alcatraz y piqueros). En la actualidad se producen unas 20.000 toneladas al año de guano de islas, lo que significa una reducción significativa con respecto a las 200.000 que se obtenían en el pasado. Las especies de aves guaneras están en peligro de extinción debido, por ejemplo, a la disminución de la sardina como base de su alimento.

“Tenemos informes alarmantes sobre la despoblación de las aves guaneras como el huayanay, el alcatraz y el piquero de las islas de nuestro litoral, como consecuencia de la activa caza de lobos marinos que en virtud de una autorización del Gobierno viene llevando a cabo la Peruvian Corporation. Como se sabe, el

86 La familia de las coles, rábanos y nabos.

87 La familia de la cebolla y el ajo.



alimento de estas aves es la anchoveta, que detenida por los lobos y estrechada en las ensenadas era fácil presa de las aves. El lobo marino es, pues, un poderoso auxiliar en el alimento de las aves guaneras<sup>88</sup>

Sobre el guano Joan Martínez-Alier (2004) dice:

*“A veces hay exportaciones que parecen ecológicamente sostenibles pero que tampoco lo son. El propio guano del Perú era un recurso renovable que se exportó a un ritmo mayor que el de su renovación. El guano es el mismo recurso (aunque en un estadio posterior en la cadena trófica) que la harina de pescado que también se exportó desde el Perú de manera no sostenible en los años 1960 y 1970”<sup>89</sup>*

El fósforo inorgánico se transforma en fósforo orgánico a través de la actividad de diferentes seres vivos. Algunos microorganismos logran que el compuesto se libere lentamente para facilitar su absorción. En la descomposición bacteriana de los cadáveres, el fósforo se libera en forma de ortofosfatos ( $H_3PO_4$ ) que pueden ser utilizados directamente por las plantas, formando fosfato orgánico (biomasa vegetal).

Los hongos micorrizas también juegan un papel importante en la absorción del fósforo.

El fósforo es un elemento principal en la composición de aminoácidos, los fosfolípidos (que forman parte de la membrana celular, claves en la activación de enzimas y en la síntesis de sustancias de señalización celular), son portadores de electrones en los cloroplastos y mitocondrias.

Plantas y animales al morir restituyen los compuestos de fósforo al suelo y al agua por el proceso de descomposición. Los compuestos liberados son otra vez aprovechados por las plantas para reiniciar el ciclo.

Los compuestos de fósforo pueden ser transportados por los ríos y acumulados en los suelos aluviales, de ríos y lagos, que se originan por la acumulación de los sedimentos del agua. Los compuestos de fósforo pueden llegar a la atmósfera en forma de polvo que al caer al suelo es depositado y reintegra esos compuestos al suelo.

88 El Comercio. Lima, domingo, 15 de enero de 2012. [http://elcomercio.pe/impresa/notas/sucedio-hace-siglo\\_1/20120115/1361129](http://elcomercio.pe/impresa/notas/sucedio-hace-siglo_1/20120115/1361129)

89 MARTÍNEZ-ALIER, Joan. 2004. Deuda ecológica vs. Deuda externa. Disponible en: <http://www.deudaecologica.org/Deuda-externa-e-IFIs/Deuda-ecologica-vs.-deuda-externa.html>



## FERTILIZANTES SINTÉTICOS

Art. 276.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: [...]*

*4) Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo.*

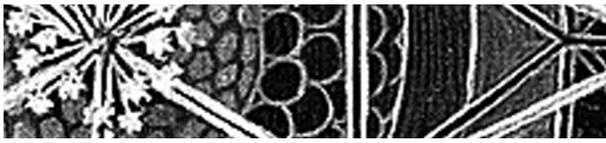
En la naturaleza hay un equilibrio entre el nutriente que toman las plantas con el que regresa al suelo. El nitrógeno, por ejemplo, nunca se pierde. Pero en la agricultura intensiva, se extraen grandes cantidades de nutrientes del suelo (N, P, K, S, Ca, Mg, etc.) que no son devueltos, por lo que se tiene que recurrir a los fertilizantes sintéticos. En este caso, el ambiente del suelo tiene que enfrentar el exceso de nitrógeno u otros nutrientes artificiales. Además, los fertilizantes químicos se aplican junto con grandes cantidades de agua para evitar la salinización del suelo.

Uno de los fertilizantes inorgánicos más usados es el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Debido a la forma química en la que se encuentran, si los nitratos no son absorbidos inmediatamente por las plantas son lixiviados hacia fuera del sistema agrícola (arrastrados hacia cuerpos de agua aledaños, disipados en el aire como gas o se infiltran a las capas freáticas). Por supuesto, esto lleva a la contaminación del agua subterránea y de los ríos, con los problemas de salud asociados a ello.

El exceso de nitratos también crea otros problemas. Debido a que estos son sales, deshidratan sus alrededores; también son oxidantes muy fuertes que “queman” todo lo orgánico en el suelo. Estas propiedades de los nitratos no son un problema en ecosistemas naturales donde se ponen a disposición de las plantas rápidamente, pero se convierten en un grave perjuicio cuando se aplican en exceso (Hermery, 2006).

Aunque las empresas dicen que venden fertilizantes dosificados para que puedan ser absorbidos sin problemas por las plantas, no toman en cuenta los procesos biológicos que tienen lugar en el suelo. Tomemos el ejemplo de la urea. Algunas bacterias (por ejemplo del género *Helicobacter*) contienen una enzima que convierte la urea en amoníaco anhidro y dióxido de carbono. El amoníaco anhidro es muy tóxico para ciertos organismos (Saskatchewan Labour, s/f).

Si la urea se aplica a la superficie del suelo, los gases de amoníaco anhidro se disipan rápidamente, pero no en presencia de una humedad atmosférica alta. Dado que estos vapores son más pesados que el aire, pueden acumularse en las zonas bajas (New York State Department of Health, 2004).



Si la urea se incorpora en el suelo, el gas amoníaco reacciona con el agua para producir hidróxido de amonio, que es altamente cáustico y causa quemaduras graves (tiene un pH de 11,6). Esto puede crear una zona tóxica para los organismos que habitan el suelo. A los pocos días se dan más reacciones químicas en el suelo que liberan el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que sigue la misma trayectoria del amonio de origen natural.

En los sistemas agrícolas se añade el *fósforo (P)* casi siempre en forma de superfosfatos (ortofosfato soluble), que reacciona con el calcio para formar trifosfato de calcio, un compuesto insoluble en agua que requiere la acción microbiana para su descomposición. Las plantas tienen acceso al fosfato añadido entre 15 y 20% cuando suelos con una buena actividad microbiana, pero cuando el suelo es pobre en microorganismos, este porcentaje es mucho menor.

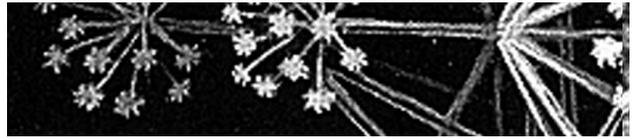
Los superfosfatos con frecuencia tienen varios tipos de impurezas como arsénico, cadmio, cromo, cobalto, cobre, plomo, níquel, selenio, vanadio y cinc, que se suman a otros contaminantes provenientes de otros fertilizantes y pesticidas, a veces con efectos sinérgicos no deseados. Se encontró una alta concentración del material radiactivo Polonio-210 en el tabaco, y se cree que estuvo asociada con el uso de fertilizantes fosfatados (Martin, 2006).

Debido a que las plantas aumentan la capacidad de absorción de nutrientes cuando se aplican fertilizantes inorgánicos, se va perdiendo la fertilidad biológica del suelo, y crea una dependencia por fertilizantes inorgánicos, generándose un círculo vicioso.

La superabundancia de abonos químicos nitrogenados provoca una acumulación de nitratos en el agua de riego, y puede llegar a contaminarse hasta el agua potable. Los nitratos y sulfatos, al ser depositados en los cuerpos de agua, estimulan la sobreproducción de algas en la superficie, lo que produce falta de oxígeno e impide la entrada de luz solar al interior del agua, produciéndose la muerte de peces, arrecifes de coral, etc.

El producto agrícola final también se afecta al contener residuos de nitratos y sulfatos. Muchas hortalizas obtenidas a través de monocultivos que usan intensamente nitrógeno como fertilizante, acumulan altos niveles de nitratos, entre ellas la espinaca, la remolacha, la acelga, y la lechuga. Otro producto que puede contener altos contenidos de nitratos es la cerveza, cuando la materia prima ha sido producida en monocultivos intensivos.

El nitrato entra en la cadena de alimentos y, una vez en nuestro tracto digestivo, puede formar enlaces químicos distintos, muchos de ellos cancerígenos. Los nitritos son productos especialmente contaminantes y peligrosos pues,



sobre todo en infantes, pueden crear condiciones de metahemoglobinemia, causante de algunos tipos de cáncer.

Las granjas industriales de ganado vacuno, en Estados Unidos, producen cada segundo 250.000 libras de estiércol. Como este estiércol ya no es utilizado como abono natural se convierte en un desecho difícil de ser eliminado. Este estiércol genera millones de toneladas de metano al año, siendo uno de los gases que más contribuye al calentamiento global. La paradoja es que lo que fue un abono natural es ahora un grave problema ambiental y, por otro lado, se fabrica millones de toneladas de abono sintético, que también genera otra serie de conflictos ambientales.

En el año 2009, los fertilizantes fueron una industria con beneficios de 90.000 millones de dólares y con el tiempo ha crecido. El 56% de este mercado está controlado por 10 empresas en el mundo. El Grupo ETC (2012) reporta que casi la mitad de personas del planeta vive de alimentos que han sido producidos con fertilizantes nitrogenados. También señala que los principales beneficiarios son las grandes empresas mineras, pues ellas ya tienen las herramientas y la tecnología para minar y extraer el hidróxido de potasio de la tierra<sup>90</sup>, lo que les permitiría abastecer a la creciente industria de fertilizantes químicos y aprovecharse del incremento en el precio de los alimentos. Solo como ejemplo de lo lucrativo del negocio, en medio de la crisis alimenticias del año 2008, la empresa comercializadora de fertilizantes *Mosaic Corporation*, incrementó sus beneficios en 430% (Grain, 2009).

Los fertilizantes químicos interfieren en el ciclo de nutrientes, destruyen la fertilidad del suelo, y contaminan las fuentes de agua. Debido al uso excesivo de fertilizantes químicos se están alterando los ciclos biogeoquímicos de las plantas.

## ANTIBIÓTICOS EN LA AGRICULTURA

Aunque los antibióticos están diseñados para controlar a bacterias que producen enfermedades en seres humanos y animales, estos fármacos pueden ser potencialmente peligrosos para otros organismos en el medio ambiente terrestre

90 Por ejemplo la empresa minera brasileña Vale, ha invertido en Argentina, 850 millones de dólares, en el proyecto Potasio Rio Colorado (antes propiedad de Rio Tinto). El representante de Vale manifestó que "La recesión global no altera los fundamentos del crecimiento a largo plazo de la demanda por fertilizantes y en particular por potasio". En: <http://www.mdzol.com/nota/100551/> Página visitada el 3 de febrero de 2013.



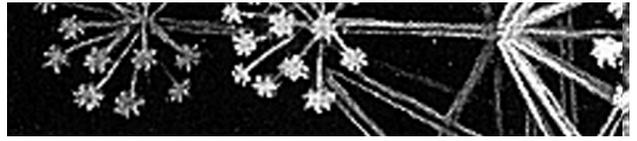
(Warman, 1980). Dado que el estiércol del ganado, cargado de antibióticos, es aplicado en la tierra como una fuente alimenticia, preocupa el impacto sobre el crecimiento de las plantas, fauna o microflora, con el consecuente cambio en la disponibilidad de los nutrientes (Ding y He, 2010).

Los antibióticos han salvado millones de vidas humanas, sin embargo, su uso extendido como un aditivo en piensos para animales causa el incremento de microorganismos resistentes, no a uno, sino a múltiples antibióticos. En algunos casos, hasta el 90% de un antibiótico, administrado por vía oral, puede pasar a través del animal sin que provoque ningún cambio, y ser excretado en la orina o el estiércol. A través de este medio, estos antibióticos pueden ingresar al agua superficial y/o subterránea. Por otro lado, la mayoría de antibióticos son absorbidos vigorosamente en las partículas del suelo y no pueden ser degradados fácilmente por la microflora. El grado de unión de los suelos a los antibióticos depende de las propiedades de ambos. Estas propiedades incluyen: la estructura del antibiótico químico y su solubilidad al agua, el pH, contenido de arcilla y la materia orgánica del suelo (Kumar et al. 2005).

Según los mismos autores, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estimó que había, en 1997 en ese país, más de 8.000 millones de animales (más del 95% de los cuales eran pollos y pavos), los que produjeron hasta 1.320 millones de toneladas de estiércol. Estos números sugieren que la presencia y persistencia de antibióticos en estas grandes cantidades de estiércol presentan un significativo problema ambiental, tanto en términos de toxicidad de estos antibióticos para la microflora y fauna del suelo, así como por un aumento en la resistencia antimicrobiana en el ambiente en general. Hoy la industria de la carne se está moviendo hacia países del Sur como Tailandia, México o Brasil donde se usan las mismas tecnologías y generan los mismos problemas descritos.

La presencia de antibióticos en el suelo puede producir efectos indirectos, por ejemplo en la cadena alimentaria. Entre estos efectos encontramos la disminución de algunos componentes de poblaciones microbianas, pérdida de fuentes alimenticias para otros organismos que, a su vez, podrían ser parte de importantes procesos microbianos del suelo, tales como la descomposición y la mineralización. Además, el ingreso continuo de antibióticos como parte del estiércol, puede crear un entorno favorable para que emerjan de bacterias resistentes a antibióticos (Kumar et al. 2005).

Se ha sugerido cuatro posibles vías para la propagación de la resistencia de bacterias a los antibióticos, en el medio ambiente terrestre, a partir de su uso en la agricultura:



- a. La selección de la población microbiana resistente (incluidos los agentes patógenos) en el sistema digestivo del animal, y luego en el ambiente debido al vertimiento de las heces (Kelly et al, 1997).
- b. La transferencia de genes de resistencia (incorporados en plásmidos, integrones y casetes genéticos) de las bacterias presentes en el estiércol, hacia las poblaciones microbianas nativas de suelo y agua (Gast et al, 1988).
- c. La acumulación de antibióticos en los tejidos de animales y plantas que son posteriormente consumidos por seres humanos, cuyas propias bacterias endógenas pueden convertirse en resistentes a los antibióticos (Richter et al, 1996).
- d. Antibióticos presentes en el estiércol que es usado como abono en los cultivos y que puede conferir resistencia a la flora y fauna nativa.

Una vez que los microbios adquieren resistencia a los antibióticos, pueden pasar esta información genética a otros microbios a través de una variedad de mecanismos tales como la transformación, la conjugación, la transposición o por integrones de cambio (Bower y Daeschel, 1999).

Aunque hay pocos estudios sobre la biodegradación de los antibióticos en el suelo, agua y estiércol, se ha reportado que algunos antibióticos como la eritromicina puede degradarse completamente en 30 días a 20–30 °C, en cambio otros antibióticos no se degradan sino en 80 días o más y pueden seguir afectando a las poblaciones microbianas.

Los antibióticos pueden ser tóxicos para los organismos del suelo y las plantas en concentraciones muy bajas. Tietjen (1975) reportó que muestras de avena, cultivada con abono de estiércol de cerdos que habían sido alimentados con oxitetraciclina, contenía un 20% más de nitrógeno que la avena producida en un suelo que no recibió ese tratamiento. Otro estudio hecho en fréjol pinto (*Phaseolus vulgaris*), cultivados en medios con clortetraciclina y oxitetraciclina (a una concentración de 160 mg/l), encontró que la parte superior y la materia seca de la raíz se redujeron entre 71 y 87% y 66 y 94%, respectivamente (Patten et al., 1980). En el mismo estudio se encontró que con clortetraciclina y oxitetraciclina, se reducía la absorción de nutrientes (Ca, Mg, K y N) y la nodulación de las raíces entre 52 y 67%, respectivamente.

Sin embargo, cuando se aplicaron antibióticos en las mismas concentraciones, pero en suelos franco arcilloso, no se detectó impactos adversos en plantas de fréjol, lo que muestra que los antibióticos varían su comportamiento, dependiendo de las características del suelo y la sensibilidad de la planta (Batchelder, 1982).



La transferencia de resistencia a un antibiótico entre bacterias no se limita a un determinado país o de un continente, pues los productos alimenticios de origen animal se comercializan en el mercado global.

El uso de antibióticos en la agricultura y ganadería interfiere en el ciclo de los nutrientes, afecta a la flora y fauna nativa, contamina las fuentes de agua, lo que tiene efectos negativos en las redes tróficas y la salud humana.

## GEOINGENIERÍA A TRAVÉS DEL BIOCHAR

El carbón biológico, conocido como *biochar*, es una de las técnicas propuestas dentro de la geoingeniería para “secuestrar carbono” y supuestamente enfrentar el cambio climático.

Los científicos que apoyan esta técnica, dicen que alrededor de un 10% de los más de 60.000 millones de toneladas de carbono transformadas al año por la fotosíntesis, procede de residuos agrícolas (restos de maíz, arroz, residuos forestales y desechos de origen animal). Si esta cantidad se transformara en carbón biológico mediante la descomposición provocada por técnicas de calentamiento en ausencia de oxígeno (pirólisis), se producirían 3.000 millones de toneladas de *biochar* al año, reduciendo las emisiones de carbono en esta misma cifra.

### BIOCHAR: CARBÓN VEGETAL DISFRAZADO DE OTRO NEGOCIO TECNOLÓGICO PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Almuth Ernsting, Biofuelwatch

“De acuerdo con un número creciente, elocuente y muy bien conectado grupo de científicos, empresarios y lobbyistas profesionales, la mejor y quizá única manera para que la humanidad pueda sobrevivir al cambio climático y resolver la crisis alimentaria y energética consiste en enterrar en el suelo miles de millones de toneladas de carbón cada año. Al carbón utilizado de esta forma lo llaman “biochar” (en inglés) y afirman que dejará aprisionado el carbono durante miles de años, que el proceso de su producción generará energía, que incrementará grandemente el volumen de las cosechas y que detendrá la deforestación (que de acuerdo con muchos de ellos, es causada principalmente por pequeños agricultores que talan e incendian bosques porque no pueden mantener la fertilidad de sus suelos). Sin importar cuán extrañas e infundadas puedan ser tales afirmaciones, estas están siendo tomadas muy en serio en altos círculos de toma de decisiones [...]



El carbón vegetal es un subproducto de la pirólisis de la biomasa, una forma de producción de bioenergía que, además del carbón, produce dos tipos de combustible: gasoil vegetal y syngas. Ambos pueden ser utilizados para calefacción y energía y también pueden ser refinados en agrocombustibles de segunda generación, es decir, en gasolina para automóviles y potencialmente para aviación. Encaja entonces perfectamente con el impulso a las biorefinerías y plantaciones de árboles para alimentar autos, aunque sin depender de ellos. La pirólisis para calefacción y energía podría despegar rápidamente si se pudieran superar ciertos “obstáculos de mercado”. Si las empresas dedicadas a la pirólisis pudieran ganar dinero mediante la transformación del carbón resultante en fertilizantes patentados (y la garantía de obtener elevadas ganancias de la venta de fertilizantes en vinculación con la expansión de las plantaciones) y si, encima de eso se pudieran obtener créditos de carbono, la industria despegaría muy rápidamente [...]

Los promotores de la Iniciativa Internacional Biochar (IBI, por su sigla en inglés) difunden una imagen de una futura industria que beneficiará principalmente a pequeños agricultores y otra gente local a través de pequeñas unidades de pirólisis y cocinas para producir carbón. Sin embargo, muchos de sus representantes hacen llamados para objetivos de secuestro de carbón vegetal (biochar) que harían que 500 millones de hectáreas de plantaciones parecieran superficies conservadoras.

El carbón vegetal presentado como “biochar” encaja entonces perfectamente con otras falsas soluciones climáticas basadas en plantaciones a gran escala y en apropiación de tierras, que van desde agrocombustibles a plantaciones de árboles como “sumideros de carbono” y árboles transgénicos [...] la incorporación de carbón a los suelos no ha demostrado aún ser capaz de secuestrar carbono o de aumentar por sí misma la fertilidad de los suelos. La “evidencia” de tales afirmaciones se basa fundamentalmente en antiguos suelos de la Amazonía Central, que se formaron hace cientos o aún miles de años atrás, hoy llamados “terra preta” (tierra negra). La *terra preta* fue creada por pequeños agricultores que, durante muchas generaciones, incorporaron al suelo una mezcla de carbón, compost, huesos animales y de pescado, sedimentos del río, estiércoles y diversos restos de biomasa. No hay evidencia de que se puedan recrear suelos ricos en carbono y fértiles simplemente –o rápidamente– por la aplicación de grandes cantidades de carbón a los campos de cultivo ...”.

FUENTE: WRM. Boletín No. 138, enero 2009.

La geoingeniería a través del biochar atenta contra el derecho humano a la soberanía alimentaria, pues se panea dedicar inmensas cantidades de suelo a esta actividad que podría ser usada en la producción de alimentos. Además altera la estructura del suelo y los ciclos biológicos y evolutivos que tienen lugar en él.



## CAPÍTULO 11

### NUESTRO HOGAR LLAMADO BIÓSFERA

*Todos los seres de la selva son los compañeros de nuestra vida.  
Son las huellas permanentes de la selva.  
En la selva todo tiene un alma, un espíritu, una fuerza.  
La selva es la que nos conserva la vida  
¿Cómo podemos vivir sin el canto de los tucanes,  
los chillidos de los monos, el croar de las ranas,  
el susurro de los árboles?"*

*Pensamiento Huaorani<sup>91</sup>*

#### Art. 71.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR.

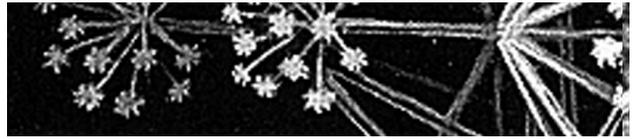
*La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida,  
tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y  
el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales,  
su estructura, funciones y procesos evolutivos*

La biósfera es la porción de la naturaleza con la que los seres humanos estamos en relación más directa. Esta relación ha variado históricamente en las distintas sociedades. Como dice el epígrafe más arriba, la selva está muy presente, por ejemplo, en la cosmovisión de pueblos como los Huaorani de la Amazonía ecuatoriana que han dependido de ella probablemente durante milenios.

Un poco más lejos, la epopeya de Gilgamesh de Mesopotamia, cuenta como él y su compañero Enkidu mataron a Humbaba, conocido como "el gran mal", pero en realidad era el centinela de los bosques. Cuando Humbaba murió, se produjo una gran confusión entre los seres de los bosques. Las montañas y colinas estaban agitadas y conmovidas, pues el guardia de los bosques había muerto. Mientras Humbaba moría, Gilgamesh abatía a los cedros del bosque y Enkidu limpiaba las raíces hasta el margen del Éufrates, para dar paso a la "civilización" (Padua, 2005).

Literalmente, la biósfera es la "envoltura" viva del planeta Tierra, el espacio donde se desarrolla la vida. La biósfera puede ser considerada como la capa planetaria del carbono, que es el elemento presente en todos los seres vivos.

91 Tagliani, L. 2004. También el sol muere. Cuatro años con los Huaorani.



El carbono ingresa a los seres vivos a través de la fotosíntesis, proceso mediante el cual queda retenido en las plantas. El carbono pasa de un eslabón a otro de la cadena alimenticia cuando las plantas son consumidas por los herbívoros, estos por los carnívoros, para ser finalmente todos degradados por los organismos descomponedores. A este proceso se le llama "ciclo de alimentos". Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 21 años.

La biósfera empezó a formarse en el Silúrico, cuando las primeras plantas invadieron la tierra. Primero lo hicieron pequeñas algas con aspecto de musgos, que habrían colonizado las pendientes pantanosas de las orillas de ríos y lagos. La primera planta vascular conocida es *Cooksonia*, del Silúrico superior. Con un tamaño de unos 10 cm, sin raíces ni hojas, estas plantas enviaban sus pequeños vástagos hacia el exterior para capturar luz solar y liberar sus esporas al viento (Kevin Boyce, 2008).

