



AÑO 2 / N° 5 / AGOSTO 2023

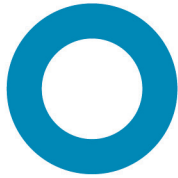


REVISTA DE

# BIOMIMESIS

TRANSDISCIPLINARIEDAD EN ARMONIA CON LA NATURALEZA



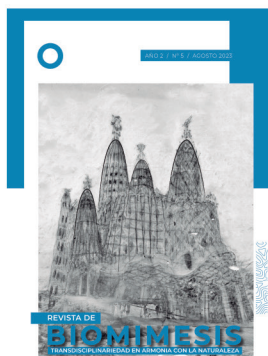


RI3. REVISTA DE

# BIOMIMESIS

TRANSDISCIPLINARIEDAD EN ARMONIA CON LA NATURALEZA

AÑO 2 / N° 5 / AGOSTO 2023



### Imagen de tapa

Trazos de Gaudí. Arcos de catenaria invertida en maqueta de Cripta Güell. Intervención sobre un dibujo original de Antoni Gaudí (fechaado alrededor de 1908 y 1910). Museu Nacional d'Art de Catalunya.

### Diseño de tapa

D.G. María Belén Quiñonez



RED INTERNACIONAL,  
INTERUNIVERSITARIA E  
INTERINSTITUCIONAL  
DE ESTUDIOS SOBRE  
BIOMIMESIS

ISSN: 2938-0944





## DIRECTORES

### **Hernando BERNAL ZAMUDIO**

Amassunu, Universidad del País Vasco y  
Experto del Programa Harmony with Nature,  
Organización de las Naciones Unidas (ONU).

### **Ludia Margarida CAGICA CARVALHO**

Instituto Politécnico de Setúbal, Portugal

### **Josep Antoní GARAY**

Naciones Unidas (Ginebra)

### **Carmen SANFRANCISCO MILLÁN**

Biomimetic Sciences Institute (BSI)

## COMITÉ CIENTÍFICO

### **Ibone AMETZAGA ARREGUI**

Universidad del País Vasco /Euskal Herriko Uni-  
bertsitatea /UPV/EHU)

### **Iker BANDIOLA ETXABURU**

Universidad del País Vasco /Euskal Herriko Uni-  
bertsitatea /UPV/EHU)

### **Jesús María BLANCO ILZARBE**

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Uni-  
bertsitatea /UPV/EHU)

### **Vincent BLOK**

Universidad de Wageningen

### **Vania Susana CALLE QUISPE**

Universidad San Mayor de Andrés, Bolivia

### **Javier COLLADO RUANO**

Universidad Nacional de Educación, Ecuador

### **Fernando Antônio CARVALHO DANTAS**

Universidad Federal de Goia

### **Armando CONTRERAS HERNÁNDEZ**

Instituto de Ecología México (INECOL)

### **Jorge Antônio Erick SAINZ CARDONA**

Universidad San Mayor de Andrés, Bolivia

### **Erika LLANOS RISSO**

Universidad Amazónica de Pando, Bolivia

### **Caterina MELE**

Politécnico de Turin, Italia

### **Jairo Ricardo MORA DELGADO**

Universidad del Tolima, Colombia

### **David SANCHEZ RUANO**

Instituto Tecnológico de Monterrey

### **Unai TAMAYO ORBEGOZO**

Universidad del País Vasco /Euskal Herriko Uni-  
bertsitatea /UPV/EHU)