*Psilophyton* era una primitiva planta terrestre del Silúrico con xilema y floema, pero sin diferenciación de raíz, tallo y hojas. Era muy ramificada, se reproducía por esporas, respiraba a través de estomas en toda su superficie, y probablemente hacía la fotosíntesis con todos sus tejidos expuestos a la luz. Las primitivas riniofitas fueron otras plantas terrestres que también aparecieron durante este período.

Solo en el devónico (hace 408 a 360 millones de años) se conforma la vegetación continental. Aparecen los primeros licopodios, colas de caballo y helechos, así como las primeras plantas con semilla (pro-gimnospermas), primeros árboles (*Archaeopteris*), y primeros insectos sin alas. También del Devónico tenemos los primeros fósiles de anfibios, quienes en un inicio ocuparon las zonas cercanas a ríos y mares, donde habían condiciones de humedad y calor adecuadas para su reproducción. Los primeros insectos y escorpiones aparecieron también en este período junto con vegetación más compleja como helechos arborescentes que encontraron su mayor esplendor en el carbonífero (Acot, 2003). El Devónico acabó con una gran extinción que afectó sobre todo a los organismos del mar, sobreviviendo los anfibios, las arañas, los escorpiones y las cucarachas.

Cuando las condiciones climáticas se hicieron favorables para la existencia de una cobertura vegetal en la Tierra, se modificaron todas las características ecológicas hasta entonces imperantes: hubo sombra (lo que impidió la disecación de ciertos organismos sensibles a la luz), aumentó la humedad atmosférica, la exposición a los vientos cambió influyendo en la dispersión de las esporas, se crearon nichos ecológicos para albergar nuevas especies, etc.

En el Carbonífero la flora y fauna terrestres fueron adquiriendo características propias (distintas a sus ancestros marinos). Los continentes estaban formados por bosques inundados y plantas de pantanos. Había una impresionante abun-



dancia de plantas parecidas a palmeras de más de 30 metros, helechos y equisetos gigantes; también los insectos se esparcieron en el globo. Sin embargo, hacia el Pérmico se produce una nueva extinción, catalogada como la más catastrófica de la historia geológica. Sobre sus vestigios se formaría la fauna más fascinante que haya habitado el planeta: los dinosaurios, que evolucionaron y se extinguieron en la Era Mesozoica.

Los mamíferos, que aparecieron hace 295 millones de años, cohabitaron con los dinosaurios. Los primeros eran herbívoros, insectívoros, carroñeros, y se asemejaban a ratas o zarigüeyas. Con la extinción de los dinosaurios encontraron muchos nichos ecológicos libres y su éxito evolutivo fue tan grande que pudieron colonizar todos los ambientes. Hoy conocemos más de cuatro mil especies de mamíferos, y la mayoría aparecieron en aquel momento evolutivo (Acot 2003).

Grupo taxonómico	No. de especies	Grupo taxonómico	No. de especies
Insectos	8'750.000	Protozoos	200.000
Hongos	1'500.000	Crustáceos	150.000
Bacterias	1'000.000	Cordados	62.000
Gusanos	400.000	Peces	35.000
Virus	400.000	Aves	9.881
Algas	400.000	Reptiles	7.828
Plantas	320.000	Mamíferos	4.809
Equinodermos y otros	320.000	Anfibios	4.780
Moluscos	200.000		

Fuente: Encyclopedia of Biodiversity

## LA OCUPACIÓN HUMANA DE LA BIÓSFERA

Las sociedades han establecido distintas formas de relacionarse con su medio, y esto ha variado a lo largo de la historia.

Las sociedades de recolectores y cazadores han abarcado el 99,9% de la historia humana y fue la forma de vida dominante durante la última glaciación que se extendió desde 80 mil a 12 mil años, cuando el clima era muy frío, con ciclos más moderados, por lo que fue conocida como "Edad de Hielo".

Las sociedades humanas eran pequeñas y nómadas y producían poca alteración en los ecosistemas. Se cree que el fuego se empezó a usar hace 500.000 años, lo



que cambió la relación entre los seres humanos y la naturaleza, haciendo más fácil la transformación de los productos de la caza, y permitiendo cierto exceso.

Dice Jose Augusto Padua (2008) que "fue la trashumancia la que permitió poblar todo el planeta. Primero se colonizó, desde África, Asia, después Europa, después Australia hace 60.000 años y hace 30.000 años caminando por el estrecho de Bering que estaba en glaciación (80.000-12.000 AC) el ser humano pasó a occidente, y se distribuyó a lo largo de toda América."

Con el fin de la glaciación, pasaron dos cosas en nuestro continente: se cerró el pasaje que unía Asia con América, dejándola aislada por muchos milenios, y se unió del istmo de Panamá, lo que permitió el ingreso de los grandes carnívoros de Norte a Sudamérica, afectando a los grandes herbívoros provocando su extinción masiva.

Se cree que hace 10.000 años habitaban en el planeta 4 millones de personas, que probablemente no vivían en miseria sino en abundancia y sin acumulación de bienes, pues "la riqueza era un peso que había que cargarlo a costas". Generalmente el hombre era quien cazaba y la mujer era la recolectora.

Ya en esa época comenzaba a gestarse la agricultura. Seguramente cuando se encontraba una planta importante se llevaban semillas y las sembraban en el nuevo lugar al que migraban. Actividad que probablemente fue realizada por mujeres que permanecían por más tiempo en los asentamientos temporales. La domesticación de plantas y animales y el origen de la agricultura se dio en algunas regiones del planeta llamados "Centros Vavilov"<sup>92</sup>. En el Ecuador hay por lo menos dos centros de origen de la agricultura: andino y amazónico.

Con el inicio de la agricultura aparecen las aldeas agrícolas y van desapareciendo los cazadores colectores. Esta una etapa que se extiende hasta hace 6 mil años, donde se produce una escasa destrucción de los ecosistemas, los que son transformados en cultivos, pero en general se mantiene la estructura y funciones. José Augusto Padua (2008) describe esta etapa de la siguiente manera:

El modo de vida de las aldeas es muy antiguo. No hay diferencias muy notables entre la gente. Algunas familias tienen más poder, pero sus habitaciones no se diferencian. En los ricos de hoy sí hay mansiones muy diferentes unas a otras. Aquí es donde surge palacios, grandes templos, en la tercera fase. Pero ¿cómo es que los seres humanos que no tenían diferenciaciones pasan a tenerla?. Los sacerdotes, los guerreros, los aristócratas, & están en el origen de estas castas y sobre todo está relacionada con la protección de los excedentes de la producción agrícola. Cuando surgen las aldeas agrícolas surge un mayor número de guerras, las aldeas concentran en los graneros y eso ocasiona las posibilidades de

92 En honor a Nikolai Vavilov, genetista y botánico ruso nacido en Moscú en 1877, que descubrió y describió los centros de origen.



saqueo. Por ello una parte de la aldea empieza a tener el poder de protección, empiezan a desarrollar un poder militar y se generan estas castas que crean una élite diferenciada del resto del pueblo y es parte de la historia de los últimos 6.000 millones de años. ¿Qué importancia tiene esto para la ecología? Pues fundamental porque comienza un patrón de consumo de los recursos que generan las primeras ciudades, los templos, los centros de poder político, religioso, económico y social.

Una tercera etapa corre desde los 6000 años hasta los 200, que es cuando aparecen los estados y los imperios agrícolas. Padua continúa,

Con la aparición de los estados agrícolas y para satisfacer el consumo hacen monocultivos, desertificación y canales de irrigación que salinizaron el suelo y que hoy todavía se hace en todas partes y que están salinizando completamente el suelo. En 6.000 años no se ha aprendido nada. Cuando más tarde estaba ya tan degradada, los pastores llegaron con cabras que acabaron completamente con el suelo porque acabaron con la raíz de todo.

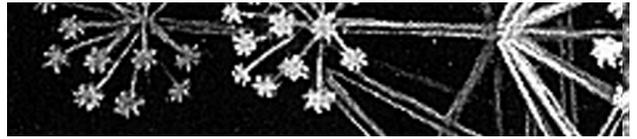
Una cuarta etapa es la de los estados urbanos industriales que corre desde los 200 años hasta nuestra época. Se caracteriza por una sobreexplotación de la naturaleza apoyada por un desarrollo tecnológico sin precedentes en la historia, lo que conlleva a su deterioro, extinción masiva de especies, cambios dramáticos en la estructura de los ecosistemas, alteración de las bases de la vida (por ejemplo a través de la ingeniería genética. Al respecto Padua añade:

Nunca hubo en la historia de la humanidad un dominio sobre el planeta como tiene Europa (y las neoeuropas) hoy. Ni china, ni Roma, en sus épocas. Es un dominio económico e ideológico.

En el Ecuador, así como en otras partes del continente americano, la conquista y colonización europea destruyó las formas de vida imperantes, perdiéndose prácticas como el manejo vertical del espacio, el manejo del exceso o falta de agua a través de chinampas en Mesoamérica, o albarradas y camellones en los Andes, y otras técnicas; introduciendo formas de manejo ambiental basadas en contextos culturales y ambientales distintos. Esto produjo transformaciones profundas en la ocupación del territorio y en la relación ser humano- naturaleza.

## **LOS GRANDES BIOMAS DEL PLANETA Y LOS PELIGROS QUE ENFRENTAN**

Las comunidades de plantas, animales y ecosistemas no se encuentran distribuidos de forma homogénea en la Tierra, sino que ocupan un espacio vital característico, con unas condiciones y unos factores ambientales concretos llama-



dos *biomas*. Estos nos los son el resultado de su ubicación geográfica (especialmente de la latitud), sino también de largos períodos de aislamiento, debido a la presencia de barreras de tipo geográfico como océanos, grandes desiertos, altas montañas o cordilleras, lo que ha impedido la migración de plantas y animales.

Existen grandes biomas en el planeta, sobre los cuales vamos a hacer una breve descripción en los párrafos siguientes. Estos son la *tundra*, los *bosques de coníferas*, los *bosques caducifolios*, las *sabanas*, las *praderas*, los *páramos*, los *bosques húmedos tropicales*, los *desiertos*.

La *tundra* es el bioma ubicado alrededor del polo Norte en una franja de unos 20.000 kilómetros de tierra desnuda. También existen regiones similares en las cumbres montañosas llamadas tundras alpinas. En el hemisferio sur, la tundra cubre toda la zona ubicada al sur del Estrecho de Magallanes y de Tierra del Fuego. En Chile la tundra está muy influenciada por el océano Pacífico, en el sector oeste y suroeste, y por el mar de Drake, al sur.

En la tundra la temperatura y la escasa agua son factores limitantes para los seres vivos. A pesar de ello, hay un número sorprendente de especies que han podido adaptarse a estas condiciones. El manto vegetal es delgado y está compuesto por gramíneas, líquenes y juncos. Existe suficiente cantidad de producción neta acuática y terrestre combinada para mantener, no solo a las aves migratorias sino también a grandes poblaciones de insectos que surgen en verano, y a los mamíferos autóctonos. Esta es una zona muy afectada por el cambio climático.

Los *bosques de coníferas* o *taiga* son zonas boscosas que permanecen verdes a lo largo del año y están compuestas por especies de árboles como los pinos, cedros, abetos, en el hemisferio norte; y *Podocarpus* en el hemisferio sur. Antes de la intervención humana intensiva, este tipo de bosques cubría casi todas las latitudes norteñas del globo. Estos bosques suelen estar dominados por una sola especie de árbol y la mayor parte de la vida está oculta, pues hay pocas especies de animales grandes que invernan en la época fría. Sin embargo, hay varios miles de especies de hongos micorrizas que crecen bajo tierra, y otros que facilitan la descomposición de las hojas de los árboles. Hay varios animales amenazados como el caribú del bosque, águilas calvas y reales, guepardos que viven en los bosques de coníferas septentrionales. Este bioma está amenazado por la minería del carbón, la tala, la contaminación, la explotación de petróleo y gas. Hay además varios mega proyectos hidroeléctricos programados en varios lugares de bosques de coníferas.

Los *bosques caducifolios* son característicos de las regiones con clima templado húmedo. Tienen una estratificación más pronunciada y una mayor diversidad de especies. Este tipo de bosques se componen de árboles que pierden sus hojas



todos los años en la estación invernal fría y seca, y reverdecen en primavera. Están amenazados por la industria maderera pues albergan algunas especies de valor incluyendo robles, arces, hayas y olmos.

Grandes imperios (Grecia, Roma, Fenicia) se asentaron en este bioma, y su consolidación generó una masiva reducción de la vegetación original, lo que les llevó en muchas ocasiones a enfrentar escasez de madera -el principal material de construcción-, y leña -principal fuente energética-. Esto fue causa de varios conflictos bélicos, los que a su vez generaban más demanda de productos forestales. De acuerdo a Hughes y Thirgood (1982) tanto griegos como romanos consumieron su propio futuro al permitir que los bosques desaparezcan y el suelo se erosione. Hacia el siglo XV, los principales bosques en Inglaterra, Francia y Alemania habían sido talados, al ser usados como fuente energética.

Los bosques caducifolios de Sudamérica cubren las regiones de sur de Chile y Argentina y representan la mayor extensión de bosque templado intacto del mundo. Algunos de sus habitantes son pumas (*Puma concolor*) o león de montaña, la rana Darwin, el ciervo Pudú, el zorro Chilote o el árbol de la Araucaria. En las últimas décadas estos bosques han sido sustituidos por plantaciones forestales al servicio de la industria de la pulpa del papel.

## DEFORESTACIÓN DE LOS BOSQUES TEMPLADOS

Los bosques tropicales cubren 1.700 millones de hectáreas en tanto que los bosques templados cubren una superficie de 2.252 millones de ha. Estos bosques están ubicados en: países de Europa oriental y Rusia (con 980 millones de ha que representa el 41% del total de bosques), en América del Norte (735 millones de ha que es el 32%), Asia templada (233 millones de ha y 10%), Sudamérica (52 millones de ha, el 2%) y África templada (5 millones de ha, el 0,2%).

Estos bosques están muy amenazados debido a la tala comercial y al cambio en las formas de uso. En Alemania han desaparecido las 2/3 partes de los bosques originales; en Inglaterra a penas quedan manchas de bosques naturales (en 25 años, entre 1945 y 1970 se talaron tantos bosques como en 400 años!); Escocia estuvo prácticamente cubierta por bosques, de los cuales quedan el 1%; en Finlandia se han cortado casi la totalidad de los bosques primarios. Cuando los europeos llegaron a América, en Estados Unidos había 3,2 millones de km<sup>2</sup> de bosques, de los cuales quedan hoy solamente 220.000 km<sup>2</sup>. En Canadá se ha deforestado el 60% de la superficie boscosa.

En el hemisferio Sur, los bosques nativos de Chile cubrieron gran parte del territorio y ahora se encuentran reducidos a menos de 1/3 de su área original. La



extensa destrucción pasada y la magnitud actual de la extracción de recursos forestales, en particular madera, astillas y leña, permiten concluir objetivamente que gran parte de los ecosistemas forestales chilenos desaparecerán dentro de las próximas décadas. Estos bosques templados poseen un notable nivel de endemismo, con el 35% de flora vascular, incluyendo helechos, coníferas (ciprés de la cordillera, alerce, araucaria) y angiospermas (roble, lingue, canelo, tapa). Algunas especies de coníferas del bosque nativo se hallan entre las más antiguas del mundo, en particular la araucaria, ciprés de la cordillera y alerce. Todas estas pueden superar los mil años, y el alerce es la segunda especie más longeva del mundo, con 3.600 años. La fauna asociada a estos bosques templados también presenta un alto endemismo: el 50% de las especies de peces, 80% de anfibios, 36% de reptiles, 39% de aves y 33% de mamíferos. Toda esta rica biodiversidad está en peligro.

“Lamentablemente, entre esas regiones (entre el Maule y Chiloé) justamente están las áreas de mayor extensión de plantaciones de pino y eucalipto. Y allí, desde el punto de vista del bosque nativo, la industria forestal no se ha orientado a realizar un manejo sustentable. Del total de los casi 3 millones de hectáreas que están en terrenos privados, solo alrededor de 5 mil hectáreas se manejan con criterios silvícolas”<sup>93</sup>, dijo Juan Armesto, citado en Avances del Conocimiento (1996).

Un estudio hecho por las Universidades de la Frontera y Austral de Chile para determinar los cambios en la cobertura del suelo en una zona de la precordillera andina de la Región del Maule, se encontró lo siguiente:

“El bosque nativo se redujo en un 44%, lo cual se traduce en una tasa de deforestación de 4,1% anual. La superficie de bosque nativo fue reemplazada preferentemente por coberturas de matorral (29%) y plantaciones de especies exóticas (27%). Una gran proporción de las actuales plantaciones exóticas está establecida sobre terrenos que anteriormente correspondían a bosque nativo (63%). La mayor pérdida de bosque nativo se concentra en niveles de elevación intermedia, donde se encuentra la mayor superficie de bosque nativo, asociándose también a una menor distancia de la red de caminos. El reemplazo del bosque nativo por matorrales se asocia principalmente a prácticas de floreo y extracción de leña, lo cual produce la degradación del bosque. La sustitución de bosque nativo por especies exóticas se explica por el incentivo a la forestación y por la creciente demanda de productos derivados de la madera y pulpa”<sup>94</sup>.

93 Lilian Duery, 1996. “Científicos reafirman alarma por futuro de bosques nativos. Publicado en “Avances del Conocimiento”, Editorial Antártica.

94 Avances del Conocimiento (1996). ALTAMIRANO, Adison y LARA, Antonio. Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. Bosque (Valdivia), 2010, vol.31, no.1, p.53-64.



Las *sabanas* son llanuras herbáceas ubicadas en climas tropicales y subtropicales con un estrato predominantemente formado por gramíneas perennes, a menudo muy altas, con algún árbol bajo, arbusto o matorral xerófilo individual o en pequeños grupos. Las sabanas son zonas de transición entre selvas y semi-desiertos. Los Llanos colombo-venezolanos y las sabanas de África son *sabanas intertropicales*, donde el suelo no es muy fértil, el agua es relativamente escasa.

### **KENIA: PLANTACIONES DE CAÑA DE AZÚCAR PODRÍAN ACABAR CON EL VALIOSO DELTA DEL RÍO TANA**

El delta del río Tana es uno de los humedales más importantes de África y uno de los sistemas de agua dulce más grandes e importantes de Kenia. Cubre un área de 130.000 hectáreas donde la mezcla de sabana, manglar, bosque y playas permite disponer de buenos pastos durante la estación seca. Los pastores nómadas Orma y Wardei han usado el delta durante siglos.

El sitio web de la campaña por el delta del Tana informa que “también hay allí una gran extensión de arrozales y otras actividades agrícolas que se realizan en los bordes del delta. Allí se cultiva arroz, maíz, mango, mandioca, bananas, porotos, guisantes y muchas otras hortalizas. La mayoría de los agricultores pertenecen al grupo étnico Pokomo. Entre los pescadores están los Bajuni y trabajadores venidos de otras zonas de Kenia. El delta del Tana es vital para unos 30.000 agricultores, pastores y pescadores, así como para comunidades minoritarias de recolectores cazadores, llamados en conjunto los Wasanya”. (1)

Este ecosistema invaluable del cual dependen una gran diversidad biológica y los medios de vida de decenas de miles de personas bien podría verse trastornado por el ansia ciega de obtener ganancias a corto plazo. El auge de los agrocombustibles está detrás del proyecto de plantación industrial de caña de azúcar para producir grandes cantidades de etanol destinado a los mercados del Norte.

La compañía Mumias Sugar Ltd (MSC) y la Dirección de Desarrollo del Río Athi (TARDA) planean formar una sociedad privada y proponen destinar 20.000 hectáreas mayormente intactas del delta del Tana a la plantación de caña de azúcar. El 11 de junio de 2008, la Dirección Nacional del Medio Ambiente de Kenia (NEMA) aprobó dicho proyecto.

Según un informe encargado por la Real Sociedad para la Protección de las Aves, un enfoque corto de miras llevó a sobreestimar las ganancias potenciales sin considerar los beneficios ecológicos que provee el delta, como la prevención de inundaciones, el almacenamiento de gases de efecto invernadero y la producción de alimentos, todo lo cual “desafía cualquier evaluación”.



El informe alerta sobre las graves consecuencias ambientales que tendría la prosecución del proyecto. (2)

Los aldeanos y pescadores del río Tana, así como los pastores nómadas que, desde lugares tan lejanos como las fronteras con Somalia y Etiopía, traen a pastar al delta 60.000 cabezas de ganado durante la estación seca, están furiosos porque no se ha tenido en cuenta el problema de la pérdida de sus medios de vida. En consecuencia, han obstaculizado la realización de audiencias públicas sobre el proyecto.

“Desde tiempos inmemoriales, miles de ganaderos de la zona del río Tana han contado con el delta para obtener pasturas y agua para sus animales. Cuando hay fuerte sequía vienen en gran número desde lugares tan lejanos como Garissa e Ijara, en la Provincia Nororiental”, dice el Sr. Hussein Guracho, un anciano Orma. “Cuando Tarda y Mumias Sugar realicen su proyecto azucarero, la sequía acabará con millones de animales pues la región del río Tana es semiárida, y esto impedirá ganarse la vida a más de 100.000 trashumantes”, explicó.

La cólera nace de la indignación: “Para instalar la fábrica Tarda deberá pasar por encima de nuestros cadáveres”, advirtieron los manifestantes. (3)

Ejemplos como el del delta del Tana muestran el lado destructivo de los agrocombustibles, el desplazamiento y la miseria que provocan cuando ocupan grandes extensiones de las que depende la subsistencia de la gente.

Notas:

(1) “About the Tana River Delta”, <http://www.tanariverdelta.org/tana/about.html>

(2) “Wildlife and livelihoods at risk in Kenyan wetlands biofuel project”, Xan Rice, The Guardian, <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/jun/24/biofuels.wildlife>

(3) The East African Standard (Nairobi), <http://www.sucre-ethique.org/Kenya-Tana-Residents-Protest.html>.

FUENTE: WRM. Boletín N° 145. Agosto de 2009

Las sabanas temperadas, llamadas también *praderas*, tienen un clima con veranos más húmedos e inviernos fríos y secos; son muy fértiles e intensivamente ocupadas en la producción de granos. Sobre estas sabanas, el Jefe Indio Seattle escribió a Franklin Pierce<sup>95</sup> en 1854:

Somos parte de la tierra y ella es parte de nosotros. Las fragantes flores son nuestras hermanas; el venado, el caballo, el águila majestuosa son nuestros hermanos. Las praderas, el calor corporal del potrillo y el hombre, todos pertenecen a la misma familia...



He visto miles de búfalos pudriéndose sobre las praderas, abandonados allí por el hombre blanco que les disparó desde un tren en marcha. Soy un salvaje y no comprendo como el humeante caballo de vapor puede ser más importante que el búfalo al que solo matamos para poder vivir.

## LO QUE EL VIENTO SE LLEVÓ. EL DUST BOWL Y LA DESTRUCCIÓN DE LAS PRADERAS

El *Dust Bowl* fenómeno que se produjo en Estados Unidos en la década de 1930 y fue considerado como uno de los peores desastres ecológicos del siglo XX de ese país. La sequía que se prolongó entre 1932 y 1939 afectó a las llanuras y praderas que se extienden desde el Golfo de México hasta Canadá. El efecto *dust bowl* se produjo porque hubo un cambio en el uso de las praderas hacia una producción intensiva de cereales, que dejó al suelo desnudo y expuesto a los agentes erosivos especialmente el viento. El suelo, despojado de humedad, era levantado por el viento en grandes nubes de polvo y arena tan espesas que escondían el sol. Estos días recibían la denominación de “ventiscas negras” o “viento negro”. El Dust Bowl multiplicó los efectos de la Gran Depresión en la región y provocó el mayor desplazamiento de población habido en un corto espacio de tiempo en la historia de Estados Unidos<sup>96</sup>.

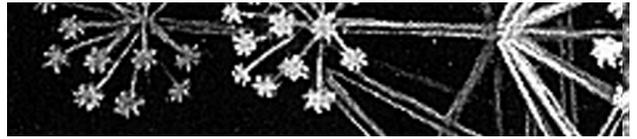
También en Estados Unidos, el año 2012 fue uno de los más secos en los últimas cinco décadas, lo que afectó a la producción de maíz. De acuerdo a información del Departamento de Agricultura de Estados Unidos<sup>97</sup> se esperaba que los rendimientos alcancen un récord de 166 bushels por acre<sup>98</sup> de maíz, pero el deterioro de las condiciones de cultivo durante todo el verano llevó al USDA a reducir las expectativas de rendimiento a 122,8 bushels por acre, la más baja desde 1995, aunque se descarta un nuevo *dust bowl*.

Un fenómeno parecido ha empezado a verse en la China en los últimos años debido al incremento de las áreas agrícolas. Hasta la fecha, los productores chinos y los pastores han transformado unos 400.000 kilómetros cuadrados de tierras de cultivo y praderas en desiertos verdes. Se ha sobrepastoreado las estepas, y los agricultores han sobreexplotado la tierra cultivable; se ha incrementado el bombeo del agua de acuíferos de los oasis que bordean los desiertos antiguos y de los ríos. El suelo estéril es arrastrado por el viento, creando grandes tormentas de polvo y la pérdida de la capa vegetal. Se trata de un *dust bowl*.

96 John Steinbeck, premio Nobel de literatura, describe en su novela *Las uvas de la ira* de manera magistral el efecto en las familias del Dust Bowl y de la expansión de los monocultivos de frutas en Estados Unidos.

97 USDA. U.S. Drought 2012: Farm and Food Impacts

98 El bushel es una medida de masa para mercancías sólidas usada en países anglosajones. Se lo utiliza en el comercio de cebada, maíz, trigo, soya o avena y otros productos análogos. Cada una de las mercancías tiene un valor de bushel propia. Así, un bushel de maíz tiene 56 libras. Por su parte, el acre equivale a 0,4 hectáreas.



Entre las praderas de montañas se encuentran los *páramos*, que han evolucionado aislados por sus especiales condiciones climáticas, por lo que frecuentemente albergan muchas especies endémicas. Las plantas características de este hábitat muestran adaptaciones tales como estructuras en roseta, superficies cerosas, hojas pubescentes y almohadillas pegadas en el suelo. Su importancia ecológica radica en servir como esponjas que retienen y almacenan agua, y por ser el hogar de miles de comunidades indígenas.

Los *páramos* son ecosistemas tropicales de altura, que se ubican por debajo de la línea de las nieves perpetuas. En los Andes, los páramos se encuentran desde la cordillera de Mérida en Venezuela, atravesando las cadenas montañosas de Colombia y Ecuador, hasta la depresión de Huancabamba en Perú. En cada uno de estos países enfrentan distintas amenazas de tipo antropogénico, como la minería o las plantaciones forestales.

Los *bosques húmedos tropicales (BHT)*, son biomas más complejos en términos de diversidad flora, fauna y microorganismos y en cuanto a su estructura (pues son multi-estratificados).

Se ubican entre las latitudes 10° Norte y 10° Sur, con un clima estable a lo largo del año, temperaturas cálidas y precipitación abundante. La temperatura mensual promedio está sobre los 24 °C y la precipitación puede exceder los 2.000 mm<sup>99</sup> por año. En algunas regiones existe una breve estación de menor precipitación. En áreas de monzón hay una estación seca que antecede a una de muchas precipitaciones, a diferencia de regiones como la Amazonía donde la precipitación suele ocurrir de forma uniforme durante todo el año<sup>100</sup>

Los bosques húmedos tropicales se encuentran principalmente en la cuenca amazónica (son los más grandes y menos fragmentados); en la región Indomalaya van desde la costa oeste de India al sur de China, atravesando Malasia, Indonesia, y llegan hasta Papúa Nueva Guinea; y, en África están alrededor del golfo de Guinea hasta la cuenca del Congo. Hay otros bosques lluviosos de menor extensión en la costa este de Australia, en las islas del archipiélago Hawái, las islas del Pacífico Sur y la costa este de Madagascar.

El bosque húmedo tropical va cambiando gradualmente al bosque tropical montano y, más adelante, a bosques de niebla. De acuerdo a un estudio de la Universidad Nacional de Leticia en Colombia, el bosque húmedo tropical está formado por los siguientes estratos<sup>101</sup>

99 La precipitación se mide en milímetros, y corresponde al espesor de la capa de agua de lluvia sobre una superficie plana de un metro cuadrado. En este caso la precipitación anual en un BHT alcanza los 2 metros.

100 Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonía. Biogeografía. s/f

101 <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/leticia/80123/lecciones/cap3/leccion7.html>



Un estrato superior de árboles emergentes. Árboles extensamente espaciados de más 35 m de altura, con copas en forma de paraguas que se abren por encima del dosel del bosque. Dada a su exposición al viento que arrastra humedad y fisiológicamente crea un ambiente seco, muchas especies presentan hojas pequeñas como mecanismos de adaptación a esta situación. Es fácilmente observable que las hojas pequeñas están en todas las copas que alcanzan el dosel. Árboles de una misma especie a menudo presentan hojas de diferente tamaño, siendo más grandes la de individuos que no alcanzan el dosel. Otras especies emergentes tienden a ser deciduas durante la estación seca o de menor precipitación.

Un segundo estrato está conformado por árboles que alcanzan el dosel, es decir entre 15 y 25 m de altura. Es un estrato cerrado donde las copas se sobreponen. La luz solar está disponible para este estrato, pero debajo de éste la intensidad disminuye drásticamente. Un tercer estrato de árboles con copas cerradas lo forman árboles de entre 10 y 20 m, que están en el subdosel. En esta zona del bosque hay poco movimiento de corrientes de aire y por tanto la humedad es alta y constante, la luz remanente es absorbida por las copas de estos árboles.

Un cuarto estrato es el sotobosque conformado por arbustos y hierbas de bajo porte que aprovechan menos del 3 por ciento de la luz incidente. Los individuos jóvenes que pertenecen a especies del dosel o a emergentes tiene un crecimiento muy lento, pero son capaces de incrementar rápidamente su biomasa cuando por alguna perturbación el dosel se abre.

Un quinto estrato está conformado por escasas hierbas, plántulas esparcidas entre la una capa de hojarasca de hojas muertas, denomina lómiter. Este estrato en contacto con el suelo se denomina estrato rastreiro o basal. En él menos de 1% de la luz, penetra. La humedad de ambiente se conserva, y un tercio de la precipitación se intercepta antes de que alcance la tierra.

Este estudio analiza además las diversas y complejas formas de crecimiento que tiene la vegetación que vive en estos bosques para poder tener acceso a la luz solar:

*Epífitas:* Son plantas que crecen en ramas altas de los árboles, las usan simplemente como apoyo para obtener la humedad del aire y atrapar la constante caída de hojas, al igual que partículas de nutrientes arrastradas por el viento. Un ejemplo típico de plantas epífitas son las Bromeliaceae (familia de la piña), especialmente abundante en el neotrópico; Las Orchidaceae se distribuyen extensamente a través del BHT.

*Lianas:* Son plantas trepadoras leñosas que nacen y crecen en el piso, trepan por los troncos de los árboles hasta alcanzar el dosel allí emiten su follaje. Una importante función ecológica es el amarre que hacen de las copas de los árboles entre si para evitar las caídas prematuras de los mismos. Hay plantas trepadoras que no tienen leño, únicamente crecimiento primario en sus tallos. Muchas de ellas no llegan al dosel y quedan en la porción intermedia del bosque.

*Estranguladoras:* estas plantas comienzan su vida como epífitas en el dosel y envían sus raíces hacia abajo, al piso del bosque; a medida que crecen se anastomosan, formando un pseudo tronco que va comprimiendo el fuste de la planta huésped hasta matarla.



Algunas Moraceae tienen esta forma de crecimiento.

**Heterótrofas:** Se denomina así a las especies que no pueden elaborar su propia materia a partir de las sustancias inorgánicas de su entorno. En otras palabras son especies vegetales incapaces de hacer fotosíntesis; la mayor parte de ellas ocupan el piso del bosque. Dentro de este grupo se deriva una gama amplia de estrategias para obtener las sustancias-nutritivas esenciales para su manutención:

- *Parásitas* derivan sus alimentos penetrando, raíces y ramas aéreas de especies fotosintéticas. Un ejemplo típico es *Rafflesia arnoldii*, un parásito de raíz, que posee la flor más grande del mundo, más de 1 m de diámetro. La Loranthaceae es otro grupo que corresponde técnicamente al grupo de hemiparásitas o plantas que tienen procesos fotosintéticos pero toman sustancias transformadas de otras plantas a través de austorios, órganos que sustituyen a las raíces, al penetrar los tejidos vasculares de los tallos.
- *Saprófitas* derivan sus alimentos de la materia orgánica en descomposición.

## BRASIL: CORTADORES DE CAOBA DESTRUYEN EL BOSQUE AMAZÓNICO

"Más del 80 por ciento de la madera proveniente de la Amazonía se tala en forma ilegal. La caoba, también conocida como el "oro verde", ha sido el blanco principal del madereo. El valor de la caoba (un metro cúbico puede generar más de US\$ 1.600) ha atraído a taladores que invaden los bosques primarios para alimentar una demanda dirigida casi exclusivamente a la exportación.

El "cinturón de caoba" abarca aproximadamente 80 millones de hectáreas de la Amazonía brasileña, extendiéndose desde el sur de Pará hasta Acre, cruzando el norte de Mato Grosso, Rondônia y el sur de la Amazonía. No resulta sorprendente que esta región esté incluida dentro del "cinturón de deforestación" de la Amazonía. Los buscadores de caoba sobrevuelan cientos de kilómetros de bosque denso para localizar los árboles de caoba dispersos, a menudo menos de uno por hectárea. Para lograr acceder a un solo árbol de caoba, los taladores a menudo abren caminos de acceso (que se extienden a lo largo de cientos de kilómetros) atravesando bosques vírgenes. Los troncos en ocasiones se extraen a una distancia de hasta 500 km del aserradero más cercano.

El madereo de caoba no solo causa la destrucción generalizada de bosques, sino que también produce impactos sobre los pueblos indígenas que viven en la región. Las concentraciones más grandes de caoba que todavía quedan se encuentran dentro o en las cercanías de tierras indígenas en el estado de Pará. Quince territorios indígenas cubren 16'243.000 hectáreas de bosque y, aunque la Constitución de Brasil protege los territorios indígenas de todo tipo de explotación industrial, esas tierras han sido invadidas en forma ilegal por compañías madereras en búsqueda del oro verde. La táctica estándar utilizada por los



taladores es entrar en las tierras indígenas, cortar los árboles, y después negociar sobre la base de los árboles derribados, pagando en el mejor de los casos US\$ 30 por árbol, mientras que la madera aserrada resultante de ese árbol se vende en el mercado de exportación por más de US\$ 3.300 [...]

Irónicamente, gran parte de la caoba extraída de los bosques termina como ataúdes y asientos de inodoro, mientras que el resto se utiliza principalmente para la producción de muebles extremadamente caros comprados por un número muy limitado de personas. De esa forma, tanto los exportadores como los comerciantes, fabricantes, minoristas y consumidores finales de caoba participan en el proceso de devastación de la Amazonia, impulsado por un lado por el lucro y por otro por el "prestigio". Los productos glamorosos que se venden en tiendas y salas de exposición de todo el mundo brindan una apariencia respetable a una industria destructiva y corrupta.

Cinco países (EE.UU., Reino Unido, Holanda, Alemania y la República Dominicana) importan casi toda la caoba brasileña que se exporta desde Pará, la región con mayor producción de caoba de Brasil.

Cinco importadores (DLH Nordisk, Aljoma Lumber, J. Gibson Mcllvain Co. Ltd. e Intercontinental Hardwoods Inc) compran más de dos tercios de la caoba de exportación a compañías vinculadas a Moisés Carvalho Pereira y Osmar Alves Ferreira, los dos "reyes de la caoba" brasileños ..."

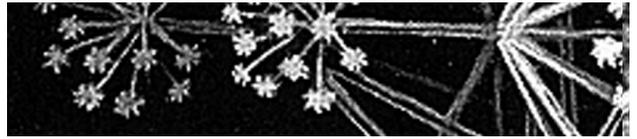
FUENTE: WRM. Boletín Nº 53, diciembre de 2001

Los *desiertos* ocupan más de 50 millones de kilómetros cuadrados. De este total, 53% corresponden a desiertos cálidos y 47% a desiertos fríos. Los desiertos más secos son el de Atacama de Chile/Perú, y del Sahara Central de África.

Son biomas que reciben pocas precipitaciones, debido a distintos factores tales como: *alta presión subtropical*, como en los desiertos del Sahara y Australia; posición en las *"sombras de lluvia"*, como ocurre en los desiertos del occidente de Norteamérica; la *gran altitud*, como en los desiertos tibetanos, boliviano y de Gobi.

En los desiertos hay arbustos abiertos rodeados o no por gramíneas, bien espaciados, con numerosas ramas cerca de la tierra y hojas pequeñas y gruesas, así como plantas suculentas. Los arbustos y árboles pueden crecer cerca de las orillas de los cursos de agua y en los lechos temporales de arroyos.

Hay lagartos, serpientes y roedores que están bien adaptados a los ambientes secos. No hay animales acuáticos excepto en los casos en que persisten cuerpos



de agua; algunos grupos de crustáceos viven en pozos efímeros. Hay pocos anfibios, pero esto depende de las lluvias ocasionales<sup>102</sup>

## ADAPTACIONES DE LAS PLANTAS DEL DESIERTO

En los últimos meses se ha anunciado la existencia de nuevos cultivos transgénicos con tolerancia a las sequías, lo cual revela un desconocimiento, pues la tolerancia a sequías no está determinada por un gen, ni siquiera por un conjunto de genes, sino por complicados procesos de adaptación a ambientes secos<sup>103</sup>. Las plantas que viven bajo estas condiciones, llamadas xerofíticas, tienen tres estrategias principales para enfrentar condiciones de baja humedad: la succulencia, la tolerancia y la evasión de la sequía.

*Las plantas succulentas* almacenan en sus hojas, tallos y raíces el agua que absorben rápidamente en grandes cantidades. Debido a que las raíces absorben agua por difusión pasiva, las plantas succulentas pueden absorber el agua solo de un suelo que sea más húmedo que su interior. Los suelos del desierto rara vez están mojados y no retienen la humedad excedente por mucho tiempo. La lluvia del desierto es, a menudo, ligera y breve, con apenas pocos centímetros de humedad, por lo que en un día de calor puede secarse después de solo pocas horas.

Para hacer frente a estas condiciones, casi todas las plantas succulentas tienen un sistema de raíces extensivas pero superficiales. Una planta succulenta del desierto de 2 metros de alto puede tener unas raíces con una extensión de hasta nueve metros y, rara vez, con más de diez centímetros por debajo de la superficie. Las raíces de los arbustos y árboles del desierto se extienden lateralmente hasta dos o tres veces el diámetro de la copa. Las grandes extensiones de tierra en los desiertos que aparentemente están vacías no lo están. Si se cava un agujero casi en cualquier lugar (excepto en las dunas de arena o en zonas del desierto más árido) se puede encontrar raíces.

Una planta succulenta debe ser capaz de proteger su acumulación de agua en un ambiente desecante y lo hace muy eficientemente. Los tallos y las hojas de la mayoría de las especies tienen cutículas cerosas. El agua se conserva más en superficies reducidas, por eso la mayoría de las succulentas tienen pocas hojas, o ninguna como los cactus (cuya hojas son las espinas). En otros casos, las hojas se caen en la estación más seca.

102 <http://www.jmarcano.com/nociones/bioma/desierto.html>

103 Esto es una forma de determinismo que cree que todo está determinado por los genes; concepto que fue desarrollado en el capítulo ADN: DE MOLÉCULA DE LA VIDA A MATERIA PRIMA PARA LA INDUSTRIA



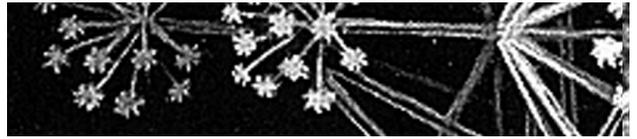
A más de estas estrategias morfológicas, muchas plantas suculentas han desarrollado además mecanismos bioquímicos. Un ejemplo es el Metabolismo Ácido Crasuláceas (CAM), llamado así porque fue en esta familia que se descubrió por primera vez el fenómeno. Las plantas CAM abren sus estomas para el intercambio de gas durante la noche y almacenan dióxido de carbono en forma de un ácido orgánico. Durante el día, los estomas se cierran y las plantas están casi completamente selladas para evitar la pérdida de agua, y la fotosíntesis se lleva a cabo utilizando el dióxido de carbono almacenado. Por la noche las temperaturas son más bajas y la humedad más alta que durante el día, así que se pierde menos agua por transpiración. Estas plantas pierden alrededor de una décima parte la cantidad de agua por unidad de carbohidratos sintetizados, que las que utilizan la ruta fotosintética estándar<sup>104</sup>. Sin embargo, la tasa global de la fotosíntesis es más lenta, por lo que las plantas CAM crecen más lentamente. Otra limitación es el área fotosintética reducida.

Pero esta ruta metabólica depende también de las condiciones ambientales en las que crece la planta. Las bajas temperaturas favorecen la formación de ácido (a partir de  $\text{CO}_2$ ) y las temperaturas más altas estimulan la liberación de dióxido de carbono del ácido. Las noches frías permiten que el  $\text{CO}_2$  se almacene en forma de ácido, y los días cálidos la mayor parte del  $\text{CO}_2$  se usa en la fotosíntesis.

Las plantas CAM desarrollan metabolismos muy lentos durante las sequías: sus estomas permanecen cerrados tanto de día como de noche y las raíces finas (permeables al agua) se desprenden. El agua almacenada en la planta está esencialmente sellada dentro de ella, y el intercambio gaseoso disminuye en gran medida. Sin embargo se lleva a cabo dentro de los tejidos todavía húmedos con un nivel bajo de la respiración (oxidación de hidratos de carbono en dióxido de carbono, agua y energía). El  $\text{CO}_2$  liberado en la respiración se recicla para sintetizar más hidratos de carbono, y el  $\text{O}_2$  liberado en la fotosíntesis para la respiración. Así, la planta nunca está completamente inactiva, pero su metabolismo es muy lento. El reciclaje no es 100% eficaz, por lo que la planta finalmente agotará sus recursos.

Una planta CAM puede reanudar el crecimiento total en veinticuatro o cuarenta y ocho horas cuando empiezan las lluvias. Los agaves pueden hacer brotar nuevas raíces visibles en solo cinco horas después de la lluvia, lo que las plantas no suculentas lo hacen en un par de semanas. Cuando se produce una corta lluvia de verano, las plantas suculentas pueden aprovechar rápidamente esa humedad antes de que se evapore. Estas plantas pueden absorber agua de suelos mucho más secos, del mismo modo, que pueden continuar con la fotosíntesis en condiciones de baja humedad foliar lo que sería fatal para la mayoría de las plantas.

104 Llamada fotosíntesis C3, porque la primera molécula que acepta un  $\text{CO}_2$  tiene 3 carbonos.



Las plantas suculentas deben protegerse de los animales sedientos, por lo que la mayoría son espinosas, amargas o tóxicas, y a menudo las tres cosas. Pero estos mecanismos no son totalmente infranqueables y los animales acceden al agua de la plantas, evadiendo las espinas o a través de vías metabólicas nuevas para neutralizar las toxinas de ciertas especies o con adaptaciones morfológicas.

La *tolerancia a las sequías* permite a muchas plantas no suculentas sobrevivir meses o incluso años sin lluvia. Aunque los tallos de algunas plantas están tan deshidratados en épocas de sequía que son utilizados como leña madera, todavía están vivos. Durante los períodos secos, las plantas tolerantes a la sequía a menudo pierden sus hojas (lo que reduce su transpiración) y entran en un letargo profundo, con una reducción drástica de su metabolismo, como sucede con algunos animales.

El tercer tipo de adaptación a las condiciones desérticas consiste en *desaparecer durante las épocas secas*. Lo tienen plantas anuales que completan sus ciclos de vida durante las breves temporadas de lluvia, y mueren después de canalizar toda su energía vital en producir semillas. Las semillas son propágulos inactivos con un metabolismo casi cero, y con gran resistencia a las condiciones ambientales extremas. Cuando las condiciones ambientales adversas pasan (que a veces puede durar décadas), las semillas germinan.

FUENTE: Adaptations of desert plants. The Encyclopedia of Earth. [http://www.eoearth.org/article/Adaptations\\_of\\_desert\\_plants](http://www.eoearth.org/article/Adaptations_of_desert_plants)

## EL PROBLEMA DE LA DEFORESTACIÓN

De acuerdo a información del Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), en los últimos 8.000 años alrededor del 45% de la cobertura forestal original de la Tierra ha desaparecido, la mayor parte en el último siglo<sup>105</sup>. Solamente en el período 1990-2000 se estima que el mundo ha sufrido una pérdida neta anual de 8,9 millones de hectáreas, y entre 2000 y 2005 esta pérdida anual fue de 7,3 millones de hectáreas (equivalente al 0,18% de los bosques del mundo). Esto significa que el mundo perdió un 3% de sus bosques en 25 años (de 1990 a 2005). En la actualidad estamos perdiendo alrededor de 200 km<sup>2</sup> de bosque cada día.

El CDB señala que las principales causas (directas o indirectas) son: la conversión de bosques a tierras agrícolas, el pastoreo excesivo, rotación intensa de cultivos, la gestión insostenible de los bosques, la introducción de plantas exóticas invasivas y especies animales, el desarrollo de infraestructuras (como construcción de carreteras, entre otras), desarrollo hidroeléctrico, expansión urbana), la minería y la explotación del petróleo.



Históricamente, la deforestación ha sido mucho más intensa en las zonas templadas, siendo Europa el continente que más ha perdido su vegetación original. Sin embargo, en los últimos 50-100 años, la situación ha cambiado pues las tasas de deforestación son ahora más altas en los países tropicales (UNEP, FAO y UNFF, 2009). Por ejemplo en la década de 1990, Asia tuvo una pérdida neta de bosques de 800.000 hectáreas por año.

En el período 2000-2005, Estados Unidos reportó la mayor pérdida neta de bosque, seguida de África. Los cinco países con mayor pérdida anual neta de superficie forestal en este mismo período fueron Brasil, Indonesia, Sudán, Myanmar y Zambia.

Para el 2009 los bosques cubrían alrededor del 30% de la superficie terrestre como lo muestra la tabla a continuación.

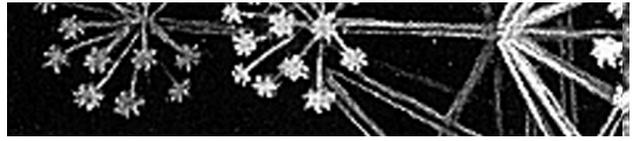
TABLA 9: BOSQUES EN LA SUPERFICIE TERRESTRE (2009)	
Tipos de bosque	% del total
Boreales	33
Bosques húmedo tropical	28
Temperados	11
Subtropicales	9
Otros bosques tropicales (bosques nublados, bosques secos, manglares, etc.)	19

Fuente: UNEP, FAO y UNFF (2009)

En ocho países se concentra el 65% de las zonas forestadas del planeta: Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos, República Democrática del Congo, Australia, Indonesia y Perú. Por otro lado los países que aún poseen bosques primarios -y que concentran entre el 75-80% de estos bosques- son: Brasil, Rusia, Canadá, Estados Unidos, Perú, México, Colombia, Bolivia, Indonesia y Papúa Nueva Guinea.

## BIODIVERSIDAD E HISTORIA GEOLÓGICA DEL NEOTRÓPICO

El neotrópico es una región biogeográfica terrestre que incluye América del Sur, Centroamérica, el Caribe y Florida del Sur, donde se alberga la mayor biodiversidad del planeta. Tradicionalmente se ha explicado la riqueza de la biodiversidad neotropical por factores ecológicos y climáticos. Ahora se ha propuesto nuevas explicaciones, más integradoras, como es su historia geológica. Los períodos que el neotrópico estuvo unido a otros continentes, así como las épocas de aislamiento, explican su gran biodiversidad.



América del Sur formó parte del supercontinente Gondwana y estuvo unida al África hasta hace unos 100 millones de años. A partir del Cretácico empezaron a separarse. Desde fines del Cretácico y gran parte del Terciario, su flora y fauna evolucionó de manera independiente, pues estuvo totalmente aislada como una isla/continente.

La presencia de marsupiales dan cuenta de su primitiva unión con Australia. Algunos eran roedores, otros tenían un solo gran dedo como los caballos, u otros tenían formas gigantescas y eran carnívoros como los grandes felinos actuales. En el Oligoceno, los mamíferos se diversificaron con la llegada desde África de roedores y primates.