### **Gloria Marlene DÍAZ MUÑOZ**

Universidad Externado de Colombia

### **Claudia Inés RIVERA CÁRDENAS**

Universidad Nacional Autónoma de México

### **José Claudio ROCHA**

Universidad del Estado de Baía, Brasil

### **Daniel Edgardo VEDOYA**

Universidad Nacional del Nordeste Argentina

## COMITÉ DE DISEÑO, ARTE Y COMUNICACIÓN

### **Serena PISANO**

Museo de Roma

### **Ricardo CONTRERAS IGUARAN**

Instituto de Ecología México

### **Ludovica ROSSI**

Jeison Andrés BERNAL CAÑÓN

### **Ivan DAVILA VELANDIA**

Universidad Nacional de Colombia

## COMITÉ DE TRADUCCIÓN

**Jesús HAMINTON ORTIZ** (inglés)

**Caterina MELE** (italiano)

**Paula PUJOL** (inglés)

**Diana Carolina RIAÑO** (inglés)

**Claudio ROCHA** (portugués)

## COMITÉ DE DISEÑO EDITORIAL ARTÍSTICO

**Víctor CABRERA**

**Nidia HANSEN**

**María Belén QUIÑONEZ**

**Ludovica ROSSI**

**Carmen SANFRANCISCO MILLÁN**

**Manu vb TINTORÉ**

**Daniel Edgardo VEDOYA**



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**



## **ÍNDICE**

### **PRÓLOGO**

**La Economía Circular Biomimética (ECB): un antídoto ante la crisis de la civilización por la destrucción de la Naturaleza**

Hernando Bernal Zamudio

..... 1

### **ARTÍCULOS**

**Civilización ecológica: una premisa, una promesa y, tal vez, una posibilidad**

Freya Mathews

..... 7

**Reflexiones sobre Biomimesis, polución y salud humana**

Gaskon Ibarretxe Bilbao

..... 17

**Consideraciones básicas para el diseño de Estructuras de Grandes Luces**

Daniel Edgardo Vedoya

..... 25

**Uso de plantas medicinales en enfermedades prevalentes en la subregión del San Juan, Departamento de Chocó – Colombia**

Liliana Yadira Martínez Parra

..... 35

**Economía Circular Biomimética (ECB): sinergias para el tercer milenio en armonía con la Naturaleza**

Jairo Ricardo Mora - Delgado, Hernando Bernal Zamudio

..... 45

### **ARTE BIONSPIRADO**

**Técnicas y obras relacionadas con la antotipia, fitotipia y lument**

Julio Mingyar Blones Borges

..... 51



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**

AÑO 2 / N° 5 / AGOSTO 2023

# PRÓLOGO





RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**





## PRÓLOGO

# La Economía Circular Biomimética (ECB): un antídoto ante la crisis de la civilización por la destrucción de la Naturaleza

La historia de la humanidad, con su respectivo avance en términos de la economía, la política y la cultura, con sus concernientes interacciones, como con sus interrelaciones con las dinámicas y los procesos de la Naturaleza, siempre emocionantes e inspiradoras, aunque también llenas de preocupaciones e incertidumbres, donde tanto el optimismo como el pesimismo se conjugan y juegan según los actores sociales que responden a los intereses de clase, donde cada uno genera su estrategia a su favor para poder superar al contrario en el aprovechamiento de los componentes de la base natural y la imposición de su respectivo relato socioeconómico, sociocultural y sociopolítico convertido en ideología.

Perspectivas que conllevan, en términos generales, a transitar por medio de dos vías, una referida a la cooperación y la otra definida por la competencia. La vía de la cooperación, la solidaridad y el apoyo mutuo corresponde a la esperanza, la tolerancia, la inclusión, el progreso, la *poiesis* que conllevará a la civilización ecológica, dado que los seres humanos son sociales por antonomasia. La noción de competencia, mal concebida por los humanos, por el fundamenta en aprovecharse de la debilidad de las personas, donde prima el interés particular sobre el comunitario; lo cual nos conlleva a la exclusión social y a la actual sexta extinción de especies a escala planetaria.

Para entender la historia de la economía humana se la puede abordar diferenciando fases, con sus respectivos procesos y dinámicas, a partir de una economía inicialmente ligada a las sociedades cazadoras y recolectoras, y la posterior economía premoderna agraria feudal, así como también la economía moderna industrial mercantilista, derivada posteriormente, y la reconocida actualmente como economía y sociedad postmoderna del conocimiento. Esta última está condicionada a ser un estímulo para el desarrollo postindustrial, tanto en los países industrializados del norte, como en los enclaves de los denominados países de industrialización tardía del sur global.