En el Cretácico tardío se dieron los primeros contactos entre Centro y Sudamérica al emerger algunas islas. En el Mioceno, se levantó el núcleo de América Central y el istmo de Panamá. El flujo de plantas y animales del Norte, produjo grandes extinciones en América del Sur por la competencia y la depredación.

En el Pleistoceno, los trópicos experimentaron cambios climáticos importantes. La mayoría de Tierras bajas de América del Sur se cubrieron de sabanas con manchas de bosques a lo largo de los ríos, y de refugios de selva en las laderas andinas. Hace 22 mil años, las cuencas del Amazonas y del Guayas estaban habitadas por megafauna de los géneros *Toxodon*, *Mylodon*, *Megatherium* y *Glyptodon* que convivieron con los primeros habitantes humanos sudamericanos. Estos se extinguieron con la entrada de los grandes predadores del norte: el puma y el jaguar.

Al cambiar el hábitat a inicios del Holoceno, las sabanas fueron cediendo lugar a los bosques tropicales. Un tercio de todas las plantas con flores se encuentran en esta región. Aquí se encuentran los bosques tropicales continuos más grandes del mundo. Aunque se asocia al neotrópico con los bosques húmedos tropicales, en esta región hay una gran variedad de biomas; desde las zonas más desérticas del mundo en Atacama, los bosques xerofíticos de México, la puna en las regiones altoandinas, los bosques semiáridos del Chaco, las zonas con más altos niveles de pluviosidad en el planeta como es la región del Chocó o la pampa húmeda argentina.

La bioregión neotropical está dividida en 4 dominios, con base en el tipo de vegetación y fauna presente. Estos dominios son el Caribe, el Amazónico, el Chaqueño y el Andino Patagónico, cada uno con varias provincias biogeográficas.

## EL ECUADOR Y SU BIODIVERSIDAD

El Ecuador es considerado como el país con mayor biodiversidad por unidad de área en el mundo, con 18 mil especies de plantas con flores, 20% de las cuales son endémicas. El mayor número de especies de plantas han sido registradas en



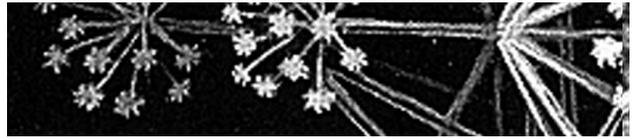
las estribaciones de las cordilleras, con un endemismo en plantas del 13% hasta los 900 metros de altitud y del 39% hasta los 3 000 metros y del 40% por encima de esta elevación (donde dominan los páramos). Solo en los bosques nublados hay más de 3.000 especies de orquídeas, lo que convierte al Ecuador en uno de los países con mayor número de orquídeas. En los bosques de las estribaciones andinas existe mayor diversidad de arbustos y epífitas.

La fauna del Ecuador está conformada por cerca de 370 especies de mamíferos, ocupando el cuarto lugar en América del Sur y el noveno a nivel global. El grupo de mamíferos mejor representado son los murciélagos. Se han identificado 1.618 especies de aves, lo que representa el 17% del total; solo en colibríes o quindes hay 124 especies, lo que equivale al 35% de todas las especies existentes en el planeta. Además se han descrito 525 especies de anfibios (de las cuales 161 están amenazadas)<sup>106</sup>, una de las más altas concentraciones del mundo. La mayoría de estas especies se conocen solamente en áreas de distribución restringidas, especialmente las que habitan el bosque montano.

El ecólogo ecuatoriano Luis Cañadas (1983) clasificó al Ecuador en 24 zonas de vida con base en las características de la vegetación como resultado de las condiciones bioclimáticas en las que estas se desarrollan. Una clasificación más sencilla divide al país en 12 regiones biogeográficas: manglares, bosque seco tropical, matorral seco, bosque decíduo, páramo, matorral andino, bosque húmedo del Chocó, bosque premontano occidental, bosque premontano oriental, bosque montano de occidente, bosque montano de oriente, bosque húmedo tropical amazónico.

El factor más importante que determina la biodiversidad el Ecuador es su posición privilegiada en la región ecuatorial, que determina un clima favorable para el crecimiento de las plantas durante todo el año. Otros elementos son:

1. El levantamiento de los Andes y las glaciaciones del Pleistoceno que crearon barreras biogeográficas, dejando poblaciones aisladas que formaron nuevas especies.
2. Los distintos pisos altitudinales, cada uno con su microclima, tipo de suelo y formaciones vegetales características en la región andina.
3. La existencia de vertientes occidentales y orientales de la cordillera, las mismas que han permanecido aisladas el suficiente tiempo como para desarrollar cada una sus propias especies.
4. La estructura que tienen los Andes ecuatorianos. Cada montaña actúa como una isla, con su biodiversidad única.



5. La actividad volcánica que favorece a la generación de microambientes, que son centros de producción de nuevas especies.
6. Las montañas orientales que por su aislamiento actúan también como islas de vegetación.
7. La Corriente de Humboldt que divide a la costa ecuatoriana en una zona seca al Sur y una zona húmeda al Norte, a la altura del ecuador.
8. La presencia de las islas Galápagos.

## LA ÁREAS PROTEGIDAS Y LA PRIVATIZACIÓN DE LA BIÓSFERA

### CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir.*

*Art. 405.- Las personas naturales o jurídicas extranjeras no podrán adquirir a ningún título tierras o concesiones en las áreas de seguridad nacional ni en áreas protegidas, de acuerdo con la ley.*

En los últimos años hemos asistido a una ola de privatización de áreas estratégicas desde el punto de la biodiversidad, por medio de la compra de tierras para establecer reservas privadas, y un nuevo modelo de manejo del territorio a través de corredores biológicos, cuyas decisiones están en manos de organizaciones conservacionistas internacionales.

Para este tipo de organizaciones, la creación de áreas protegidas -estatales o privadas-, es la piedra angular de la conservación, a pesar de que ha demostrado ser ineficiente y de las evidencias de cómo este mecanismo ha violado los derechos de las poblaciones locales que han ocupado estos territorios por cientos o hasta miles de años. A través de su cabildeo y dinero han influenciado a gobiernos y convenios internacionales para que se otorguen concesiones a empresas privadas -con o sin fines de lucro- muchas áreas naturales estatales.

Las concesiones les permite administrar estas áreas, usarlo como contraparte para la generación de fondos, hacer acuerdos con universidades, empresas extractivas o turísticas, o entrar en el mercado de servicios ambientales. En varios casos, estas grandes transnacionales de la conservación tienen un patrimonio económico mucho más grande que el de los ministerios del ambiente de los



países donde operan; también acceden a fondos públicos, nacionales o internacionales, que antes estaban destinados para el sector público. Es frecuente que reciban dinero por contratos o donaciones de empresas que contaminan y atentan contra la conservación y tienen denuncias de violación a los derechos humanos.

Los corredores biológicos y ecorregiones son espacios territoriales (incluyen con frecuencia a más de un país), apoyados y financiados por organismos internacionales, que suelen estar bajo el tutelaje de transnacionales de la conservación.

A pesar de su pequeño tamaño, en el Ecuador hay 9 iniciativas relacionadas con corredores biológicos<sup>107</sup>. A través de los corredores biológicos, y sus zonas de amortiguamiento, se pretende controlar grandes zonas con importancia desde el punto de vista de la biodiversidad.

Por ejemplo, el *Corredor del Chocó* va desde el norte de Colombia hasta el norte de Perú, atravesando numerosas zonas de vida en la zona costera y los Andes, tiene un área de más de 60.000 kilómetros cuadrados. Está enmarcado en un programa llamado "*Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF)*", en donde participan Conservación Internacional (CI), el GEF, el Gobierno de Japón, la Fundación McArthur y el Banco Mundial. En el caso de la parte ecuatoriana hay otros donantes como el Banco Interamericano de Desarrollo. Se propone un sistema de manejo descentralizado a través de gobiernos locales, pero en la práctica ¿quién tendrá el control completo de este gigante corredor?

El *Corredor Norandino* incluye la zona andina de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Allí, las organizaciones de conservación han establecido sus propias prioridades: crear por lo menos un millón de hectáreas de áreas forestales protegidas, establecer en los páramos al menos 3 sitios Ramsar que cubran una extensión de 500.000 ha. Todo esto pasando por alto la presencia de comunidades indígenas y locales<sup>108</sup>.

Hay corredores más pequeños, pero de gran importancia estratégica como la *Bio-Reserva de El Cóndor*, financiada por el USAID, que incluye a las reservas ecológicas Cayambe-Coca y Antisana y los parques nacionales Cotopaxi y Llanganates. El propósito de esta reserva sería el control del agua (para dotar de agua a Quito), bajo la figura de servicios ambientales<sup>109</sup>. Para que esto sea factible y rentable es necesario excluir a las comunidades indígenas o limitar su acceso al agua.

107 En Venezuela hay 8, en Argentina 7, en Bolivia, Chile y Paraguay 3 en cada uno (CBD Technical Series No. 23).

108 En un mapa de la ecorregión elaborado por WWF (2005) no hay poblaciones indígenas en los Andes Ecuatorianos.

109 Ver: USAID 2005. USAID's Biodiversity Conservation Programs FY 2004. Pág. 72



## LA SUPER URBANIZACIÓN, UN ATENTADO A LA BIÓSFERA

*No hay ningún lugar tranquilo en las ciudades del hombre blanco, ningún lugar donde pueda escucharse el desplegarse de las hojas en primavera o el orzar de las alas de un insecto. Pero quizá sea así porque soy un salvaje y no puedo comprender las cosas. El ruido de la ciudad parece insultar los oídos. ¿Y qué clase de vida es cuando el hombre no es capaz de escuchar el solitario grito de la garza o la discusión nocturna de las ranas alrededor de la laguna? Soy un hombre de piel roja y no lo comprendo.*

*Carta del Jefe Indio Seattle a Franklin Pierce (1854)*

### Art. 415.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes.*

Una de las transformaciones más drásticas de la biósfera fue provocada por la civilización urbano industrial, siendo las mega-ciudades su expresión más extrema<sup>110</sup>

Este modelo civilizatorio es altamente insustentable, y alcanzó su máxima expresión a partir del siglo XX, apoyado por una matriz energética/industrial basada en combustibles fósiles. No es sustentable porque ha llevado al Planeta a una crisis ambiental, climática, alimenticia, económica y social sin precedentes. Ante una probable escasez futura de petróleo, se está buscando nuevas formas de generación de energía, incluyendo un relanzamiento de la energía nuclear, expansión de agrocombustibles y combustibles provenientes de la biología sintética.

En el caso de los agrocombustibles, se profundizará el modelo de agricultura industrial que se ha impuesto en países del Sur sobre grandes extensiones de

110 De acuerdo a Wikipedia, "Una megaciudad es usualmente definida como un área metropolitana con más de 10 millones de habitantes. Algunas definiciones requieren también que tenga una densidad demográfica mínima de 2.000 personas/km<sup>2</sup>. Puede estar conformada por una, dos o más áreas metropolitanas que se han unido físicamente". De las 10 megaciudades más grandes, 7 se encuentran en Asia: Tokio-Yokohama, Japón (35'200.000 hab.); Yakarta, Indonesia (22'000.000); Mumbai, India (21'255.000); Delhi, India (20'995.000); Manila, Filipinas (20'795.000); Seúl, Corea (19'910.000); Shanghái, China (18'400.000). En América Latina están: Sao Paulo, Brasil (20'180.000) y Ciudad de México (20'110.000). Les sigue Nueva York-Nueva Jersey, Estados Unidos (20'610.000).



tierras agrícolas, bosques y territorios indígenas. Este agronegocio resulta de la sumatoria de monocultivos, biotecnología, agrotóxicos, exportación y control de mercados y de a distribución. Nos recuerda el modelo de las plantaciones coloniales que imperaron en América Latina durante el dominio europeo en nuestro continente.

Así, la agroindustria está favoreciendo a la urbanización acelerada y salvaje, que da lugar a la crisis de energía, infraestructura, vivienda, salud y otros servicios básicos, empleo y acceso a los alimentos en las ciudades. La pobreza urbana genera violencia, conflictividad social y el malestar humano que caracteriza a las grandes ciudades del Sur. Este es un proceso global, hegemónico y dialéctico, que ha conducido a una crisis ecológica incuestionable.

Ante este circuito insostenible se proponen, en lugar de respuestas políticas, respuestas tecnológicas. Semillas transgénicas ofrecidas como una solución al "hambre", cuando su propósito final es el control de la producción agrícola, la imposición de los derechos de propiedad intelectual y la mercantilización de la vida y la naturaleza. Se promueve los agrocombustibles, como falsa solución al cambio climático, y sustituto a los combustibles fósiles, sin tener en cuenta cuestiones estructurales de modos de producción y consumo.

Se vacían los campos para llenar grandes conglomerados urbanos que son abastecidos por mercancías transportadas desde distintos lugares del planeta, lo que genera una demanda interminable de energía.

En 2007, distintas organizaciones de la sociedad civil de 5 continentes<sup>111</sup> hicieron las siguientes propuestas como salidas al modelo urbano- industrial:

- Des-urbanizar, para restituir la existencia de la población a escala humana, supliendo las necesidades en el mercado local y con fuentes de energía locales.
- Des-globalizar el comercio y el transporte de mercancías, sobre todo agrícolas y alimentarias, para atacar la principal fuente de consumo de combustibles líquidos: los camiones refrigerados que transportan toda la cadena de carnes y lácteos, los aviones que transportan flores y frutas tropicales; los gigantescos navíos cerealeros movidos a diésel para llevar soja a Europa y a China, etc.; que generan un flagrante balance energético negativo, y que sostiene el discurso ilusorio del "crecimiento".

---

111 Manifiesto de la Sociedad Civil frente a la expansión de los agrocombustibles. "La Geopolítica de los Agrocombustibles. Documento de posición del Sur Global sobre Soberanía Alimentaria, Soberanía Energética y la transición hacia una sociedad post-petróleo". Quito, junio 2007.



- Des-petrolizar la economía, al considerar que la mejor política contra el cambio climático es la eliminación de los combustibles fósiles, dejando el petróleo y el gas en el subsuelo. Eso no debe confundirse con soluciones ficticias como el “descarbonizar la economía” o sea, promocionar el mercado de carbono, los mecanismos de desarrollo limpio y la implementación conjunta que perpetúan el modelo petrolero destructivo, bajo la lógica del mercado.
- Des-centralizar la generación y distribución de energía, a través de tecnologías que no recreen la dependencia, y que garanticen el abastecimiento de acuerdo a las necesidades de la población local, lo que se diferencia de promover la privatización de la energía, aun de fuentes “alternativas” bajo el argumento de “proveer acceso de energía para los pobres”. En otras palabras: recuperar y defender el principio de la energía como un servicio y no un negocio y una mercancía ofrecida en el mercado. En esta línea de argumentación debe construirse la Soberanía Energética.

## LA AGROINDUSTRIA: OTRA AMENAZA A LA BIÓSFERA

Art. 281.7.- CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR

*Será responsabilidad del Estado:  
Precautelar que los animales destinados a la alimentación humana  
estén sanos y sean criados en un entorno saludable.*

Una de las actividades que más modifica la biósfera es la agroindustria, pues ocupa grandes territorios, se expande sobre ecosistemas naturales, y causa erosión de la biodiversidad. La industrialización del agro es consustancial a la expulsión del campesinado (configura una agricultura sin agricultores), a la concentración y privatización de tierras y agua, y en muchos casos genera violencia y militarización.

Entre las agroindustrias que más crecen están la avícola y porcícola que, aunque se concentran espacialmente, requieren de grandes extensiones para la producción de la materia prima para producir los alimentos de los animales. Además necesitan además grandes cantidades de insumos sintéticos. Al respecto, Ana María Rule (2011) señala que

Los cambios en el sistema de producción que hace que el agricultor se vuelve dependiente de las transnacionales, requiriendo de ellas para compra de granos e insumos tales



como fertilizantes y maquinaria pesada. Este modelo crea un sistema de producción que depende de un suministro finito de combustibles fósiles, donde el agricultor tiene muy poco margen de ganancia. La producción de carne contribuye de manera desproporcionada a estos problemas, ya que representa un uso ineficiente de la energía disponible en la cadena alimenticia. Cada eslabón en la cadena trófica representa la pérdida del 90% de la energía disponible. Así, se necesitan 1,000 kg de grano para producir 100 kg de carne que proporcionan 10 kg para consumo humano. Si esos mismos 1,000 kg de grano se destinaran directamente al consumo humano tendríamos 100 kg para consumo humano”.

Y al referirse a la producción intensiva de animales en granjas Rule añade:

Las granjas industriales se definen como Granjas de Producción Intensiva, según el producto que manejan, si procesan más de 1,000 cabezas de ganado, más de 5,000 cabezas de porcino y más de 125,000 pollos por año. Para lograr este nivel de integración, las granjas recurren al uso de métodos industriales, que las hacen dependientes de combustibles fósiles. Esto solo es posible con el uso de economías de escala que centralizan las granjas con especialización de funciones y caseríos cerrados que provocan hacinamiento y concentración de los desechos. Para hacer esto posible, en el caso del ganado vacuno, se ha sustituido su dieta natural a base de pasto por una dieta de grano. Los rumiantes están diseñados para convertir hierba en proteína, y su sistema digestivo necesita forraje para mantener buena salud y óptimo metabolismo. El alimentarlos con granos los hace propensos a enfermedades e infecciones, por lo que en condiciones de producción intensiva requieren de medicamento y hormonas para optimizar su crecimiento. Se trata de un modelo no sostenible que se está exportando a costa de las economías emergentes y los pequeños productores. Beneficia las transnacionales con subsidios y programas que reducen los precios internacionales, pero que no consideran el costo al medio ambiente y la salud como parte de los costos de producción.

La materia prima de esta industria es la soya y el maíz (en su mayoría transgénicos), cuya producción está causando graves impactos ambientales. En los últimos años este agronegocio se ha concentrado en América Latina. Solo la soya ocupa en el Cono Sur una extensión similar a dos veces el tamaño del Ecuador, y toda esa producción se destina para la producción de alimentación animal, en algún lugar remoto (por ejemplo China). Los ecosistemas afectados se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 10: ECOSISTEMAS AFECTADOS POR LA EXPANSIÓN DE LA SOYA		
PAÍS	ECOSISTEMAS AFECTADOS	Proyección para la expansión de soya (en ha)
Argentina	Pampa Húmeda Yungas	25 millones en la pampa húmeda, yungas y Chaco



Bolivia	Amazonía Chaco	1'200.000 en la Amazonía y Chaco
Brasil	Bosques tropicales Cerrado Mata Atlántica Pantanal Catinga	7 millones en el bosque tropical 30 y 40 millones en el cerrado
Paraguay	Pantanal Mata Atlántica Chaco	3'500.000 en el Pantanal, Mata Atlántica y Chaco

Fuente: WWF 2004

La soja se ha expandido a costa de los ecosistemas naturales, pero también de otros cultivos de los que depende la alimentación de la población. Por ejemplo, la soja ha desplazado en Argentina la producción de maíz, frijoles y arroz, entre otros.

A esto hay que sumar los impactos propios de los agrotóxicos y cultivos transgénicos, que ya han sido analizados en otras secciones de este libro.

### LOS CAMINOS DE LA DEFORESTACIÓN EN BRASIL: ¿CÓMO LA SOJA Y LA GANADERÍA ESTÁN DESTRUYENDO LA AMAZONÍA CON LA AYUDA DE LA CFI?

Emily Caruso, Forest Peoples Programme

“En Brasil, en los últimos 60 años la agricultura de la soja se ha expandido de cero a más de 21 millones de hectáreas de tierra cultivada. El cultivo de la soja se inició en los estados sureños más áridos de Brasil, pero ahora se ha extendido a las zonas del centro y el oeste, invadiendo principalmente el cerrado (el bosque de sabana latinoamericano) y en menor medida el bosque tropical de la Amazonía. Uno de los motores de la expansión de la agricultura de la soja ha sido la gigantesca expansión de la ganadería en Brasil, principalmente en los estados de Mato Grosso, Pará y Rondônia. La cantidad de cabezas de ganado aumentó de 26 millones en 1990 a 164 millones en 2004. La Corporación Financiera Internacional (CFI) tiene participación directa, desde hace poco tiempo, tanto en la expansión de la soja como en la explotación ganadera en Brasil.

Tradicionalmente la cría de ganado ha sido identificada como la causa principal de la deforestación en la Amazonía, pero ahora el cultivo de soja ocupa un cercano segundo lugar; a la fecha, ambos factores juntos han provocado el desmonte



de 80 millones de hectáreas de tierra en Brasil (que equivale aproximadamente al 10% de la superficie total del país).

En el año 2003, CIFOR (Centro Internacional de Investigación Forestal) dio a conocer un informe que pone de relieve cómo la causa principal de la deforestación de Brasil fue la rápida expansión de las pasturas para ganado: otra vez la conocida Conexión Hamburguesa. El estudio reveló que entre 1997 y 2003, las exportaciones de carne brasileña se quintuplicaron y que en 2003, por primera vez, el crecimiento de la producción de ganado brasileño -80% del cual está en la Amazonía- estaba dirigido a la exportación.

Simultáneamente, desde el brote de aftosa de 2001, la soja se ha convertido cada vez más en el ingrediente básico de la alimentación del ganado en Europa y los Estados Unidos, y un volumen importante de la producción de soja de Brasil es exportada a Europa –en 2003, las exportaciones de soja representaron el 6% del PBI de Brasil. El gobierno brasileño estima ahora que su producción total de soja alcanzará los 63,6 millones de toneladas en 2005. Así, la superficie de cultivo de soja en Brasil aumentó aproximadamente un 50% en los últimos cuatro años (de 14 millones de hectáreas en 1990 a 21 millones de hectáreas en 2004). El cultivo de soja en la Amazonía ha estado en la raíz de la creciente deforestación directa del cerrado de Brasil, donde se concentra la producción de soja, y de la creciente deforestación indirecta de la Amazonía a través del desplazamiento de actividades vinculadas a la tierra de las zonas invadidas por la soja. Como explica Philip Fearnside, co-autor de un informe publicado en *Science* (21 de mayo de 2004) y miembro del Instituto Nacional de Investigación de la Amazonía en Manaus, Brasil:

“Los productores de soja provocan directamente cierto grado de desmonte. Pero su impacto en la deforestación es mucho mayor por la utilización que hacen de tierras, sabanas y bosques de transición, que obliga a criadores de ganado y agricultores migratorios a internarse aún más en el bosque. La producción sojera también impulsa política y económicamente la construcción de proyectos de infraestructura, que aceleran la deforestación provocada por otros actores”.

Muchos han reiterado el peligro de que la expansión de la soja invada aún más negativamente el ecosistema del bosque tropical húmedo. WWF ha estimado que en 2020, podría destruirse cerca de 22 millones de hectáreas de bosques y sabanas en América Latina como consecuencia de la producción de soja.

Esto no solamente devastaría ecosistemas únicos, sino que pondría en riesgo innumerables integrantes de pueblos indígenas, sus culturas y su supervivencia. En muchas regiones, regímenes poco claros de tenencia de la tierra y la corrupción han sido de gran ayuda para la expansión del negocio de la soja. Los pueblos indígenas se ven amenazados de expulsión de sus tierras ancestrales para



hacer lugar a la soja, mientras que los campesinos sin tierra se ven amenazados con seguir perdiendo territorio y recursos hídricos. De hecho, la agricultura de la soja ha demostrado que altera los sistemas hidrológicos y climáticos locales –y ésta puede ser la razón de que los rendimientos de soja hayan caído en 2003-2004 como resultado de la sequía [...]

A pesar de las graves consecuencias ambientales y sociales de la producción de soja y la cría de ganado, en los dos últimos años, la CFI concedió dos préstamos a la mayor compañía agroindustrial de soja del país, el Grupo Amaggi, y está próximo a aprobar un préstamo a Bertín, el mayor exportador de carne vacuna de Brasil [...]

La CFI ha financiado la expansión de soja a través de una de las compañías de la agroindustria más irresponsables, y propone financiar al mayor grupo ganadero de Brasil. Ambas actividades han demostrado reiteradamente ser no solamente destructivas en gran escala para los frágiles ecosistemas de Brasil, sino también para los pueblos indígenas y los pobres sin tierra. Las políticas de salvaguardia actuales de la CFI y el sistema de control de la sustentabilidad ambiental y social brindan protección inadecuada a los bosques, a los pueblos que dependen de ellos y a los sectores sin tierra. La carencia de la política es, pues, enorme, y obvia. El proceso actual emprendido por la CFI de revisión de las salvaguardias tiene mucho para mejorar y muchas lagunas para resolver antes de que sea aceptado por ONGs, pueblos indígenas y comunidades dependientes de los bosques ...”

FUENTE: WRM. Boletín No. 93, abril de 2005.

La cría industrial de animales viola el derecho que tenemos los seres humanos a un ambiente sano y libre de contaminación, ignora que es responsabilidad del Estado asegurar que los animales sean criados en ambientes saludables; y rompe las cadenas tróficas a través de las cuales, los animales se alimentan de componentes presentes en los ecosistemas naturales, y cuyos desechos pasan a formar parte de los nutrientes que sustenta la vida de las plantas.



## CAPÍTULO 12

### ESA GASEOSA CAPA LLAMADA ATMÓSFERA

*Cómo podéis comprar o vender el cielo, el calor de la tierra?  
Esta idea nos parece extraña.  
No somos dueños de la frescura del aire ni del centelleo del agua.  
Carta del Jefe Indio Seattle a Franklin Pierce (1854)*

#### Art. 414.- CONSTITUCIÓN DE ECUADOR

El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

La atmósfera, como la conocemos hoy, fue generada por la vida en la Tierra. Hace cuatro mil millones de años había una atmósfera con hidrógeno y helio fundamentalmente, formando una especie de nebulosa solar, de la que había surgido (Acot, 2003).

Cuando nacía la Tierra tuvieron lugar varios acontecimientos muy violentos como la formación de la Luna a consecuencia del choque de un gran astro contra el planeta, mientras en el Sol se desencadenaban grandes tormentas solares. Esto cambió por completo la composición de la atmósfera primitiva, dando lugar a una segunda atmósfera compuesta principalmente por metano, CO<sub>2</sub>, nitrógeno molecular, vapor de agua y ácido sulfhídrico. Esta atmósfera carecía de oxígeno pues es un elemento muy reactivo y siembre estaba formando compuestos con otros elementos. Los gases presentes provenían del interior de la Tierra primigenia por las continuas erupciones volcánicas que estaban en proceso de desgasificación y las fuentes de agua caliente y, posiblemente desde fuera, por contribuciones de los cometas y meteoritos que impactaban en la Tierra.

La atmósfera actual es el resultado de la acción de los seres vivos que surgen hace millones de años en el Precámbrico, quienes disociaban las moléculas de metano, CO<sub>2</sub>, agua, ácido sulfhídrico y, posteriormente oxígeno, cuando aparecen los organismos fotosintéticos. Se instaura así la conjunción seres vivos-clima (Acot, 2003). El nitrógeno atmosférico es otro producto de la actividad de los seres vivos durante el proceso de descomposición de los compuestos nitrogenados. En



las condiciones del joven planeta, la vida era posible solo dentro del agua, pues aún no había la capa de ozono que filtra los mortales rayos ultravioleta.

Al inicio el Sol era 25 veces menos intenso que hoy, pero el planeta no era frío debido a la gran cantidad de gases que provocaban un efecto invernadero. El calor solar era retenido dando a la Tierra una temperatura promedio de 60 °C. Las fuertes lluvias ácidas ricas en  $\text{CO}_2$  –que evitaban el sobrecalentamiento<sup>112</sup> erosionaron los silicatos de la corteza terrestre formando compuestos (por ejemplo bicarbonatos) que fueron arrastrados hasta el océano primitivo donde se depositaba y formaban sedimentos de caliza y silicio. La formación de los continentes modificó el albedo planetario y la temperatura fue disminuyendo, también probablemente debido a las constantes erupciones volcánicas que oscurecían la atmósfera.

## EL ALBEDO

El albedo es la capacidad que tiene superficie de reflejar una radiación incidente. Se expresa en el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las opacas.

El albedo de la Luna es de 7%, el de Mercurio del 6% y el de Venus del 70%. El albedo medio de la Tierra varía entre 37 y 39% de la radiación que proviene del Sol. La nieve reciente tiene un albedo del 86%, las nubes brillantes del 78%, los desiertos del 21% y la ceniza volcánica 7%.

La radiación total (= radiación global) que llega a la superficie terrestre se compone de la suma de la radiación solar (la más importante) y la radiación difusa del universo. Al borde externo de la atmósfera terrestre llega una radiación que equivale a 1,35 KW/m<sup>2</sup>. solo algo más de un 60 % de esta energía llega hasta el nivel del mar en las latitudes medias.

FUENTE: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Albedo.htm>

## LA ESTRUCTURA DE LA ATMÓSFERA

La atmósfera es la parte más externa, gaseosa y menos densa del planeta, con tan solo mil kilómetros de espesor. Está sujeta a la superficie gracias al peso de las moléculas de gas y a la gravedad. La densidad de los gases desciende rápidamente

112 Como ocurre en Venus, donde la temperatura en la superficie es de 450 °C.



con la altura: el 75% de masa atmosférica se encuentra en los primeros 11 km de altura, desde la superficie del mar, y la mitad en los primeros 5 kilómetros.

Los principales elementos que componen la atmósfera son el nitrógeno (78%), el oxígeno (21%) y el resto otros gases. Esta mezcla que forman los gases de la atmósfera recibe genéricamente el nombre de "aire".

La atmósfera está formada por capas. La inferior es la *tropósfera*, que va desde la superficie (tanto terrestre como acuática o marina). Tiene una ancho variable desde los 8 km en las zonas polares hasta los 18 o 20 km en la zona intertropical. En la tropósfera suceden los fenómenos que componen lo que llamamos *tiempo meteorológico*. La zona más baja de la tropósfera se denomina la capa geográfica, que es donde se producen la mayor proporción de fenómenos geográficos y biológicos. La temperatura de la troposfera disminuye con la altitud, salvo en los casos de inversión térmica, que se producen por causas locales o regionales específicas.

La segunda capa es la *estratosfera* que está dispuesta en estratos más o menos horizontales que van desde 9 hasta 50 km de ancho. A diferencia de la tropósfera, a medida que se sube, la temperatura en la estratosfera aumenta, debido al calor que se genera cuando los rayos ultravioleta transforman el oxígeno en ozono. Se forma allí la *capa de ozono*<sup>113</sup> u *ozonósfera* que contiene una concentración relativamente alta de ozono, y se extiende aproximadamente entre los 15 y los 40 km de altitud. Reúne el 90% del ozono presente en la atmósfera y absorbe del 97% al 99% de la radiación ultravioleta de alta frecuencia.

La *mesósfera* es la tercera capa de la atmósfera de la Tierra. Se extiende entre los 50 y 80 km de altura, contiene solo el 0.1% de la masa total del aire. Es la zona más fría de la atmósfera, pudiendo alcanzar los -80 °C. Es importante por la ionización y las reacciones químicas que ocurren en ella. La baja densidad del aire en la mesósfera determina la formación de turbulencias y ondas atmosféricas que actúan a escalas espaciales y temporales muy grandes.

En la *termósfera* o *ionósfera* se ubica entre los 69/90 km y los 600/800 km. A esa altura el aire es muy tenue. La temperatura cambia con la mayor o menor radiación solar tanto durante el día como a lo largo del año. Si el sol está inquieto, las temperaturas en la termósfera pueden llegar a 1.500° C e incluso más altas. En esta capa atmosférica la mayor parte de las moléculas se encuentran ionizadas por la acción de las radiaciones solares de alta energía (rayos X y rayos gamma).

113 La capa de ozono fue descubierta en 1913 por los físicos franceses Charles Fabry y Henri Buisson. Sus propiedades fueron examinadas en detalle por el meteorólogo británico G.M.B. Dobson, quien desarrolló un sencillo espectrofotómetro que podía ser usado para medir el ozono estratosférico desde la superficie terrestre. Entre 1928 y 1958 Dobson estableció una red mundial de estaciones de monitoreo de ozono, las cuales continúan operando en la actualidad. La Unidad Dobson, una unidad de medición de la cantidad de ozono, fue nombrada en su honor.



Los gases ionizados absorben la radiación ultravioleta por lo que la temperatura alcanza valores muy elevados (estas temperaturas no pueden ser registradas con los termómetros habituales por la muy baja densidad del medio en que se producen). En la ionósfera se producen unos fenómenos luminosos denominados auroras (boreales y australes), producidos por partículas subatómicas procedentes del sol (viento solar) canalizadas por las líneas de fuerza del campo magnético terrestre.

La última capa de la atmósfera de la Tierra es la *exosfera* (600/800 km – 2.000/10.000 km). Esta es el área donde los átomos escapan hacia el espacio.

## LAS FUNCIONES DE LA ATMÓSFERA

Los temas atmosféricos han entrado en las negociaciones internacionales ambientales sobre todo por la pérdida de la capa de ozono y por el cambio climático. Lamentablemente, en este último escenario, los debates a nivel internacional se reducen únicamente al componente de “emisiones” y de “temperatura”, cuando el clima es el resultado de un sistema sumamente complejo y todavía poco entendido. La visión reduccionista con la que se ha tratado este tema ha significado que no se obtengan resultados para desacelerar e calentamiento global, y que se creen mecanismos para la privatización de la atmósfera.

La atmósfera posibilita la vida en la Tierra, porque:

- Regula las variaciones, diurna y nocturna, de la temperatura, debido a la acción de algunos gases como el vapor de agua y el dióxido de carbono, que controlan la salida de las radiaciones infrarrojas hacia el espacio exterior, evitando que la temperatura descienda bruscamente por la noche.
- La atmósfera es un escudo protector contra los impactos de enorme energía que provocarían aún pequeños objetos espaciales al colisionar a altísima velocidad la superficie del planeta.
- En la atmósfera se encuentran los gases necesarios para la vida: el oxígeno y el dióxido de carbono. Estos gases son esenciales para la respiración y la fotosíntesis.
- Filtra el ingreso de las radiaciones ultravioletas (UV) y otras radiaciones de menos de 300 nm, que son las más energéticas y más perjudiciales para los seres vivos, por lo que no alcanzan la troposfera.



## RADIACIONES UV

La radiación solar es uno de los principales factores ambientales que inciden en la vida en nuestro planeta. Esta radiación controla el funcionamiento de los ecosistemas terrestres y acuáticos, tanto a través del control de procesos fotobiológicos (fotosíntesis, fotoperíodo, fototropismos, etc.), como por medio de su acción sobre otros factores ambientales (temperatura, humedad, etc.) y sobre los ciclos naturales (ciclos diarios, anuales, hídricos, etc.) que finalmente inciden en la distribución de los organismos. La radiación que llega a la Tierra abarca una amplia gama del espectro electromagnético y aproximadamente el 40% de ella es la que conocemos como luz o radiación visible. Esta comprende:

- Longitudes de onda que van de los 400 a los 700 nm<sup>114</sup>, rango que abarca lo que el ojo humano es capaz de "ver". Son las radiaciones que se extienden desde la longitud de onda de 400 nm (el violeta) y la de 700 nm (luz roja), y que por ser usadas por los vegetales en el proceso de la fotosíntesis, también se les denomina radiación PAR (radiación fotosintética activa). Por encima y por debajo, está la radiación infrarroja y ultravioleta, respectivamente, que no son perceptibles por el ojo humano.
- Otro rango de esta radiación electromagnética es el que va de los 280 nm a los 1000 nm, conocido como rango fotobiológico ya que comprende longitudes de ondas más allá de la radiación PAR, y que son de importancia en otros procesos fotobiológicos bajo control de fotorreceptores específicos, como por ejemplo los fitocromos.

A comienzo del siglo XIX, Johannes Ritter descubrió que el sol, además de luz visible, emite una radiación "invisible" de longitud de onda más corta que el azul y el violeta. Esa banda recibió el nombre de "ultravioleta". Esta radiación solar, la cual ha hecho posible la vida sobre nuestro planeta, puede ser perjudicial en altas intensidades o cuando la proporción de ondas cortas aumenta por sobre determinados límites. Altas intensidades de radiación y cambios en la composición espectral pueden afectar importantes procesos en los organismos, en particular en los vegetales que, por no poder moverse se ven forzados a adaptarse a tales condiciones. Uno de los principales cambios sucedidos en este último tiempo ha sido el aumento de la radiación UV-B, debido a destrucción de la capa de ozono por compuestos contaminantes como los clorofluorocarbonos (CFC), óxidos de nitrógeno, cloro, bromo, etc. Estos compuestos tienden a formar compuestos estables con el ozono (O<sub>3</sub>), con una vida media de 50 a 150 años. La radiación UV-B está comprendida entre las longitudes de onda 280 y 320 nm.

114 Un nanómetro (nm) es 10<sup>-9</sup> metros. Por ejemplo, una molécula de agua mide 1 nm.



Los otros componentes de la radiación UV son la radiación UV-C, comprendida entre los 200 y 280 nm, y la UV-A entre los 330 y 400 nm. Esta última radiación es poco absorbida por el  $O_3$ , por lo que llega en mayor cantidad a la superficie de la Tierra y constituye una importante señal fotomorfogénica en las plantas y es la menos dañina. Por el contrario, la UV-C es la más energética y dañina para el ADN. Sin embargo, por ser la más absorbida por el oxígeno ( $O_2$ ) y el  $O_3$  de la estratosfera prácticamente no llega a la superficie terrestre.

A pesar de que la radiación UV-B comprende una pequeña región del espectro electromagnético, su acción sobre plantas y animales es considerable. Esto principalmente debido a que importantes biomoléculas como proteínas y ácidos nucleicos, por presentar electrones  $n$  la absorben fuertemente. Numerosos son los efectos atribuibles a esta radiación, la cual ha estado desde siempre presente en el ambiente. Así, las plantas desde temprano en su evolución han debido adaptarse a su presencia y desarrollar mecanismos capaces de disminuir sus efectos adversos. Por tal motivo, desde el descubrimiento del denominado "agujero" de ozono en la Antártica, el interés por estudiar los principales efectos de la radiación ultravioleta-B sobre los vegetales ha aumentado considerablemente. Estos efectos se pueden clasificar en efectos anatómo-morfológicos, metabólicos y moleculares.

FUENTE: Libertad Carrasco-Ríos. (2009). Efecto de la radiación Ultravioleta-B en plantas. Volumen 27, N° 3, Páginas 59-76 IDESIA (Chile).

El uso de compuestos que degradan la capa de ozono (como el bromuro de metilo), cambian la estructura de la atmósfera y alteran sus funciones.

## LA ATMÓSFERA Y LA REGULACIÓN DEL CLIMA

En la atmósfera tienen lugar los principales fenómenos meteorológicos, como la presión atmosférica, la temperatura, el viento, la presencia de nubes y las precipitaciones. Las características concretas de temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitaciones, viento, etc., en un momento determinado es el *tiempo atmosférico* (que es irregular y cambiante). El *clima* es el conjunto de fenómenos meteorológicos característicos de una zona determinada en un período largo.

Los cambios del tiempo se deben principalmente al movimiento de grandes masas de aire con diferentes temperaturas. Cuando se encuentran y chocan se producen precipitaciones y tormentas denominan *frentes*, que son límites de



contacto entre las masas de aire frío y caliente. Un *frente frío* se forma cuando una superficie frontal de aire frío desplaza al aire caliente en superficie. Como la masa de aire frío es más densa, “ataca” al aire caliente por debajo, lo levanta, lo desaloja y lo obliga a subir sobre la empinada superficie frontal, produciéndose abundantes nubes de desarrollo vertical. En un *frente cálido*, el aire caliente avanza sobre el frío, pero al ser este último más pesado, se pega al suelo y, a pesar de retirarse la masa fría, no es desalojada totalmente, de manera que el aire cálido asciende suavemente por la superficie frontal que hace de rampa. En general en un frente cálido la nubosidad es estratiforme y las precipitaciones menos intensas que en un frente frío.

La presión que ejerce el aire sobre la Tierra se llama *presión atmosférica*<sup>115</sup> la que disminuye rápidamente con la altitud. Las diferencias de calentamiento del aire entre unas zonas y otras, provoca un movimiento de convección<sup>116</sup> del aire que determina la aparición de zonas de altas presiones (donde el aire es relativamente frío, por tanto más denso y tiende a descender), y zonas de bajas presiones (en donde el aire cálido y menos denso tiende a ascender). Las zonas de altas presiones se conocen como *anticiclones*. Las borrascas o *ciclones* son zonas de bajas presiones, en las que la presión aumenta hacia fuera. Las diferencias de presión provocan un movimiento horizontal del aire (viento) desde las zonas de altas presiones hacia las de bajas. Cuanto mayor es el gradiente de presión, más intenso será el viento.

La *radiación solar* calienta la superficie terrestre y se transforma en radiación infrarroja que calienta la atmósfera. En las zonas intertropicales, por situarse perpendicularmente a la radiación solar, reciben mucha más energía por unidad de superficie que las zonas polares.

Al ser el fluido aire, experimenta una circulación convectiva que es el origen de los *vientos*. Existen tres células convectivas en cada hemisferio. En el ecuador el aire caliente (menos denso) asciende y se ve obligado a avanzar hacia el N y hacia el S, por las capas altas de la atmósfera. Entre los 20° y los 30° el aire, ya enfriado se desploma hacia la superficie y circula por ella hacia el ecuador y hacia los polos. En los polos el aire frío desciende y circula por la superficie (frente polar) hacia el ecuador hasta que choca con el aire cálido procedente de las zonas tropicales. En esta zona, que corresponde a las regiones templadas, existe un cinturón de bajas presiones como consecuencia del ascenso del aire

---

115 Existen diversas unidades de medida de la presión atmosférica. El kilopascal, el milibar, etc. Se usa comúnmente la unidad de presión denominada atmósfera equivalente a la presión que ejerce la atmósfera terrestre al nivel del mar que es 1 atm. A medida que aumenta la altitud este valor disminuirá.

116 La convección es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido (líquido o gas) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.



caliente procedente de los trópicos sobre el aire frío del frente polar. En la circulación general influye también la fuerza de Coriolis, que se debe a la rotación de la Tierra y hace desviarse cualquier objeto, en dirección norte-sur. Debido a esta fuerza desviadora los vientos de las células convectivas no se desplazan de forma oblicua, formándose los vientos Alisios del NE, vientos occidentales del SO y levantes polares.

El *agua* se enfría y calienta más lentamente que la tierra y, debido a ello, en las zonas costeras el clima es más suave y con bajas oscilaciones, al contrario que las zonas continentales, alejadas de los océanos. Durante el día el aire circula del mar hacia la costa, haciendo descender la temperatura, y en la noche ocurre lo contrario. La cantidad de vapor de agua que puede contener el aire varía con la temperatura, el aire caliente puede contener más humedad que el aire frío. Cuando la humedad es alta, y si existen núcleos de condensación (partículas de polvo, aerosoles<sup>117</sup>), se formarán nubes y luego, la precipitación.

La cantidad de agua presente en la atmósfera determina la *formación de las nubes*. Mientras el aire caliente aumenta la cantidad de vapor de agua existente en la atmósfera, el aire frío hace el efecto contrario. La manera que tiene la atmósfera de expulsar el vapor de agua sobrante es condensándolo, primero en forma de nubes y luego en forma de precipitación. El aire caliente, que contiene mucho vapor sube a las zonas altas y pierde presión, por lo que se expande y por tanto se enfría, lo que implica que no pueda contener tanto vapor de agua, hasta que en un momento se forman las nubes, que es cuando se alcanza el denominado *punto de rocío*.

Las nubes están formadas por una suspensión de gotas de agua en continuo movimiento ascendente y descendente, motivado por la ascensión del aire. Cuando la concentración de gotas de agua es tan grande que el aire es incapaz de elevarlas, se produce la lluvia. Cuando el aire se enfría por la noche, se produce la condensación de gotas de agua que conocemos con el nombre de rocío.

Una de las fuentes más importantes de formación de núcleos de condensación de nubes es el dimetil-sulfuro (DMS). Es formado por la actividad del fitoplancton que excreta DMS –la forma más volátil de sulfuro- y resultado de la descomposición microbiana en el océano. Una vez en la atmósfera, el DMS se oxida en forma de aerosoles de sulfato<sup>118</sup>. La tasa de formación de DMS depende de la ventilación de la atmósfera, de la ruptura microbiana del DMS en la columna de

117 Un aerosol es un conjunto de partículas microscópicas, sólidas y líquidas que se encuentran en suspensión en el aire durante al menos una hora.

118 Charlson R.J. et al (1987). Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, clouds, albedo and climate. Nature Vol. 326 pp. 655



agua, de la densidad del fitoplancton y de su capacidad de degradar DSM. Las algas que más excretan DMS pertenecen al grupo de los Coccolithophre<sup>119</sup>

## EL FENÓMENO DE EL NIÑO Y LA NIÑA

La Oscilación del Sur El Niño (ENSO, por sus siglas en inglés), conocida como el Fenómeno del Niño, se refiere a la aparición de aguas superficiales relativamente más cálidas de lo normal desde sectores del Océano Pacífico Central y Oriental, hasta las costas del norte de Perú, Ecuador y el sur de Colombia; es un fenómeno meteorológico con intervalos irregulares que van de dos a siete años, y dura entre doce y dieciocho meses en promedio.

El nivel del mar aumenta unos 10 cm y se produce un hundimiento de la termoclina en el Pacífico Occidental (línea que separa las aguas frías ricas en nutrientes, de las cálidas, más pobres) que impide el afloramiento de las aguas profundas, reduciendo considerablemente la productividad biológica y dando lugar a una inmigración de peces. Estas aguas cálidas facilitan el aumento de los movimientos convectivos de humedad, generando un aumento de las precipitaciones en esta zona litoral caracterizada por ser de un clima seco y vegetación desértica, ocasionando situaciones de emergencia para los países ubicados en esta zona.

La Niña, (o Anti-Niño) consiste en un enfriamiento de las aguas del Pacífico Tropical Oriental. Este fenómeno se presenta una vez que las condiciones que caracterizan a El Niño se van debilitando, y durante su manifestación, el comportamiento climático tiende a volver a su normalidad, pero en realidad, cambia bruscamente, tornándose ahora inverso con una intensidad considerable. La Niña cierra un ciclo completo que puede ir de 2 a 7 años. Durante los episodios de La Niña la temperatura es inferior a lo normal.

La anomalía térmica de la superficie oceánica altera el clima habitual de la costa de Sur América (Chile, Perú y Ecuador) y los archipiélagos del Pacífico como las Galápagos. Se producen fuertes lluvias o sequías. Esas variaciones de temperatura pueden provocar fluctuaciones importantes del clima en el mundo entero y, una vez comenzadas, esas anomalías pueden durar un año, o incluso más.

Anteriormente se creía que el apareamiento de El Niño o La Niña se debía únicamente al calentamiento o enfriamiento de las aguas del Pacífico Oriental, desconociendo la fuerte interacción océano-atmósfera. Hoy se sabe que El Niño y La Niña cobijan, tanto variaciones oceanográficas, como climatológicas; así, la Oscilación del Sur está determinada por una serie de anomalías en los patrones climáticos y atmosféricos locales y regionales.

119 Algas protistas unicelulares, que forman unas escamas de carbonato de calcio.



El fenómeno El Niño ha ocurrido desde hace más de 13.000 años, pues hay pruebas geológicas de sus efectos en las costas suramericanas. Documentos escritos de la época colonial peruana que relatan la aparición de extrañas lluvias torrenciales en zonas desérticas del norte de Perú dan cuenta de que la presencia del fenómeno es conocida aproximadamente desde hace 400 años. Los incas, desde mucho tiempo atrás, sin saber el origen físico-oceánico de El Niño, ya conocían las variaciones que generaba y adaptaban su sociedad, y sus hábitos, a la ocurrencia de las abundantes lluvias que traía su llegada; ellos construían sus ciudades en las cimas de las colinas, el alimento lo almacenaban en las montañas y cuando realizaban construcciones en la costa lo hacían alejados de los ríos.

FUENTE: Organización Meteorológica Mundial (2008).

## LOS ORGANISMOS DEL AIRE

La vida surgió en el ambiente aéreo hace unos cuatrocientos millones de años. Vivir en un medio gaseoso obliga a los organismos a resolver importantes problemas, como evitar la desecación, desarrollar estructuras para mantenerse erguidos en un medio poco denso, o para no ser arrastrados cuando sopla el viento. A pesar de ello, el medio aéreo se ha mostrado muy apto para la vida y hay infinidad de especies que aprovechan la resistencia del aire, para moverse y dispersarse, o para captar la energía radiante, que en la atmósfera se transmite mejor que en el agua.