En la actual fase del desarrollo económico y civilizatorio, tanto para los productos como para los servicios de la economía humana postmoderna crematísticas, es fundamental que se observen los procesos y las dinámicas en que incurren los componentes de la Naturaleza, bióticos y abióticos, para no continuar en la senda de su destrucción generada por el modelo de producción, consumo y acumulación económico neoliberal; como lo exponen recientes investigaciones, que indican que debe haber un equilibrio en el mercado con otros valores no monetarios comerciales, como los de intangibilidad relacionada con bagajes cognoscitivos de cosmovisiones asociadas con la Naturaleza, y que son relevantes para innumerable sociedades del mundo; ya que la Naturaleza no fue creada y no responde a las leyes del mercado; construcción eminentemente humana, pues, existen un incongruencia por parte del mercado en términos de su valoración, por su complejidad, interrelaciones e interdependencia e inconmensurabilidad. Resulta aquí relevante como significativo reconocer la circularidad a nivel ecosistémico, hacer una transposición hacia los sistemas humanos e ir, con ello, construyendo estrategias de reconocer para vivir en la complejidad y con ello se respeta la armonía con la Naturaleza.

El hecho de coexistir en armonía con los componentes de la Naturaleza nos permite materializar una civilización ecológica, cuya implementación es impostergable en los tiempos actuales, al tiempo que resulta estratégico para el siglo XXI. Consecuentemente, el reciclaje de materiales, el uso de energías renovables y la transmisión de la información por vía de la cadena trófica, como así también por la información transmitida genéticamente, son fundamentales para configurar un estímulo para impulsar una Economía Circular Biomimética (ECB) a escala global, pero teniendo en cuenta las particularidades de cada territorio con sus respectivas sociedades.

La Economía Circular Biomimética (ECB), corresponde a una propuesta original e inédita, cuyo paradigma central está relacionado con el propósito de que la Naturaleza sea considerada como Sujeto de Derecho, postulado central desde el paradigma biocéntrico que impulsa el Programa *Armony with Nature* de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (<http://www.harmonywithnatureun.org/>). Esta perspectiva se diferencia de la Economía Circular convencional, que propicia seguir creciendo en el sistema económico convencional, donde se dan paliativos en términos de procesos de regeneración y restauración en ambientes deteriorados de la base Natural por medio de procesos lineales, que en su centralidad no toma en cuenta la sensibilidad y el compromiso de las buenas prácticas para poder vivir en armonía con la Naturaleza; de este modo, la Naturaleza sigue siendo sujeto de extracción y apropiación, donde los humanos la usan a su libre albedrío. Ejemplo de ello es la denominada Economía verde, la cual busca el Desarrollo centrado en lo Humano por medio de la sostenibilidad, en función y destino el cual está ligado a las necesidades y a los caprichos humanos. Para dicha economía verde su eslogan corresponde: carbono verde, energía verde, diseño verde, marketing verde, empleo ver, empresa verde, partido político verde, lobby verde, entre otras dimensiones, centradas en el antropocentrismo.

La Economía Circular Biomimética (ECB) procura implementar elementos muy significativos de la Economía Circular Convencional (ECC), con una diferencia radical que impone el biocentrismo, donde se afirma que todo ser vivo merece ser respetado. Con todo ello reivindica como centralidad el valor primordial de la vida, dado que la Naturaleza ha cumplido y está cumpliendo su función de soporte de la vida en el planeta tierra. Desde esta Economía Circular Biomimética (ECB) se impulsa un nuevo pacto social, cultural y político entre los humanos y la madre Naturaleza, que incida en las dinámicas y en los procesos para no seguir destruyéndola, y sí, en cambio, proseguir con su proceso de autopoiesis. Los seres vivos en su totalidad, con los cuales venimos conviviendo y coevolucionando los humanos, merecen el debido respeto y tienen por lo tanto el mismo derecho a existir y coexistir, como también el de poder reproducirse y desarrollarse, para con ello exteriorizar su autonomía y su respectiva potencialidad inter e intra generacionalmente.