Muchos de los organismos que viven en el medio aéreo se desplazan apoyándose en el terreno, pero algunos han desarrollado estructuras para volar o para flotar en el aire. Los insectos llegan a centuplicar su metabolismo en el momento del vuelo, alcanzando velocidades de entre 8 y 60 km/h. Las aves suelen volar a 45 - 90 km/h, aunque se han medido velocidades de hasta 180 km/h en vencejos.

Muchas plantas y algunos animales usan estructuras para diseminarse, que flotan o son arrastradas por el viento. Así sucede con las esporas, los granos de polen, algunas semillas, pequeñas arañas que lanzan su hilo hacia arriba que es arrastrado por el viento, etc.

## ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES Y MOSQUITOS TRANSGÉNICOS

Entre los organismos que tienen al aire como su hábitat se encuentran también los insectos que son vectores de algunas enfermedades como el dengue, la malaria, entre otros. Sin embargo, las epidemias del cólera y el dengue en el



Perú, son socialmente producidas, como lo señala Marcos Cueto:

“En el caso del dengue la enfermedad se debía al incremento de la miseria y también a los pésimos sistemas de agua de uso doméstico que obligaba a los moradores urbanos a conservarla en reservorios domésticos precarios y contaminados. A ello se sumaban las precarias condiciones de vivienda en lugares como Comas con dormitorios y ventanas sin la protección de telas metálicas ni mosquiteros y en las que predominaban los pisos de tierra” Cueto (2009).

Pero, en lugar de atacar el origen del problema, lo que se propone para enfrentar estas epidemias son medidas tecnológicas. Una de las más alarmantes es la liberación de insectos transgénicos en las zonas afectadas por la enfermedad<sup>120</sup>

Los mosquitos modificados genéticamente liberados se cruzarán con hembras silvestres (que son las que pican y transmiten la enfermedad) para que la mayoría de la descendencia muera en estado larval y se supone que así se reduciría la incidencia de la enfermedad.

A pesar de que se la promociona como ambientalmente segura, la aplicación de esta tecnología puede desencadenar varios impactos negativos: los mosquitos transgénicos van a interactuar con otras especies de mosquito, con predadores y presas, con diversos virus con consecuencias poco predecibles y quizás negativas. Incluso se cree que el virus del dengue podría evolucionar para volverse más virulento por efecto de la transgénesis.

Para la producción de machos transgénicos que se van a liberar, siempre se necesitan hembras transgénicas. Los machos son separados de las hembras en fase de pupa pues se supone que las cápsulas de los machos son más pequeñas que las de las hembras, pero se ha visto que pueden haber hembras más pequeñas o machos más grandes, por lo que en una población de un millón de insectos, es muy probable que se infiltren hembras, capaces de transmitir el dengue y los genes letales. Se cree que entre el 5 al 15% de las hembras pueden “infiltrarse” y se liberadas al ambiente.

Los mosquitos transgénicos contienen un interruptor genético que es activado en presencia del antibiótico tetraciclina. Si el ambiente está contaminado con tetraciclina, las larvas de los mosquitos transgénicos (machos y hembras) sobrevivirán, alcanzarán la madurez y podrán reproducirse libremente. Las hembras sobrevivientes tendrán la capacidad de picar a humanos. La tetraciclina es un antibiótico usado ampliamente en plántulas avícolas y porcícolas, los mismos que aumentan de manera creciente en todo el mundo.

120 Tecnología desarrollada por la empresa británica Oxitec.



Los mosquitos transgénicos afectan los ciclos biológicos naturales de otras poblaciones de insectos, y atentan contra la salud humana.

## EL AIRE Y EL SONIDO

El aire es una de las formas más importantes de propagar el sonido. Éste se produce por las variaciones de presión de unas determinadas frecuencias. *El sonido es utilizado por muchos animales como medio de comunicación.* Esta es la forma como se comunican insectos y otros invertebrados. Hay también muchos anfibios, aves y mamíferos que producen sonidos como una forma de comunicación. Por ejemplo, en el bosque tropical, se escucha una gran cantidad de sonidos cuando se oculta el sol.

Cuando la frecuencia de un *sonido* es mayor de 20.000 hercios se trata de ultrasonidos. Los murciélagos utilizan los ultrasonidos para localizar objetos en la oscuridad, para lo cual tienen apéndices nasales y grandes orejas con un complemento a esta adaptación; el ultrasonido rebota en los objetos -inclusive los muy pequeños- y vibran produciendo ondas sonoras de alta frecuencia, inaudible para los humanos que las receptan los murciélagos para poder orientarse en su vuelo. Esta es la base de los radares.

Los sonidos muy fuertes provocan *contaminación acústica* que generan problemas que van desde el sentimiento de desagrado y la incomodidad hasta daños irreversibles en el sistema auditivo. Los ruidos altos se vuelven dañinos a 75 dB-A y pueden causar dolor alrededor de los 120 dB-A, e inclusive la muerte cuando llegan a 180 dB-A. El límite de tolerancia recomendado por la Organización Mundial de la Salud es de 65 dB-A.

La contaminación acústica no solo afecta a los seres humanos, también es uno de los problemas que afecta a la presencia, densidad y diversidad de la fauna silvestre. Los efectos del ruido y las vibraciones persistentes sobre la fauna provocan que se interrumpa la comunicación acústica, lo que produce cambios en el comportamiento de apareamiento, búsqueda de alimento, señales de advertencia y cuidado de la cría en ciertas especies.

El efecto de la contaminación sonora se pone en evidencia en las ciudades, de donde escapan varias especies de aves en algunos casos exponiéndose a la extinción, mientras otras se adaptan a las nuevas circunstancias. En un estudio hecho en la ciudad de Puebla – México, por un grupo de investigadores de la Universidad de las Américas Puebla y el Instituto Vasco de Investigación y Desarrollo Agrario, se encontró que en los parques y plazas de esa ciudad que registraban



niveles medios de ruido entre 54,5-72 decibelios y se encontró un número de especies de aves bajo. Mientras que en los campus universitarios con un registro de 53-58,5 db, y en una reserva ecológica con 38,4 decibelios, había presencia de un mayor número de especies de aves<sup>121</sup>

Hay casos excepcionales de adaptación como el de varias aves europeas, que viven en medios urbanos con altos niveles de contaminación acústica, que han modificado el tono y la longitud de su canto, para comunicarse mejor. Se cree que dado que el 30% de la fauna ornitológica neotropical tiene cantos simples, que no son aprendidos, posiblemente no puedan desarrollar estas adaptaciones a los ruidos, afectando sus poblaciones. El canto es un elemento indispensable para muchísimas aves y, al verse alterado el proceso de cortejo y comunicación, se puede generar un desequilibrio entre canto y preferencia sexual de las hembras con graves consecuencias en la viabilidad de esas poblaciones.

Durante las distintas fases de operación petrolera se producen ruidos constantes o detonaciones, como durante la prospección sísmica; efectos similares se dan en la actividad minera. Esta contaminación acústica es de tal magnitud, que hay desplazamiento de fauna por efecto del ruido y muerte de peces, cuando las detonaciones son en el agua (Patin, 1999).

En estudios sísmicos en el mar se utiliza disparos que tienen un considerable efecto sobre la fauna marina. El sonido bajo el agua puede tener un impacto de hasta 10 km a la redonda. Estudios al respecto evidencian impactos en peces y larvas de importancia comercial, especialmente cuando la prospección se lleva a cabo en aquellas áreas en las que las especies cumplen ciclos biológicos cruciales (Patin, 1999).

Hay una afectación además sobre aves y mamíferos marinos, especialmente cetáceos que usan sofisticados sistemas de comunicación para orientación, apareamiento y para atrapar alimentos (UK Biodiversity Action Plan). Por influencia del ruido, se ha detectado fallas en su fisiología auditiva, alteración en las respuestas frente a condiciones de estrés, aumento en la hipertensión y un desbalance endocrino<sup>122</sup>

La contaminación sonora afecta a los seres humanos y a las comunidades que se comunican a través de los sonidos.

121 [http://noticiasdelaciencia.com/not/2772/la\\_contaminacion\\_acustica\\_reduce\\_la\\_presencia\\_de\\_pajaros\\_en\\_las\\_ciudades/](http://noticiasdelaciencia.com/not/2772/la_contaminacion_acustica_reduce_la_presencia_de_pajaros_en_las_ciudades/)

122 En mayo del 2012 aparecieron muertos cerca de 900 delfines en las costas del norte de Perú. Los biólogos marinos responsabilizan de estas muertes a las exploraciones sísmicas que se dieron mar adentro.



## LA EVOLUCIÓN DE LOS HONGOS

Los hongos son conocidos por haber desarrollado formas distintas y novedosas de dispersión de sus esporas.

El linaje que incluye a los hongos y animales se separó de otros eucariontes hace mil millones de años. No existen fósiles de hongos, por lo que todos los estudios evolutivos se hacen a través de “datos moleculares”. Cuando los hongos se separaron para conformar un nuevo reino, desarrollaron esporas sin flagelos y mecanismos de dispersión a través del viento.

Así lo muestra un informe publicado en la revista *Nature* por investigadores de la Universidad de Duke<sup>123</sup>, quienes encontraron evidencias de que los ancestros de los champiñones, líquenes y otros hongos, habrían perdido su flagelo en diferentes ocasiones cuando evolucionaron al pasar del agua hacia ambientes terrestres. La pérdida del flagelo coincide con la evolución de nuevos mecanismos de dispersión de sus esporas, como la dispersión aérea.

Este equipo de investigación plantea la hipótesis de que los hongos llamados chitridiomycetes, con esporas flageladas auto-propulsoras, están cercanamente relacionados con aquellos hongos con esporas sin motilidad pero con mecanismos “explosivos” de dispersión. Un ejemplo constituyen los champiñones que disparan esporas que pueden regenerarse dondequiera que caigan. Los hongos contemporáneos aunque estén enraizados en el suelo usan este mecanismo u otros más pasivos, a través del viento. Las esporas de los hongos tipo trufa producen esporas en masas olorosas para atraer a insectos o mamíferos que les ayudan a dispersarlas. Todos los linajes de hongos terrestres tienen algún mecanismo original de dispersión de sus esporas, y los hongos acuáticos sobrevivientes, no se quedan atrás con sus propias adaptaciones.

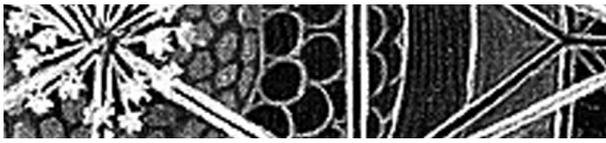
Las investigaciones llegan aún más lejos. A inicios de la década del 90, se obtuvieron datos conclusivos que mostraban que los hongos y los animales eran parientes cercanos. Los primeros organismos que se separaron para formar el Reino Fungi eran parásitos muy similares a los modernos chitridiomycetes del género *Rozella*. Sus ancestros eran organismos muy parecidos a los microsporidia<sup>124</sup>, que no tienen esporas con la capacidad de nadar, pero que inyectan sus esporas a través de un largo tubo en una célula receptora.

El mapa genético muestra que los animales evolucionaron a partir de los hongos.

---

123 James et al. 2006. *Nature* 443: 818-822

124 Los microsporidia es un grupo muy primitivo y raro de protistas eucaríotes, parásitos obligatorios. Su división celular es primitiva. No tienen mitocondrias, sus ribosomas y ARN ribosomal es igual al tamaño de los procariotes.



## LOS GRANDES CAMBIOS CLIMÁTICOS PLANETARIOS

A lo largo de la historia geológica de la Tierra han tenido lugar siete grandes glaciaciones que produjeron extinciones masivas. Durante la Era Cuaternaria, se dieron al menos cuatro glaciaciones: Donau (I, II y III), era en la que ya habían Australopitecos, Günz (I y II), cuando vivió el Homo habilis, Mindel (I y II) con el apareamiento del Pitecantropos), Riss (I, II y III), con el reinado del Pitecantropos, Würm (I,II, III y IV), cuando convivieron el Neanderthal y el Homo sapiens. Cada una de estas glaciaciones tuvo períodos interglaciares.

La última era glacial terminó hace 12 mil años, que fue el período más frío del que se tiene registro. Al final de la glaciación (cuando terminó el Pleistoceno), mucha de la fauna dominante, principalmente debido al frío, se extinguió. Otras especies migraron hacia otras zonas más frías, cimas de las montañas y valles montañosos, o hacia regiones polares o subpolares, incluyendo mamuts, rinocerontes lanudos, alces, renos, ratas de la nieve, osos, entre otros.

A partir de entonces, cortos episodios de enfriamientos y calentamientos han sucedido en la Tierra. Por ejemplo, se considera que el inicio del Imperio Romano se inicia con un enfriamiento, y su desmantelamiento coincide con su fin. En el Siglo III se produce una crisis agrícola, que se agrava con la imposición de más impuestos a los víveres, por parte de Septimio Severo. A partir del año 400 empieza un período de recalentamiento lento, alcanzando su máxima potencia entre el año 900 hasta el siglo XIV, al que se le llamó el "Período Cálido Medieval".

En la Península Antártica se encontraron datos de períodos de calor moderado e incluso de frío. Los corales tropicales del océano Pacífico sugieren que las condiciones relativamente frías y secas pueden persistir con la configuración del fenómeno de El Niño y de La Niña. Aunque hay poquísimos datos de Australia, hay evidencias, en los sedimentos del lago Eyre, de que durante los siglos IX y X hubo fuertes variaciones climáticas. En Nueva Zelandia, en el año 1100, información encontrada revela un período comparable con el "Período Cálido Medieval" europeo (Cook, Palmer y D'Arrigo, 2002).

Entre 1550 y 1850 se produjo en Europa una "pequeña era glacial", caracterizada por inviernos rigurosos y largos. Muestras de los casquetes polares de la Antártida y de los sedimentos oceánicos del Pacífico nos dicen que también en el Hemisferio Sur hubo un enfriamiento durante esos siglos.

Se cree que varios de los cambios climáticos que se dieron en eras pasadas fueron por la actividad volcánica que en la Tierra primitiva era mucho más activa. Los gases y ceniza volcánica producen una atmósfera menos transparente, enfriando la tierra.



Las moléculas de la atmósfera siempre están en movimiento y cambian a medida que tienen lugar diversas reacciones químicas entre los elementos que la conforman (carbón, nitrógeno y oxígeno). Sin embargo, las proporciones de los diferentes elementos se mantienen bastante estables. Es lo que se conoce como equilibrio dinámico.

Sin embargo, a pesar del equilibrio dinámico, los científicos han descubierto que la cantidad de gases de efecto invernadero, en la atmósfera de la Tierra, comenzó a aumentar desde hace 150 años. Ahora se conoce que esta variación se debe a una acción antropogénica.

La química de la atmósfera determina cuáles longitudes de onda de la radiación solar no pueden entrar y cuánta radiación queda atrapada en el sistema terrestre. Los gases de la atmósfera atrapan el calor y producen el efecto invernadero, sin el cual no podría haber vida en la Tierra. Pero al aumentar la concentración de gases con efecto invernadero, aumenta la temperatura global y se producen cambios en el clima global. Los cambios climáticos del Siglo XX y XXI son de origen antropogénico, sobre todo por el alto consumo de combustibles fósiles, la agricultura industrial, el masivo comercio global y la pérdida de bosques.

El principal gas responsable de los cambios climáticos es el *dióxido de carbono* ( $\text{CO}_2$ ), que es el responsable del 50% del aumento del efecto invernadero, y es el resultado de la extracción y posterior combustión de hidrocarburos fósiles en la industria, los automóviles, etc. Los otros gases incluyen el *metano* ( $\text{CH}_4$ ) que se produce en las reacciones anaeróbicas por descomposición de la materia orgánica y su principal fuente es la crianza estabulada de ganado; el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) debido al desarrollo industrial y se origina en los motores de combustión interna; y, los *halocarbonados*, que incluyen compuestos halógenos, principalmente cloro y cuyo origen es también industrial.

Son evidencias del cambio climático, el aumento de la temperatura promedio de la superficie de la Tierra, el aumento de los acontecimientos atmosféricos extremos como lluvias y tormentas intensas y sequías prolongadas, o el aumento del nivel medio del mar<sup>125</sup>, producido sobre todo por el deshielo de los casquetes polares. La superficie de la capa de hielo que flota sobre el mar se ha reducido en un 8% y su grosor en un 10 a 15%. La disminución de glaciares en las montañas ha contribuido a una disminución en la disponibilidad de agua dulce para el consumo humano y el riego. En el Ecuador, a los nevados Cotopaxi y Antisana solo les queda entre el 35 y 40% de sus glaciares originales.

---

125 El nivel del mar se incrementó en un rango promedio de 1,8 mm por año, entre 1961 y 2003, siendo más rápido en 1993 al 2003 cuando el nivel del agua aumentó 3,1 mm.



La temperatura del agua de los océanos ha subido, también está disminuyendo la concentración de sal por el deshielo de los casquetes polares, al mismo tiempo que aumenta su acidez debido al exceso de CO<sub>2</sub>.

El calentamiento global altera el comportamiento de algunos organismos vivos. El rango de distribución de algunas plantas ha cambiado hacia zonas más altas (se desplazan 4 metros por encima de su localización original cada decenio), y algunas plantas que anteriormente se encontraban solo en las cumbres de las montañas han desaparecido. Los científicos han observado cambios, relacionados con el clima, en al menos 420 procesos físicos y comunidades o especies biológicas. Por ejemplo, son particularmente sensibles los anfibios y los corales.

El calentamiento global pone en peligro la estructura y las funciones de la naturaleza, los ciclos biológicos y los procesos evolutivos.

## DOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA BIODIVERSIDAD

Los corales son colonias de animales denominados pólipos con un esqueleto de carbonato de calcio. Poseen tentáculos que atraen el alimento del agua de mar. Viven en una relación simbiótica con un alga llamada zooxanthellae. El alga entrega al coral oxígeno y alimentos (98% de sus necesidades nutricionales) y estimula la formación del esqueleto, el mismo que puede crecer un promedio de 10 centímetros por año. El coral, por su parte provee al alga un hogar en sus tejidos y le permite obtener nutrientes como nitrógeno y fósforo.

Los corales viven en colonias de miles de individuos. Aquellos con esqueleto externo y duro habitan en aguas poco profundas (no más de 30 metros) para que se pueda dar la fotosíntesis en las algas, en ambientes particularmente tropicales, entre los 20 grados de latitud norte y sur entre temperaturas que varían entre 25 y 29 °C. En su mayor parte están en el Pacífico, Océano Índico, el mar Caribe, el mar Rojo, el golfo de Arabia, y en el mar del sur de Japón. Los corales cubren una superficie de alrededor de 600.000 kilómetros cuadrados. No pueden vivir en aguas cercanas a desembocaduras de ríos o en aguas tormentosas. Son considerados como uno de los ecosistemas más biodiversos del planeta, comparables con los bosques húmedos tropicales (4.000 especies de peces, 700 especies de coral y miles de plantas y animales). Otros corales con estructuras más suaves y esponjosas viven en temperaturas mayores o menores, pero son más escasos.

Los arrecifes son fuente de vida y sustento de muchas poblaciones locales. Son además el sustento físico de miles de islas y barreras naturales que protegen a



las costas del oleaje del mar. Son la base de la alimentación de los peces para una economía del mar y una fuente de ingresos para poblaciones locales que viven del turismo.

*El blanqueamiento de los corales*<sup>126</sup> es un fenómeno de decoloración recientemente observado en la mayoría de arrecifes coralinos del mundo. Los corales están perdiendo su tradicional color dorado, café, verde, rosa o gris y adquiriendo un color blanquecino. Los corales toleran un rango muy estrecho de temperatura (entre 25 y 29 grados centígrados, dependiendo de su ubicación). La decoloración de los corales es una respuesta a cambios prolongados de temperatura y no debido a fluctuaciones rápidas. Pruebas en el laboratorio demuestran que la decoloración se da cuando el agua alcanza una temperatura constante de 32 °C. La decoloración de los arrecifes de coral se agrava por otros factores, entre los que se encuentran enfermedades, exceso de sombra o de radiación ultravioleta, contaminación, y cambios en la salinidad.

El blanqueamiento también afecta la producción de proteínas que sirven para proteger a las células del cambio de temperatura, reduce la fecundidad de los corales y resulta mortal. Al perder su color, el frágil equilibrio simbiótico se pierde, ya que los corales ya no cuentan con las algas, dejando solo su blanco esqueleto de carbonato de calcio visible. Las algas pueden ser expulsadas del coral o simplemente abandonar su residencia debido a que el coral por presiones ambientales no entrega suficientes nutrientes al alga o por pérdida de las células del coral que sirven de sustrato a las algas. Las algas a su vez, debido a presiones ambientales pueden emitir sustancias tóxicas como radicales superóxidos que dañan más el coral.

Este es un fenómeno que, en condiciones naturales, si puede ocurrir en los corales, también con anémonas, esponjas y pastos marinos, pero tan solo en un grado del 0,1% de pérdida de algas durante el proceso natural de reemplazo de pólipos.

Durante el fenómeno del Niño de 1982-83, grandes extensiones de coral - entre el 70 y 90 % - murieron en las costas de Florida, Panamá, Costa Rica y Galápagos. Lo mismo ocurrió en 1987, pudiéndose observar que el trastorno se había extendido por otros mares del mundo. Esto se debió a un aumento de entre dos o tres grados Celsius.

No se conoce aún las consecuencias del último fenómeno del Niño de 1998-99, pero se estima que grandes extensiones de coral habrían desaparecido en el mundo; por ejemplo aquellas de Galápagos, debido su poca dispersión y extrema sensibilidad a las altas temperaturas. Sobre el coral muerto han aparecido

---

126 Scientific American, enero de 1993, p.p. 64-70. <http://www.uvi.edu/coral.reefer/>



algas bentónicas que han hecho que las poblaciones de herbívoros aumenten lo que, como consecuencia del raspado, erosionan la estructura del arrecife. Si esto sigue ocurriendo, pronto los arrecifes se verán reducidos a sedimentos de carbonato de calcio, evitando así la recuperación de la población de corales para siempre.

La decoloración de los corales fue uno de los primeros indicadores naturales que demostraron el calentamiento global en los años 80. Este ecosistema que ha evolucionado desde hace más de 400 millones de años y cuyos representantes actuales tienen una edad de casi 10.000 años podría desaparecer debido al calentamiento global.

Pero también, en los últimos años se ha reportado una disminución de las poblaciones de anfibios (ranas, sapos, salamandras), en el Ecuador<sup>127</sup> y otras partes del mundo. Se cree que existe una relación directa entre este fenómeno y el calentamiento global. Al calentarse la temperatura media de una localidad, los anfibios, que se encuentran adaptados a ciertas temperaturas o climas específicos, se desplazan a zonas más altas y en un nuevo medio no pueden encontrar comida y mueren.

El herpetólogo ecuatoriano Luis Coloma dice que "adaptarse a nuevas condiciones de vida requiere millones de años de evolución, mientras que los cambios de temperatura son violentos". En otros casos, este desplazamiento es mucho más grave, porque si ya viven a los 4.200 metros no pueden subir más y desaparecen.

Entre otros factores que también inciden en la extinción de los anfibios en Ecuador están el mal manejo del páramo, plantaciones con especies exóticas (eucalipto y pino) que acidifican el suelo, la introducción de trucha, que es un depredador voraz y la pérdida o contaminación del agua que impide que los renacuajos puedan desarrollarse.

Algunas especies previamente abundantes en los Andes del Ecuador, como la rana marsupial (*Gastrotheca riobambae*), y el jambato (*Atelopus ignescens*) hoy están desaparecidas como es el caso de este último. El jambato habitaba incluso en los jardines y parques de la ciudad de Quito, en algunas regiones alcanzaba densidades poblacionales de hasta 50 individuos/m<sup>2</sup>. Sin embargo, a mediados de la década de los años 80, los jambatos empezaron a desaparecer. El último individuo vivo de esta especie fue visto en 1988. Los quiteños ya no podremos escuchar su canto al atardecer. El jambato era una parte importante de la vida diaria de los habitantes del páramo. Este anfibio anuncia la llegada del invierno y se lo usaba para curar el espanto. En total, en Ecuador existen 23 especies de anfibios amenazadas en las partes altas, siete de ellas son endémicas.

---

127 <http://www.puce.edu.ec/zoologia/probl>.



El estado poblacional de otras especies es dudoso debido a la falta de estudios completos. Hasta ahora casi todos los reportes de declinaciones de anfibios en el Ecuador se han basado en el esfuerzo de encontrar a las especies en su hábitat natural por varios biólogos desde mediados de los años 80, siendo la información, en algunas regiones, sumamente escasa. Estas investigaciones, lastimosamente, no han incluido técnicas de muestreo estandarizadas. Al momento, las deficiencias en la información constituyen el obstáculo más significativo que tienen que enfrentar los conservacionistas para delinear programas para proteger especies de anfibios en peligro de extinción.

El cambio climático que es provocado por el actual modelo de desarrollo, atenta contra el derecho de las especies a sobrevivir.

## EL MERCADO DE CARBONO, LA PRIVATIZACIÓN DE LA ATMÓSFERA

Larry Lohmann, quizás uno de los principales expertos y críticos del mercado de carbono, señala que hay dos enfoques con respecto a la crisis climática. El uno basado en mecanismos neoliberales y el otro en soluciones político-ecológicas. En el recuadro siguiente incluimos un resumen de las tesis de Lohmann.

### DOS ENFOQUES RESPECTO AL CALENTAMIENTO GLOBAL<sup>128</sup>

Larry Lohman, Corner House

Hay solo dos enfoques posibles respecto de la crisis climáticas:

Uno de ellos propone reducir drásticamente y aceleradamente el uso de combustibles fósiles. Ello significa centrarse antes que nada en la reducción de las emisiones "suntuarias" de quienes ya han utilizado más de la parte que, con criterio de justicia, les corresponde de los sumideros y depósitos de carbono, a la vez que en la promoción de la conservación y la eficiencia energéticas, el uso generalizado de la energía solar y otras fuentes de energía renovable y la agricultura ecológica en lugar de la industrial.

El otro enfoque, en cambio, implica la adopción de programas especulativos que apuntan a modificar la biósfera y la corteza terrestre para permitir que absorban más CO<sub>2</sub>. Con la promesa de hacer "más seguro" (durante el mayor tiempo posible) el acelerado y elevado nivel de consumo de combustibles fósiles, por

128 Scientific American, enero de 1993, p.p. 64-70. <http://www.uvi.edu/coral.reefer/>



parte de las naciones y grupos más ricos, este enfoque goza de gran apoyo entre las industrias productoras y consumidoras de dichos combustibles, así como a nivel de muchos funcionarios en los Estados Unidos y en algunos otros países del Norte. El Departamento de Energía de los Estados Unidos, por ejemplo, está actualmente investigando la posibilidad de implementar proyectos a gran escala para la "manipulación" intensiva de ecosistemas terrestres y oceánicos y de la corteza terrestre, para que puedan almacenar entre tres a seis veces más carbono que en la actualidad. El objetivo de tales proyectos apuntaría a hacer posible "un uso continuo y en gran escala de combustibles fósiles". Este enfoque -y en particular la promoción de plantaciones forestales con ese fin- cuenta con el apoyo de una amplia gama de tecnócratas, agentes promotores, consultores, agencias multilaterales, empresas forestales e incluso de algunas organizaciones no gubernamentales.

A veces estas dos posiciones son percibidas como formas complementarias de controlar la acumulación atmosférica de  $\text{CO}_2$ . Sin embargo no podrían ser más diferentes, tanto desde el punto de vista político como en lo que respecta a su probable efectividad para abatir el calentamiento global.

#### UN TEMA POLÍTICO-ECOLÓGICO

Consideremos primero la cuestión política. Admitamos que, en promedio, un ciudadano estadounidense produce veinte veces más dióxido de carbono que uno de la India. Vale decir, que el primero representa una carga mucho mayor para la capacidad de los mecanismos globales del ciclo del carbono de mantener estables los niveles de  $\text{CO}_2$ . ¿De qué manera abordan esta cuestión uno y otro enfoque?

El primero de los enfoques mencionados considera esta desigualdad como un desequilibrio de poder que se encuentra en la raíz misma del problema ecológico. Apuntaría a la igualación de las emisiones per cápita a nivel mundial, junto a la reducción de las emisiones totales, sin forzar a ninguna de las dos partes a soportar penurias innecesarias. Señalaría, por otra parte, que la "deuda de carbono" que el Norte mantiene con el Sur por el sobreuso histórico que ha realizado de la atmósfera permanece todavía impaga.

Por su parte el segundo enfoque toma el impacto desigual en el ciclo del carbono como un mero dato de la realidad. Supone que dado que los países ricos industrializados han sobre-utilizado la atmósfera a lo largo de la historia, tienen el derecho a hacerlo y a seguir haciéndolo. Esta visión no solo ignora la historia del uso desigual de los depósitos y sumideros de carbono, sino que colabora a agravar las desigualdades existentes a nivel mundial en cuanto al acceso a los recursos.



Tal enfoque supone que cualquier nivel de emisiones de dióxido de carbono -más allá de cuán exagerado sea- es aceptable en tanto sea "compensado" por alguna actividad que absorba  $\text{CO}_2$ . El ejemplo más claro de una actividad de este tipo es la plantación de árboles dado que, a través de la fotosíntesis, estos convierten el  $\text{CO}_2$  en carbono que acumulan en su madera. De este modo, una empresa industrial que emite millones de toneladas de dióxido de carbono al año puede ser tan "neutra" en lo que respecta a emisiones de carbono como un pequeño campesino que emite 1 tonelada anual, siempre que dicha empresa plante miles de árboles. Lo mismo sería válido para los consumidores a nivel individual [...].

No hay evidencia alguna de que las plantaciones destinadas a almacenar carbono habrán de ser diferentes, lo que configura una perspectiva amenazante, dado que hay quienes están proponiendo plantar una superficie ¡equivalente a la de toda Australia! Por irónico que parezca, una comunidad que hoy se ve desplazada de sus tierras por una empresa petrolera que quiere hacer allí una prospección para extraer la materia prima con la cual alimentar automóviles que están a miles de kilómetros de distancia, puede verse nuevamente desplazada mañana por plantaciones forestales que, según los mismos que conducen esos automóviles, son buenas para "compensar" la quema del combustible que mueve sus vehículos.

FUENTE: WRM. El mercado de Carbono. Sembrando más problemas. Movimiento Mundial de Bosques.

El mercado de carbono es una forma de privatización de la atmósfera.

## OTRAS FORMAS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Cuando la lluvia viene mezclada con gases contaminantes que se encuentran en la atmósfera y alcanza un pH más ácido que la lluvia limpia, se habla de *lluvia ácida*. La lluvia ácida puede ser generada por varios factores entre los que están el humo de cigarrillos (que contiene dióxido de azufre  $\text{SO}_2$  y óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$ ), por el humo de fábricas y automóviles, o la quema del gas asociado al petróleo crudo. Las erupciones volcánicas también contribuyen a la generación de lluvia ácida.

Esta lluvia se forma generalmente en las nubes altas donde el  $\text{SO}_2$  y los  $\text{NO}_x$  reaccionan con el agua y el oxígeno, formando una solución diluida de ácido sulfúrico y ácido nítrico. La lluvia, la nieve, la niebla y otras formas de precipitación arrastran estos contaminantes hacia las partes bajas de la atmósfera, depositán-



dolos sobre las hojas de las plantas, las personas, animales, edificios y el suelo. Los contaminantes pueden depositarse también en forma seca, como gas o en forma de pequeñas partículas. De hecho, casi la mitad de la acidez de la atmósfera se debe a este tipo de deposición.

Luego, la contaminación proveniente de la lluvia ácida se dispersa a través del ciclo hidrológico. El agua la mueve a ríos, lagos y océanos, evaporándose a la atmósfera y formando nubes que viajan empujadas por el viento. Así, la lluvia ácida puede alcanzar casi cualquier lugar sobre la superficie terrestre, así sea que la contaminación se haya provocado a cientos o miles de kilómetros. El aire se encarga de llevar estos contaminantes al interior de nuestros cuerpos y otros llegan a través de la ingestión de alimentos a los que les ha alcanzado el agua, polvo o gas contaminados.

Los contaminantes presentes en la lluvia ácida son sustancias químicas potentes, corrosivas que pueden hasta disolver metales, por lo que afectan a la salud, a la biodiversidad e infraestructura de todo tipo, por ejemplo, puede erosionar ciertas clases de piedras, como el mármol y la caliza.

La lluvia ácida ataca y mata a los árboles porque contamina sus hojas, despojándolas de su cubierta cerosa lo que produce pequeñas lesiones y dificulta el proceso de la fotosíntesis. Cuando la tierra se humedece con el ácido, se reducen los nutrientes del suelo, que son esenciales para la vida de las plantas. En ocasiones la lluvia ácida hace que penetren al vegetal ciertos elementos como el aluminio, lo que bloquea la absorción de nutrientes en las raíces, afectando directamente su desarrollo.

Miles de lagos en las zonas nórdicas se han vuelto tan ácidos, que los peces y otros animales prácticamente han desaparecido. La lluvia ácida reacciona con el lecho de los lagos, que desprende aluminio. Este metal es tóxico para los peces, insectos y plantas y pueden matarlos. Esto afecta a la pesca de agua dulce.

La naturaleza posee ciertos mecanismos para regular la acidez natural. Los suelos calizos ejercen una acción amortiguadora que disminuye el pH, pero, cuando la contaminación es muy grande, la acidez no puede ser amortiguada. En sitios donde los suelos no son buenos amortiguadores, o donde el aporte de contaminantes es muy superior a lo que puede reciclarse, se acentúan los efectos nocivos de la lluvia ácida.

En el Ecuador las zonas más afectadas por la lluvia ácida son las aledañas a los campos petroleros.

*El smog fotoquímico* es una contaminación crítica del aire que se genera por la abundancia de oxidantes en la atmósfera; es especialmente problemática en



zonas urbanas. Es una niebla espesa y oscurecida por los humos y vapores provenientes de productos químicos. Suele presentarse en las ciudades con inviernos fríos, brumosos y meteorológicamente estables, con humedad relativa elevada y vientos en calma y en las primeras horas de la mañana.

Se provoca por la aparición de  $\text{SO}_2$  y cenizas en el aire -generalmente procedentes de la combustión de carbones y combustibles de alto contenido en azufre-, o por la concentración en el aire de  $\text{NO}_2$  y de contaminantes expulsados por motores que, por acción de los rayos solares, reaccionan foto-químicamente con los componentes propios del aire, produciendo un conjunto de contaminantes de naturaleza oxidante, como el ozono, el nitrato de peroxiacetilo, el ácido fórmico o el agua oxigenada.

La *contaminación electromagnética* es un tipo de contaminación atmosférica relativamente nueva. Es producida por las radiaciones del espectro electromagnético generadas por equipos electrónicos, torres de alta tensión, telefonía celular, ondas WiFi, hornos microonda, entre otros. Aún hay un debate sobre los impactos de esta contaminación en la salud, pero algunos estudios señalan que puede tener efectos cancerígenos. Un aspecto que debe tomarse en cuenta es que estamos expuestos a esos contaminantes a largo plazo y a la interacción de múltiples y diversas fuentes de emisión.

Un equipo de investigación en el Departamento de Biología Animal de la Facultad de Ciencias Biológicas de Valencia expuso a ratones albinos de laboratorio a la presencia de un teléfono móvil que funcionaba en periodos cortos durante la fase nocturna que es la de mayor actividad y metabolismo.

Ellos observaron un marcado cambio en el ritmo circadiano de los animales. Durante el periodo diurno, los animales que habían sido sometidos al influjo del teléfono durante la noche, estaban más estresados, estaban más activos y, durante el periodo nocturno, esta actividad descendía. Ellos creen que los animales no pierden su actividad motora global pero si se afecta su ritmo diario presumiblemente debido a la presencia de la antena del móvil y la exposición a la radiación de microondas de telefonía móvil. En otro resultado observaron que los animales retoman su ciclo normal luego de varias semanas, tras cesar la fuente estresante<sup>129</sup>

## PLANTAS Y CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

En un estudio de 5 años hecho de los efectos sobre cultivos de trigo y maíz, de una línea de alta tensión que va de Austria a la República Checa, se encontró una reducción media de la producción de trigo de un 7% en los campos más



próximos a la línea eléctrica. Otro estudio con árboles expuestos a microondas, comprobó un descenso a largo plazo de los niveles de calcio y azufre en las hojas de árboles de hayas, que estaban en contacto directo con la potencia de la radiación emitida.

En células animales, las microondas pueden afectar a la comunicación intercelular y al funcionamiento de los canales de calcio. En células meristemáticas de la raíz de plantas de arveja que fueron sometidas a campos magnéticos, se observó cambios en el balance del calcio (Belyavskaya, 2001).

Hace 30 años dos investigadores canadienses observaron un deterioro en unas plantas que estaban sometidas a microondas, y demostraron que los campos electromagnéticos pueden afectar a las plantas por mecanismos no térmicos, diferentes a la ionización del aire y concluyeron que su fisiología puede ser alterada incluso por campos débiles<sup>130</sup>

Más recientemente, otros autores han notificado aberraciones cromosómicas (micro núcleos, puentes intercromosómicos y fragmentos cromosómicos) en el trigo sometido a una fuente de microondas, concluyendo que se trata de efectos no térmicos.

La contaminación atmosférica, incluyendo la contaminación electromagnética, atenta contra los ciclos biológicos y sus procesos evolutivos, y pone en peligro la sobrevivencia de muchas especies que hacen de la atmósfera su medio de existencia.

## **EL SOL BAJO LAS PATAS DE LOS CABALLOS: DERECHOS DE LA NATURALEZA Y GEOINGENIERÍA**

Elizabeth Bravo

Jorge Enrique Adoum escribió en 1970 "El Sol Bajo las patas de los Caballos" donde trata sobre la conquista española en los Andes. El libro hace referencia al fin de una civilización solar. Las sociedades agrícolas americanas fueron derrotadas por el poderío europeo con una tecnología de guerra que los pueblos andinos no conocían: las armas de fuego.

Ahora el sol está a punto de volver a caer bajo los cascos de nuevas tecnologías; una de ellas, la geoingeniería es completamente desconocida para la humanidad.



La mayoría de la vida en la tierra depende de la capacidad que tienen las plantas, las algas y las cianobacterias de usar la energía del sol para transformar el  $\text{CO}_2$  atmosférico en alimentos (hidratos de carbono) y oxígeno, a través del proceso de la fotosíntesis. Estos son los únicos organismos capaces de elaborar su propio alimento; todos los otros seres vivos dependen de los alimentos elaborados por los organismos fotosintéticos. La respiración de todos los seres vivos, junto con la descomposición orgánica (hecha por bacterias y hongos), permite que el carbono biológico vuelva a la atmósfera, aunque una porción queda fijada en los tejidos de los seres vivos y en el suelo.

Se estima que en ausencia de la interferencia humana, cada 20 años hay una renovación total del carbono atmosférico. El carbono se almacena en tres grandes depósitos: océanos (40.000 Gt), terrestre (20.000 Gt), y atmósfera (750 Gt). A pesar de que el reservorio atmosférico de carbono es el menor de los tres, este es el que determina el clima terrestre. Debido a las actividades de la civilización petrolera, existe demasiado  $\text{CO}_2$  (fósil) en la atmósfera lo que ha conducido al calentamiento global.

La geoingeniería propone trabajar en dos frentes: alterando la cantidad de carbono en la atmósfera a través de métodos como la fertilización del mar, el biochar y el secuestro de carbono (temas que han sido analizados en otras secciones), y manipulando la cantidad de radiación solar que entra al planeta.

Una de las propuestas en experimentación, es la llamada "blanqueamiento de las nubes" que tiene como objetivo incrementar el albedo, es decir la reflectividad de la superficie terrestre; la energía reflejada desde la Tierra al universo. Entre mayor es el albedo, mayor es el retorno de energía de la Tierra al universo y menor la cantidad de energía radiante solar disponibles para la consecución de la vida en el Planeta.

Esta es una propuesta absurda y peligrosa. Absurda porque mientras por un lado el planeta se enfriaría por la menor incidencia de energía solar, por otro se calentaría porque habría menor posibilidad que las plantas y las algas hagan fotosíntesis y capturen el  $\text{CO}_2$  atmosférico. Peligrosa porque afecta el albedo.

El multimillonario Bill Gates es uno de los que apoya esta iniciativa a través de un financiamiento a un grupo de investigación en San Francisco llamado Silver Lining<sup>131</sup> El principio a través del cual funciona este proyecto es que las nubes se forman a través de partículas (aerosoles) lo suficientemente pequeñas como para mantenerse en suspensión en el aire llamadas "núcleos de condensación de nubes". Silver Lining está desarrollando máquinas que convierten el agua del

131 Ver: <http://www.handsoffmotherearth.org/2010/05/bill-gates-funds-field-trial-global-coalition-urges-immediate-halt-to-geoengineering/>



mar en partículas microscópicas capaces de ser lanzadas a 1.000 metros. Lo que aumentaría los núcleos de condensación de nubes, la formación de nubes y por lo tanto el albedo. Un primer "ensayo" supondría poner en el mar diez barcos que afectarían 10.000 kilómetros cuadrados de océano. La máquina puede extraer diez toneladas de agua marina por segundo.

Otra propuesta en la misma línea consiste en bombardear a la estratósfera con millones de aerosoles de sulfato para incrementar la formación de nubes. La introducción de grandes cantidades de sulfato en el aire pretende replicar de manera artificial las erupciones volcánicas: se genera gran cantidad de sustancias contaminantes que hacen opaco el cielo, propician la creación de nubes, y enfrían un lugar, al menos regionalmente. La intención es crear artificialmente este ambiente volcánico a nivel más generalizado, para que tenga un impacto en el clima planetario.

En los océanos, el dimetil sulfuro es la más importante fuente de creación de núcleos de formación de nubes. Esta molécula es producida por el fitoplankton oceánico, pero que puede llegar a ser muy contaminante en condiciones de desequilibrio ecológico. Por ejemplo es responsable de las lluvias ácidas en zonas altamente industrializadas en las que se generan contaminantes en base a sulfuro. La presencia de grandes cantidades de sulfuro, más allá de la capacidad biológica de reciclarlo, afectará la vida en los océanos. Y constituiría una flagrante violación a los derechos de la naturaleza, pues la vida sobre la Tierra depende del flujo de energía procedente del Sol. Aunque solo una pequeña fracción de la energía solar que alcanza a la Tierra se transforma en la energía que impulsa todos los procesos vitales, es la cantidad suficiente para que continúe la vida en el planeta.

James Fleming describe esta tecnología como una declaración de guerra a la estratósfera. Se necesitará un bombardeo constante de partículas para poder regular el clima a largo plazo y a nivel planetario.

Los científicos que están jugando con el clima no pueden predecir los impactos que estos cambios generarían en los procesos biológicos, la estructura de los ecosistemas y sus funciones (que también están "protegidos" por la Constitución del Ecuador).

¿Cuál es la motivación que está detrás de estos peligrosos experimentos? En la obra de Adoum sobre la conquista española, uno de los personajes pregunta a un soldado:

"Por qué está usted en esta guerra a miles de kilómetros de su país?", y el soldado responde: "Porque me pagan mejor que en cualquier otro sitio".



Hoy hay miles de millones de dólares atrás del negocio del cambio climático y de la geoingeniería.

#### LOS DERECHOS DE LA NATURALEZA Y LA GEOINGENIERÍA

La geoingeniería surge con fuerza casi en paralelo con el gran aporte que hace el Ecuador a la historia de la humanidad: el reconocimiento de los derechos de la naturaleza. La geoingeniería estaría violando los derechos de la naturaleza, tal como están estipulados en la Constitución ecuatoriana, cuyo artículo 72 dice:

*“La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derechos a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales”.*

Las tecnologías propuestas por los geoingenieros estarían atentando al ciclo del Carbono. Y dado que los experimentos que se están haciendo rebasa los límites nacionales, los derechos de la naturaleza deberían ser universales.

*Publicado en la Revista Biodiversidad, Sustentos y Culturas. No. 73. 2011.*



## REFERENCIAS

Abdel- Malle, A.Y., Adbel-Kaden, M.I.A., Shomikier A.M.A. 1994. Effect of glyphosate on fungal population, respiration and the decay of some organic matter in Egyptian soil. *Microbiological Research* 149: 69 – 73.

Acot P. 2003. *Historia del Clima. Desde el Bing Bang a las catástrofes climáticas*. Editorial El Ateneo. (Buenos Aires). pp- 268.

Ahmed J.U. Seguridad radiológica en las minas y plantas de tratamiento de uranio. *Ciclo del combustible nuclear. OIEA Boletín Vol. 23 (2): 29 – 32.*

Alimonda, H. 2012. 'Una introducción a la Ecología Política latinoamericana. [CLASE] en el curso: "Ecología política en el capitalismo contemporáneo". Programa Latinoamericano de Educación a Distancia, Centro Cultural de la Cooperación Floreal Gorini, Buenos Aires.

Alinovi M. *Historia de las epidemias. Pestes y enfermedades que aterrorizaron (y aterrorizan) al mundo*. Estación Ciencia. Buenos Aires.

Altamirano A. y Lara A. 2010. Deforestación en ecosistemas templados de la precordillera andina del centro-sur de Chile. *Bosque (Valdivia)*. Vol. 31(1): 53 – 64.

Alzagaray, R. A. 2009. *Ríos de sangre y otras curiosidades explicadas por la ciencia*. Capital Intelectual (buenos Aires). pp. 131.

Asimov I. 2008. *Breve historia de la química*. Alianza Editorial. 24va reimpresión en español. Madrid. pp. 267.

Ávila R. La naturaleza y la explotación de recursos: el neoesclavismo. En: *lalineadefuego* el marzo 16, 2012.

Ayllón Talavera M.A. Interacción Virus-Hongo-Planta: Virus de *Botrytis cinerea*, Mecanismos de patogénesis y efecto de la infección viral a nivel molecular. Disponible en: [http://www.cbgp.upm.es/virus\\_fungus\\_plant.php](http://www.cbgp.upm.es/virus_fungus_plant.php)

Azar, C., John Holmberg, J., Lindgren K. 1996. Socio-ecological indicators for sustainability. *Ecological Economics*. 18: 89-112.

Batchelder, A. R. 1982. Chlortetracycline and oxytetracycline effects on plant growth and development in soil systems. *J. Environ. Qual.* 11, 675–678.

BBC Ciencia. El atlas de las bacterias del cuerpo humano. 6 de noviembre de 2009. Disponible en: [http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia\\_tecnologia/2009/11/091106\\_mapa\\_bacterias\\_men.shtml](http://www.bbc.co.uk/mundo/ciencia_tecnologia/2009/11/091106_mapa_bacterias_men.shtml)

Belyavskaya, N.A. 2001. Ultrastructure and calcium balance in meristem cells of pea roots exposed to extremely low magnetic fields. *Adv. Space Res.*



- Bermejo, I. 2012. La 'Rebelión de las plagas'. La aparición de resistencias a herbicidas e insecticidas amenaza a los cultivos modificados genéticamente. *El Ecologista* 74: 32 – 35. 185
- Bezbaruah B., Saikia, N y Bora, T. 1995. Effect of pesticides on most probable number of soil microbes from tea (*Camellia sinensis*) plantations and uncultivated land enumerated in enrichment media. *India J. of Agric. Sciences* 65(8): 578 – 583.
- Blaikie Piers y Boorkfiels Harold. 1987 *Land Degradation and Society*. (Londres: Methuen).
- Borm, P.J., Robbins, D., Haubold, S., Kuhlbusch, T., Fissan, H., Donaldson, K., Schins, R., Stone, V., Kreyling, W., Lademann, J., et al. 2006. The potential risks of nanomaterials: a review carried out for ECETOC. Part *Fibre Toxicol*, 3, 11.
- Bower, C. K. y Daeschel, M. A. 1999. Resistance responses of microorganisms in food environments. *Int. J. Food Microbiol.* 50, 33–44.
- Boyce C. K. 2008. How green was Cooksonia? The importance of size in understanding the early evolution of physiology in the vascular plant lineage. *Paleobiology*, 34(2): 179–194
- Bravo, Elizabeth. "Oil Troubles Waters", *Our Planet* 9.5, junio 1998.
- Brundrett M. 1991. Mycorrhizas in Natural Ecosystems. *Advances in Ecological Research*. Vol 21 pp 171-313.
- C-CONDEM. Ecuador. Disponible en: <<http://www.ccondem.org.ec>>
- Callum M. Roberts et. al. 2002. Marine Biodiversity Hotspots and Conservation Priorities for Tropical Reefs. *Science*. Vol. 295 no. 5558 pp. 1280-1284
- Cárdenas Dairon (ed). 2007. *Flora del Escudo Guayanés en Inírida* (Guainía, Colombia). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi. Bogotá, Colombia.
- Carrasco-Ríos, Libertad. (2009). Efecto de la radiación Ultravioleta-B en plantas. Volumen 27, N° 3, Páginas 59-76 IDESIA. Chile.
- Carrere Ricardo. 2004. Hormigas, Agroquímicos y Deforestación. *Ambiente y Medio* No. 8. Ediciones de Brecha - Nordan Comunidad. pp. 90
- Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Banco Central del Ecuador. Quito. pp. 210
- CBD. Technical Series No. 23. Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones. Marzo 2006.
- Charlson R.J. et al (1987). Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, clouds, albedo and climate. *Nature* Vol. 326 pp. 655



Chu, M., Wu, Q., Yang, H., Yuan, R., Hou, S., Yang, Y., Zou, Y., Xu, S., Xu, K., Ji, A., et al. (2010): Transfer of quantum dots from pregnant mice to pups across the placental barrier. *Small*, 6(5), 670-678.