Recientemente, el premio Nobel de química Paul Crutzen ha definido y comprobado la emergente nueva era denominada Antropoceno, consecuente con los impactos que generan los humanos sobre la Biosfera y sus repercusiones a nivel de los ecosistemas terrestres, marinos y el ecosistema extraplanetario. El Antropoceno reemplaza al Holoceno, la época actual del período Cuaternario. De igual manera, se ha propuesto la era denominada del Idioceno, caracterizada por que los humanos, como especie *Homo sapiens sapiens*, han colocado todo su empeño en aniquilarse y autodestruir la vida misma; esta era del Idioceno fue propuesta por Douglas Adams dentro de su obra denominada ‘Guía del Autoestopista Galáctico’, título original “*The Hitchhiker’s Guide to the Galaxy*”.

Lo cierto es que la Economía Circular Biomimética (ECB), se despliega en un horizonte infinito de oportunidades que podemos explorar y conocer para nuestro bien y el de los componentes de la Naturaleza, y así salir tanto del Idioceno como del Antropoceno, y esto sólo podremos lograr siendo conscientes de que las respuestas a nuestros problemas la Naturaleza ya los ha solucionado hace millones de años. Nuestra creatividad, inteligencia, responsabilidad, solidaridad, apoyo mutuo y los principios de precaución nos permitirán descubrir y respetar las leyes que la rigen a

la Naturaleza y el cosmos para no violentarlas, para no incurrir en el Idioceno, y para superar las incertidumbres creadas por el mal comportamiento de los humanos ante la puesta en práctica de su sistema económico imperante crematístico.

Al predominar la visión económica de que todos los componentes de la Naturaleza se tienen que transar en un mercado monetizado, se espera que en el presente, como así también en el futuro, se premie a las buenas prácticas de producir y de consumir, donde los productos y los servicios logren mimetizarse con los componentes de la Naturaleza, por medio de procesos y dinámicas limpias, resilientes, regenerativas, restaurativas, redistributivas, y con ellas predomine la reciprocidad inter e intrageneracional, no sólo entre los humanos, sino teniendo en cuenta a las demás especies que tienen el mismo derecho a existir en la Biosfera y de formar parte del proceso evolutivo cósmico.

Siguiendo con la dinámica de divulgar los procesos de investigación y del desarrollo tecnológico biomimético y del artístico de carácter bioinspirado, en este número 5 de la “Revista de Biomimesis. Transdisciplinariedad en armonía con la Naturaleza”, se exponen cinco aproximaciones que incitan y pretenden dar soluciones a los problemas de insostenibilidad, tanto en el mundo rural como el urbano, pero bajo la perspectiva de la biomimética y de otra parte una muestra artística bioinspirada.

El primer artículo es de la filósofa e investigadora emérita Freya Mathews de la Universidad de Latrobe de Australia, con el título: “*Civilización ecológica: una premisa, una promesa y, tal vez, una posibilidad*”, el cual trata sobre dos dimensiones dialécticas a que tienen que ver con un enfoque reformacional, a cual pretende limitar el impacto ecológico de la civilización industrial moderna sin cambiar su dualismo subyacente entre el ser humano y la Naturaleza. Y de otra parte el enfoque transformacional, el cual pretende cambiar esa premisa instituyendo modos de praxis totalmente nuevos que integren la producción económica con la funcionalidad ecológica.

El segundo trabajo corresponde al médico y académico Gaskon Ibarretxe Bilbao, de la Facultad de Medicina y Enfermería de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) con el titulado: “*Reflexiones sobre Biomimesis, polución y salud humana*”. El cual trata como se puede ayudar a paliar las consecuencias negativas en la salud humana inducidas por la contaminación, especialmente en zonas urbanas, y analiza en particular la gestión ambiental de la ciudad de Bilbao, y se ofrecen estrategias de mejora basadas en la Biomimesis.

El tercer artículo del investigador, arquitecto y académico Daniel Edgardo Vedoya de la Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, el cual se denomina: “*Consideraciones básicas para el diseño de Estructuras de Grandes Luces*”, donde expone un cúmulo de consideraciones que van determinando los alcances del concepto “estructuras de grandes luces”, y los factores de análisis que permitan identificar su razón de ser, donde estas estructuras se han caracterizado por exponer recursos tecnológicos muy singulares, en las que aparecen cubiertas de membranas, mallas y tejidos, láminas cáscara, estereoestructuras, etc. Por estas condiciones estructurales han sido reconocidas como “estructuras livianas”, “domos geodésicas”, cubiertas colgantes, etc.

El cuarto artículo por la bacterióloga Liliana Yadira Martínez Parra, del Programa de enfermería, facultad de ciencias de la salud, universidad tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Quibdó, Colombia, quien desarrollo la investigación: “*Uso de plantas medicinales en enfermedades prevalentes en la subregión del San Juan, Departamento de Chocó – Colombia*”, donde expone lo relacionado con describir el uso de las plantas medicinales en enfermedades prevalentes, reconociendo el conocimiento ancestral de plantas medicinales en función salud–enfermedad que aquejan las poblaciones de la subregión del San Juan. Se identificaron 96 especies vegetales distribuidas en 41 familias botánicas, siendo las familias Asteraceae y Piperaceae las que cuen-

tan con mayor porcentaje de especies medicinales, seguidas por las familias Melastomataceae, Lamiaceae, Rubiaceae, Fabaceae y Arecaceae.

El quinto artículo elaborado por el investigador médico Veterinario y Zootecnista Jairo Ricardo Mora-Delgado, del Grupo de Investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios, Universidad del Tolima, Ibagué, y el agrologo consultor e investigador Hernando Bernal Zamudio, del Biomimetic Sciences Institute (BSI), experto del Programa Harmony with Nature de la ONU, coordinador general de la Red Internacional, Interuniversitaria e Interinstitucional de estudios sobre de Biomimesis, presidente de la Asociación Amassunu y docente ocasional de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) y de la Universidad de la Laguna, quienes exponen artículo el cual lleva el título: “*Economía Circular Biomimética (ECB): sinergias para el tercer milenio en armonía con la Naturaleza*”, donde exponen una reflexión sobre aproximaciones a la valoración de los flujos de materia, energía e información en los sistemas de producción agropecuarios como urbanos, enfatizando en la propuesta de una Economía Circular Biomimética (ECB), cuya importancia recae en que la Naturaleza sea Sujeto de Derecho para vivir en armonía con la Naturaleza. Y de otra parte en relación a aproximaciones para comprender la eficiencia de los arreglos agrícolas, agroforestales, como la producción industrial a nivel urbano y se citan algunos casos exitosos desarrollados en Colombia.

En la sección de arte bioinspirado, se expone una parte de la obra artística y biólogo Julio Blones Borges, quien es el Coordinador del Laboratorio de Etnoecología Agroecológica. Adscrito al Centro para el Desarrollo Estudio Agroecológico Tropical (CEDAT), Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT), Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, República Bolivariana de Venezuela. Dicho investigador expone una serie de imágenes realizadas bajo algunos procesos fotográficos alternativos como son la antotipia, fitotipia y lument. Técnicas, artesanales y orgánicas, donde se intenta transmitir a través de una estética particular de la imagen, una perspectiva alterna y surreal de elementos e individuos provenientes de la Naturaleza.

A su atención,

**Hernando Bernal Zamudio**



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**

AÑO 2 / N° 5 / AGOSTO 2023

# ARTÍCULOS





RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**



## **Civilización ecológica: una premisa, una promesa y, tal vez, una posibilidad**

**Freya Mathews.** F.Mathews@latrobe.edu.au

Universidad de Latrobe de Australia.

### **Introducción**

Aquí se distinguen dos grandes enfoques de la civilización ecológica: el *reformacional* y el *transformacional*. El enfoque reformacional pretende limitar el impacto ecológico de la civilización industrial moderna sin cambiar su dualismo subyacente entre el ser humano y la Naturaleza. El enfoque transformacional pretende cambiar esa premisa instituyendo modos de praxis totalmente nuevos que integren la producción económica con la funcionalidad ecológica: se proponen formas de producción económica que no se limiten a limitar el impacto de la producción sobre la biosfera, sino que contribuyan positivamente a su salud y funcionalidad ecológicas. La *biomimesis*, entendida como un principio del diseño, se considera un principio operativo para una economía de este tipo, pero se rechaza en favor de la *biosinergia*, entendida como protocolo para el compromiso. Definida en términos de los principios gemelos de *conatividad* y *adaptación y menor resistencia*, la biosinergia se propone como protocolo fundamental de los sistemas vivos. Los modos de producción guiados por la biosinergia no tratarían de crear sistemas artificiales inspirados en las características de diseño de los sistemas vivos, sino que colaborarían con ellos para satisfacer las necesidades humanas y, al mismo tiempo, mejorar su funcionalidad. Para ello, crucialmente los seres humanos tendríamos que adaptar nuestros fines a los de esos sistemas; en una palabra, desear lo que nuestros otros-ecológicos necesitan que deseemos.