Contanza et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387, 253 - 260 (15 Mayo 1997).

Constitución del Ecuador. 2008. Montecristi.

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD). <http://www.unccd.int/en/about-the-convention/Pages/Text-overview.aspx>

Cook, E.R. Palmer J.G. y D'Arrigo, R.D. 2002. Evidence for a 'Medieval Warm Period' in a 1,100 year tree-ring reconstruction of past austral summer temperatures in New Zealand. *Geophysical Research Letters*, VOL. 29, NO. 14, 1667.

CORDIS. I virus sono protagonisti negli ecosistemi marini profondi. Disponible en: [http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=NEWSLINK\\_IT\\_C&RCN=29798&ACTION=D](http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=NEWSLINK_IT_C&RCN=29798&ACTION=D)

Crutzen, P. J., and E. F. Stoermer (2000). The "Anthropocene". *Global Change Newsletter* 41: pp.17-18

Cueto, M. 2009 *Cólera y dengue en Lima al final del siglo XX y comienzos del XXI: salud y la cultura de la sobrevivencia*. Colección FLACSO 50 años.

Cuvi, N. 2009. *Ciencia e imperialismo en América Latina: la Misión de Cinchona y las estaciones agrícolas cooperativas (1940-1945)*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Filosofía.

Ding C, He J. 2010. Effect of antibiotics in the environment on microbial populations. *Appl Microbiol Biotechnol*. 87(3):925-41.

Douville, M., Gagne F, Andre, C., Blaise C. 2007. Occurrence of the transgenic corn cry1Ab gene in freshwater mussels (*Elliptio complanata*) near corn fields: Evidence of exposure by bacterial ingestion. *Ecotoxicology and Environmental Safety*

Duery, Lilian. 1996. "Científicos reafirman alarma por futuro de bosques nativos. Publicado en "Avances del Conocimiento", Editorial Antártica.

Dyson Freeman. 2010. *El científico rebelde*. Debolsillo. Barcelona. 376 pp.

Edward, R. 2012. Radioactive waste 'may be blighting 1,000 UK sites'. MoD under fire after report finds number of contaminated sites is far higher than previously estimated. *The Guardian*, 2 de mayo 2012.

El Comercio. "Sucedió hace un siglo". Lima, domingo, 15 de enero de 2012. [http://elcomercio.pe/impresa/notas/sucedio-hace-siglo\\_1/20120115/1361129](http://elcomercio.pe/impresa/notas/sucedio-hace-siglo_1/20120115/1361129)



Encyclopedia of Biodiversity. Simon Levin Ed. Princeton University, New Jersey. Elsevier. 2000, actualizada a julio 2007.

Equipo Técnico Plan Maestro PNIM-CC. 2005. Parque Nacional Ichigkat Muja – Cordillera del Cóndor. Plan Maestro 2005 – 2009. Paz y Conservación en la Cordillera del Cóndor, Ecuador - Perú. Documento 18.

European Parliament. Science and Technology Options Assessment (STOA). 2008. NanoSafety - Risk Governance of Manufactured Nanoparticles. Final Report. (IP/A/STOA/FWC/2008- 096/LOT5/C1/SC3).

Federation of American Scientists. Nuclear Weapon Effects. Disponible en: <<http://www.fas.org/nuke/intro/nuke/effects.htm>>

Fernández Durán . 2010. El antropoceno: la crisis ecológica se hace mundial. La expansión del capitalismo global choca con la Biosfera. Ecologistas en Acción. Madrid.

Folgarait P. y Farji-Brener A. 2009. Un mundo de hormigas. Siglo XXI Editores. 2da. Edición. Buenos Aires. pp. 96.

Foster, B. y Clark, B. 2004. Imperialismo ecológico. La maldición del capitalismo. Socialist Register.

Franche C., Laplaze L., Duhoux E., and Bogusz, D. 1998. Actinorhizal Symbioses: Recent Advances in Plant Molecular and Genetic Transformation Studies Critical Reviews in Plant Sciences, 17(1): 1–28.

Frioni L. 1999. Procesos microbianos. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto Río Cuarto, p. 273.

Gast, R. K., Stephens, J., and Foster, D. 1988. Effects of kanamycin administration to poultry on the proliferation of drug resistant Salmonella. Poultry Sci. 67, 699–706.

Gerlach, J. Hoffman S., Hochkirch A., Jepsen S, Seddon M, Spector S., Williams. P. 2012. Terrestrial invertebrate life. En : pp 46 – 56. Spineless Status and trends of the world's invertebrates. Editores: Edited by Ben Collen, Monika Böhm, Rachael Kemp and Jonathan E. M. Baillie. Zoological Society of London (Londres).

Global Ocean Biodiversity Initiative. Working towards high seas conservation. <[www.GOBI.org](http://www.GOBI.org)>

González, Adrián. El uranio como moneda de cambio. En: Miradas al Sur. Año 3. Edición número 149. Domingo 27 de marzo de 2011.

Grain. 2009. Las corporaciones siguen especulando con el hambre. Disponible en: <<http://www.grain.org/es/article/entries/718-las-corporaciones-siguen-especulando-con-el-hambre>>



Greenpeace. <<http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/peace/abolish-nuclearweapons/the-damage/>>

Grønsberg I., Nordgård L., Fenton Hegge B.K., M. Nielsen K.M., Bardocz S., Pusztai A., Traavik T., 2011. Uptake and Organ Distribution of Feed Introduced Plasmid ADN in Growing or Pregnant Rats. *Food and Nutrition Sciences*. 2: 377-386.

Grupo de Expertos en Acceso y Distribución de Beneficios – CBD. 2006. Report of the regional 188 biopiracy prevention workshop. Sevilla – España.

Grupo ETC. 2012. Biomaster Battle to Control the Green Economy. pp.18. [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)

Grupo ETC. 2011 “¿Quién controlará la economía verde?”. Disponible en: [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)

Grupo ETC. 2010. Geopiratería. Argumentos contra la geoingeniería. *Comunicqué* No.103.

Grupo ETC. 2010. Synthia is Alive ... and Breeding Panacea or Pandora's Box?. *Boletín de Prensa*. 20 de mayo 2010.

Grupo ETC. 2007. Ingeniería genética extrema. Una introducción a la biología sintética. pp.70.

Hale Benjamin y Dilling. Lisa. 2011. Geoengineering, Ocean Fertilization, and the Problem of Permissible Pollution. *Science, Technology, & Human Values* 36(2) 190-212.

Hamilton R (2006). The gene weavers. *Nature*. 441:683-685.

Hawking, Stephen. 1988. La historia del tiempo. Disponible en: <<http://www.librosmaravillosos.com/historiatempo/index.html>>

Hermery, H. 2007. Effects of some synthetic fertilizers on the soil ecosystem. Mimeo.

Ho, Mae Wan. 1998. Genetic Engineering, Dream or Nightmare?: The Brave New World of Bad Science and Big Busines. Gatebooks. Bath UK.

Ho, Mae Wan y Cummins Joe, 2005. Arboles Transgénicos - La última Amenaza. *Ecoportal*. Disponible en <<http://www.ecoport.net/content/view/full/45904>>

Hughes J.D. y Thirgood J.V. (1982). Deforestation, Erosion, and Forest Management in Ancient Greece and Rome. *Journal of Forest History*. Vol. 26, No. 2: 60-75

Ibáñez J. J. 2008. El Mundo Perdido de Los Tepuyes y el Escudo Guayanés: Una de las Grandes Maravillas de la Naturaleza. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/02/17/84679>>



Ibáñez J. J. 2008 a. De la Edafología a la Zona Crítica Terrestre: ¿Iniciativa Institucional o Cambio de Paradigma Científico? Disponible en <<http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/07/22/97306>>

INRENA. Plan Maestro PNIM-CC. Parque Nacional Ichigkat Muja Cordillera del Cóndor. 2005-2009. Perú.

Joensen L. y Semino S. 2004. OMGs en Argentina ¿a qué precio?. Estudio de Caso del Impacto de la Soja Modificada Genéticamente del Grupo de Reflexión Rural de Argentina, publicado por Econexus y The GAIA Foundation. Octubre 2004.

Kelly, T. R., Pancorbo, O. C., Merka, W. C., and Barnharts, H. M. (1997). Antibiotic resistance of bacterial litter isolates. *Poult. Sci.* 77, 243–247.

Kremer R.J. y Donald, P. 2003 Herbicide impact on *Fusarium* spp. And soybean cyst nematode in glyphosate tolerant soybean. *American Society of Agronomy*, (573) 882-2716.

Kremer R.J. y Means N. E. 2009. Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *Europ. J. Agronomy* 31: 153–161.

Kunik, T., Tzfira, T., Kapulnik, Y., Gafni, Y., Dingwall, C., & Citovsky, V. (2001) Genetic transformation of HeLa cells by *Agrobacterium*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 1871-1876

Kumar K., Gupta, S., Chander Y. y K. Singh A. 2005. Antibiotic Use in Agriculture and its Impact on the Terrestrial Environment. *Advances in Agronomy*, Volume 87.

Kulthong, K., Srisung, S., Boonpavanitchakul, K., Kangwansupamonkon, W. and Maniratanachote, R. (2010): Determination of silver nanoparticle release from antibacterial fabrics into artificial sweat. *Part Fibre Toxicol*, 7, 8.

La Jornada, México. "Epidemia de lucro". Silvia Ribeiro. Martes 28 de abril de 2009.

Laariátegui David. Revisión Histórica del Ecuador. El árbol de quina, 400 años de su descubrimiento. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/69693417/HISTORIA-DE-LA-QUINA>>

Lloret L. y Martínez, E. 2005. Evolución y filogenia de *Rhizobium*. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. Vol. 47 No. 1-2. Pp. 43 - 60

Lockart BE, Menke J, Dahal G, Olszewski NE. 2000. Characterization and genomic analysis of tobacco vein clearing virus, a plant pararetrovirus that is transmitted vertically and related to sequences integrated in the host genome. *J Gen Virol.* 81:1579-1585

Lohman L. s/f. El mercado de Carbono. Sembrando más problemas. *Movimiento Mundial de Bosques. Boletín Informativo*.

Lowe S. et al. 1993. Biology, Ecology, and Biotechnological Applications of Anaerobic Bacteria Adapted to Environmental Stresses in Temperature, pH, Salinity, or Substrates. *Microbiological Reviews*, June, 1993, p. 451-509



Manifiesto de la Sociedad Civil frente a la expansión de los agrocombustibles. "La Geopolítica de los Agrocombustibles. Seminario "Soberanía Alimentaria, Soberanía Energética y la transición hacia una sociedad post-petróleo". Quito, junio 2007.

Martin R. 2006. R, 2006, Radioactive Polonium-210 found in Tobacco, Town Square Assembly, ACSA. Disponible en: <<http://www.acsa2000.net/HealthAlert/lungcancer.html>>

Martínez-Alier, J. 2006. Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sostenibilidad. Revista Polis Latinoamericana en línea. <<http://polis.revues.org/5359>>

Martínez-Alier, J. 2004. Deuda ecológica vs. Deuda externa. Disponible en: <<http://www.deudaecologica.org/Deuda-externa-e-IFIs/Deuda-ecologica-vs.-deuda-externa.html>>

Maynard Smith, John y Szathmáry Eörs. 1999. Ocho hitos de la evolución. Del origen de la vida a la aparición del lenguaje. Metatema 67. Tusquets Editores. (Barcelona) pp. 277.

Mette M F, Kanno T, Aufsatz W, Jakowitsch J, van der Winden J, Matzke M.A. y Matzke A.J.M. 2002. Endogenous viral sequences and their potential contribution to heritable virus resistance in plants. The EMBO Journal: 21, 461 – 469.

New York State Department of Health. 2004. Facts about Ammonia, <[http://www.health.state.ny.us/environmental/emergency/chemical\\_terrorism/docs/ammonia\\_tech.pdf](http://www.health.state.ny.us/environmental/emergency/chemical_terrorism/docs/ammonia_tech.pdf)>

Newton, W. 2005. Prefacio. En: Dietrich Werner y William E. Newton (Eds.). Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment. Springer (Holanda).

Oberdörster, G., et al. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. Particle and Fibre Toxicology 2005, 2:8.

Oberdörster, G., Sharp, Z., Atudorei, V., Elder, A., Gelein, R., Lunts, A., Kreyling, W. and Cox, C. 2002. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. J Toxicol Environ Health A, 65(20), 1531-1543.

Oceana. Oficina para América del Sur y Antártica . PESCA DE ARRASTRE: ARRASANDO LA VIDA MARINA . Documento 5 , con la colaboración de Alejandro Buschmann y Carlos Astudillo.

Olcina, Mariola. 2011. Energía nuclear: un cáncer para el medio ambiente. Revista El Ecologista. No. 69. Junio. Ecologistas en Acción

Organización Meteorológica Mundial (2008). El Niño/La Niña hoy. Noviembre de 2008.

Ospina, William. Los sentidos del cuarto elemento. El Espectador de Colombia. 23 de agosto, 2008.



Padua, J.A. 2009. Pensar la historia ecológica. En: Una aproximación a la historia ecológica del Ecuador y Latino América. Instituto de Estudios Ecologistas. Quito. pp. 4 – 23.

Padua, J. A. 2005. Nas origins do horror às florestas. 27 Feb, 2005. O Eco. Brasil.

Pantoja A J. y Gómez Caballero J. 2004. Los sistemas hidrotermales y el origen de la vida. Ciencias. Julio-septiembre. No. 5. Universidad Autónoma de México. pp. 14 – 22.

Patten, D. K., Wolf, D. C., Kunkle, W. E., and Douglass, L. W. (1980). Effects of antibiotics in beef cattle feces on nitrogen and carbon mineralization in soil and plant growth and composition. *J. Environ. Qual.* 9, 167–172.

Patin, S. (1999) Factors of the offshore oil and gas industry's impact on the marine environment and fishing. En. *Environmental Impact of the Offshore Oil and Gas Industry*. EcoMonitor Publishing. NY.

Pearson V. y Read D. (1973) Biology of mycorrhiza in the Ericaceae. II. Transport of carbon and phosphorus by endophyte and mycorrhiza. *New Phytol* 72: 1325–1331.

RAPAL. s/f. Plaguicidas con Prontuario. Hoja técnica. Glifosato.

Red Manglar Internacional. <[www.redmanglar.org](http://www.redmanglar.org)>

RAPAM. Fernando Bejarano González

Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México. Disponible en:

<http://www.reduas.fcm.unc.edu.ar/2-4-d-de-arma-quimica-a-campeon-de-ventas/>

Regal P. 1998. A brief History of Biotechnology Risk Debates and Policies in the United States. An occasional paper of The Edmonds Institute.

Reny W., Taylor T., Hass T y Hans K. 2004. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* Vol. 91, pp. 11841-11843.

Reyes Pérez, Noel. 2002. Virus en hongos que enferman plantas. *La Ciencia y el Hombre*, septiembre-diciembre. No. 3, p. 43-44

Reyes, F. Ajamil, C y Hernández, J. (2005). Los derrames de petróleo en la Amazonía como masivo ambiental fijo. En: *Petróleo, Amazonía y Capital Natural*. Fondo Editorial C.C.E. Quito.

Ribeiro, Silvia. Ponencia "Recolonizando lo vivo: nuevas fronteras de la biotecnología, genómica y biología sintética". Septiembre 2011. Universidad Andina. Quito

Richter, A., Loscher, W., and White, W. 1996. Feed additives with antibacterial effects—Pharmacologic/toxicologic and microbiologic aspects. *Prak. Tierarzt.* 77, 603.

Rodríguez-Pérez M. y Beckage N. 2006. Estrategias co-evolutivas de la interacción entre parasitoides y poliADNvirus. *Revista Latinoamericana de Microbiología*. Vol. 48, No. 1. pp. 31 - 43



Rouse, J. G., Yang, J., Ryman-Rasmussen, J. P., Barron, A. R. and Monteiro-Riviere, N. A. 2007. Effects of mechanical flexion on the penetration of fullerene amino acid-derivatized peptide nanoparticles through skin. *Nano Letters*, 7(1), 155-160.

Ruiz M. 2012. Devastación ambiental y dependencia en América Latina: perspectiva desde el ecomarxismo. (mimeo).

Rule, A. M. 2011. Impactos de la agroindustria en el medio ambiente y la salud pública. Ponencia presentada en el I Congreso Internacional y del Caribe en Salud Ambiental y Ocupacional: Salud, Trabajo y Ambiente - Marzo 3 y 4 de 2011.

Russo, R.O. 2005. Nitrogen Fixing Trees with Actinorhiza in Forestry and Agroforestry. En: Dietrich Werner y William E. Newton (Eds.). *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment* Capítulo 8. pp. 143 – 165. Springer (Holanda).

Ryman-Rasmussen, J. P., Riviere, J. E. and Monteiro-Riviere, N. A. 2006. Penetration of intact skin by quantum dots with diverse physicochemical properties. *Toxicol Sci*, 91(1), 159-165.

Santamaría, José. El cierre de Chernóbil no acaba con la pesadilla nuclear. Disponible en: <<http://www.inisoc.org/chernobil.htm>>

Saporito R.A., Donnelly M.A., Spande T.F., Garraffo H.M. 2012. A review of chemical ecology in poison frogs. *Chemoecology* 22:159–168

Saskatchewan Labour s/f. Anhydrous Ammonia, Hazard Information for Farmers. Government of Saskatchewan.

Scientific American, enero de 1993, p.p. 64-70.  
Disponible en: <<http://www.uvi.edu/coral.reefer/>>

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Marzo 2008. El avance de la frontera agropecuaria y sus consecuencias. Argentina.

Sempere, J. 2009. Mejor con menos. Necesidades, explosión consumista y crisis ecológica, Crítica. (Barcelona)

Sepúlveda Jiménez G., Porto H., y Rocha M. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. No. 21(3): 355 – 363.

Séralini G. E. Clair E., Mesnage R., Gress S., Defarge N., Malatesta M., Hennequin D., Spiroux de Vendômois J. 2012. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food and Chemical Toxicology*.

Sommers, Marcos. 2011. Océanos: su acidificación es una amenaza real y grave de nuestra existencia. *Synthetic Biology News*. A Lab of their own. September 2, 2011. <[www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)>



Stancich, Elba. 2003. Cuando los ríos se modifican, pierden los pueblos y la biodiversidad. *Revista Biodiversidad, Sustentos y Culturas*.

Tagliani, L. 2004. También el sol muere. Cuatro años con los Huaorani. *CICAME*.

Terán M. C. 2003. Los Arrecifes, selvas submarinas. *Ecuador Terra Incognita*. No. 23

The National Geographic. 2010. Mapa de los ríos del mundo. Número especial de abril.

Tietjen, C. 1975. Influence of antibiotics and growth promoting feed additives on the manuring effect of animal excrements in pot experiments with oats. "Managing Livestock Wastes", *Proc. 3rd Int. Symp. on Livestock Wastes*, 21–24 Apr. 1975, pp. 328–330. Urbana-Champaign, IL. *Am. Soc. Agric. Eng.*

Trifonov Edward 2012. What Is Life?. Designing the simplest possible living organism artificially may lend clues as to what life is.

UNEP, FAO y UNFF. 2009. *Vital Forest Graphics*. (Nairobi) pp. 75

USAID 2005. *USAID's Biodiversity Conservation Programs FY 2004*. Pág. 72

USDA. U.S. Drought 2012: Farm and Food Impacts.

Disponible en: <<http://www.ers.usda.gov/newsroom/usdrought-2012-farm-and-food-impacts.aspx>>

UK Biodiversity Action Plan. Grouped plan for baleen whales.

Disponible en: <http://www.ukbap.org.uk/UKPlans.aspx?ID=753>

Walczyk, D., Bombelli, F. B., Monopoli, M. P., Lynch, I. and Dawson, K. A. (2010): What the cell "sees" in bionanoscience. *J Am Chem Soc*, 132(16), 5761-5768.

Warman, P.R., 1980. The effect of Amprolium and Aureomycin antibiotic on the nitrification of poultry manure-amended soil. *Journal of the Soil Science Society of America* 44 (6), 133 - 1334.

Webb, G.A.M., Anderson, R.W. y Gaffney M J S. 2006. Classification of events with an off-site radiological impact at the Sellafield site between 1950 and 2000, using the International Nuclear Event Scale. *Journal of Radiological Protection* Volume 26 Number 1.

Windels P, Taverniers I, Depicker A, Van Bockstaele E, De Loose M. 2001. Characterisation of the Roundup Ready soybean insert. *Eur Food Res Technol* 213: 107-112.

World Nuclear Association. *World Uranium Mining*. Acceso junio 2012.

Disponible en: <<http://www.world-nuclear.org/info/inf23.html>>

WRM. Boletín N° 145. Agosto de 2009

WRM. Boletín N° 53, diciembre de 2001



WRM. 2005. Fábricas de celulosa: Del monocultivo a la contaminación industrial. Montevideo. Disponible en: <[www.wrm.org.uy/plantaciones/Libro\\_celulosa.pdf](http://www.wrm.org.uy/plantaciones/Libro_celulosa.pdf)>

WRM. Palma aceitera de la cosmética al biodiesel. La colonización continúa. Montevideo, septiembre 2006.

Disponible en: <[www.wrm.org.uy/plantaciones/material/PalmaAceitera2.pdf](http://www.wrm.org.uy/plantaciones/material/PalmaAceitera2.pdf)>

WWF. 2004. Managing the Soy Boom: Two scenarios of soy production expansion in South America. WWF Forest Conversion Initiative. Amsterdam.

Zaffaroni R. 2011 Pachamama y lo humano. en Acosta, Alberto y Martínez, Esperanza (comps.) De la naturaleza del derecho a los derechos de la naturaleza (Quito: Editorial Abya Yala).





## EPÍLOGO

"En las edades geológicas de la tierra primigenia tuvieron amplio despliegue los demonios de la fuerza física. El fuego desatado, las aguas devoradoras, la furia de la tormenta, zarandeaban de continuo la tierra en espantosas contorsiones. Pero esos titanes cedieron finalmente el puesto al reino de la vida.

Hubo en aquellos días espectadores que se creían astutos y habrían apostado hasta su último céntimo por aquellos titanes y se habrían reído a carcajadas a expensas de la indefensa vida que sale a medirse con aquellos imponentes gigantes.

Solo un soñador habría proclamado entonces con inquebrantable convicción, la creencia de que aquellos colosos estaban llamados a desaparecer por su misma exageración.

Una vez más y perdonadme mi insistencia, pido a los soñadores de Oriente y Occidente que conserven su firme fe en la Vida que crea y no en la máquina que construye, en el poder que limita su fuerza y florece en belleza, y no en el poder que se remanga los brazos y se jacta de su capacidad para hacer daño.

No olvidemos que la máquina es buena cuando ayuda, no cuando aniquila la vida, que la ciencia es grande cuando destruye el mal, no cuando se une a él en una alianza nefasta".

Rabindranath Tagore