#### 1. Palabras clave: visiones.

¿Qué es la civilización? Por civilización me refiero a aquellas formaciones culturales expansivas establecidas por las sociedades sedentarias, estratificadas, generalmente alfabetizadas y centralizadas administrativamente que se originaron en el hemisferio norte durante el Neolítico y predominan en el mundo actual. Estas sociedades se basaban en formas de producción agrarias que requerían mucha mano de obra. Mientras que las sociedades pre-agrarias recurrían a la ecología natural para su subsistencia, las sociedades civilizadas crearon espacios propios en su entorno y los dedicaron exclusivamente al uso humano. Lo consiguieron a costa de grandes esfuerzos, mediante la roturación de la tierra, el cultivo y la domesticación -a menudo de especies exóticas- y la construcción de asentamientos permanentes. Estos escenarios cultivados y, con el tiempo, artificiales, fueron sustituyendo gradualmente a los paisajes naturales. El recurrir al esfuerzo y al artificio humano en lugar de la Naturaleza acabó dando lugar no sólo a las economías agrarias y la urbanización de la sociedad, sino al industrialismo, y es en esa forma industrial como la civilización domina el mundo actual.

Los miembros de las sociedades pre-agrarias, por el contrario, dependían de las posibilidades de las ecologías locales para obtener alimentos, refugios y otros requisitos. Tanto si eran auténticos forrajeadores como si eran lo que en otro lugar he dominado custodios, que practicaban

sofisticadas formas de gestión ecológica, sus culturas reflejaban un sentido de implicación en, y responsabilidad de, un intrincado conjunto de interdependencias ecológicas (Mathews, 2019). El conocimiento íntimo de estas interdependencias permitió a las personas garantizar, mediante intervenciones relativamente pequeñas, que los propios ecosistemas hicieran el trabajo de proveerlos. Así, en la Australia precolonial, por ejemplo, con solo caminar por el campo con una vara de fuego, practicando una quema muy selectiva de las comunidades vegetales, la gente podía promover pastizales y garantizar así una abundancia continua de caza (Gammage, 2011), o, desenterrando selectivamente ñames silvestres, podían garantizar una mayor propagación de las flores del ñame en los años siguientes (Pascoe, 2014). Tales prácticas, o formas de praxis, no se basaban tanto en el esfuerzo como en una sofisticada comprensión de los sistemas ecológicos y en cómo modificarlos.

Para los pueblos agrarios, que sudaban en sus campos, el conocimiento de la siembra y la agricultura era, por supuesto, indispensable, pero por lo demás el medio ambiente, como reino de las ecologías naturales, estaba relativamente descartado como fuera de la esfera de lo práctico y, por tanto, en última instancia, como fuera de la esfera de lo cultural. En otras palabras, la “Naturaleza” tendía a quedar progresivamente relegada a la esfera de la acción humana, ignorada y poco comprendida, y se esperaba que se ocupara de sí misma. Así pues, en el núcleo de las formas tradicionales de civilización subyace un profundo dualismo entre el hombre y la Naturaleza, una tendencia a construir la cultura al margen de la Naturaleza y como centro exclusivo de interés y valor.

En el mundo contemporáneo, la civilización en su vertiente industrial ha superado ampliamente al medio natural. En su ignorancia y desconocimiento de los procesos y principios que sustentan la integridad de los sistemas naturales, esta forma de civilización ha saqueado y devastado la Naturaleza, a menudo sin ser consciente de lo que está haciendo, con la consecuencia de que la salud y la integridad de toda la biosfera se encuentran ahora gravemente amenazadas.

## **2. ¿Qué es la civilización ecológica?**

La *civilización ecológica*, un término de gran importancia en la China contemporánea, se define aquí por su objetivo de hacer que la civilización, como formación social, sea coherente con la reparación y la renovación continua de la vida de la Tierra en toda su abundancia, belleza y diversidad ecológica.

Los enfoques de la civilización ecológica han adoptado hasta ahora dos formas generales. La primera, no pretende anular los parámetros existentes de la civilización industrial, ni las ideologías dualistas que refuerzan esos parámetros desde dentro, sino simplemente limitar su impacto sobre la biosfera. Podríamos llamarlo el enfoque *reformacional*. El segundo, sí cuestiona esos parámetros buscando sustituirlos por nuevos que permitan reintegrar las economías en los ecosistemas, de modo que la funcionalidad económica pase a ser interdependiente de la funcionalidad ecológica, un estado de cosas que a su vez reconfiguraría las ideologías internas de la civilización. Dado que este último enfoque requeriría una revisión completa de los acuerdos socioeconómicos actualmente vigentes, podríamos denominarlo enfoque transformacional de la civilización ecológica.

## **3. El enfoque reformacional**

Ejemplos del tipo de estrategias utilizadas en el primer enfoque reformador incluyen los siguientes:

- Se mantienen los actuales modos capitalistas de organización tecno-industrial y económica, pero se reducen drásticamente los niveles de producción y consumo, o los niveles de población humana, o ambas.



- Se mantienen los actuales modos capitalistas de organización tecno-industrial y económica, pero se amplían enormemente las zonas terrestres y marinas reservadas a la conservación, cuando ello proporcione un espacio para la recuperación y regeneración de procesos de la biosfera.

Un ejemplo influyente de este último planteamiento puede encontrarse en el *Manifiesto Ecomodernista*, que pretende intensificar y centralizar aún más el industrialismo – “desvinculándolo” totalmente de la Naturaleza según los principios de la economía circular – con vistas a liberar, en su lugar, tierras actualmente destinadas a usos industriales y urbanos para su conservación (Asafu-Adjaye et al., 2015; cf. Wilson, 2016).

Sin embargo, mientras prevalezcan los modos de producción tecno-industriales dominantes, que mantienen el núcleo ideológico dualista de la civilización, la biosfera seguirá considerándose subordinada a los intereses humanos, y los recursos biológicos del planeta seguirán considerándose propiedad legítima de la humanidad, siempre disponibles para nuevas formas de explotación. El punto final al que conduce tal actitud a largo plazo es la explotación total: una biosfera que conserva únicamente aquellos componentes ecológicos con utilidad demostrada para los fines humanos. En la actualidad, esos componentes no pueden identificarse definitivamente: nadie puede determinar cuáles de las innumerables especies, ciclos planetarios y sistemas existentes son realmente necesarios como sustento de la civilización humana. Sin embargo, ya está claro que muchas especies son prescindibles y, con el desarrollo de sistemas de geoingeniería cada vez más elaborados que pueden sustituir los sistemas naturales por otros artificiales, puede resultar que la mayoría de los procesos de los ecosistemas resulten prescindibles o sustituibles por procesos artificiales en el futuro.

Lógicamente, si no se sustituyen los tipos de prácticas que dan lugar a actitudes dualistas por otras que conduzcan a una visión más integradora de la relación entre la humanidad y la Naturaleza, parece probable que se socave cualquier intento de establecer una nueva forma -ecológica- de civilización verdaderamente coherente con la reparación, la integridad y el florecimiento continuo de la biosfera.

#### **4. El enfoque transformacional**

Podría parecer entonces que se requiere un enfoque transformacional, que no basta con limpiar los impactos de un sistema económico fundamentalmente en desacuerdo con la biosfera, sino que nuestra praxis económica debe estar íntimamente adaptada a las necesidades de la biosfera desde el principio. Por supuesto, esto no quiere decir que no queramos incorporar a nuestro enfoque transformador estrategias identificadas en el enfoque reformador, como el control de la población y la reserva de grandes extensiones de tierra y mar para su conservación. Pero sí quiere decir que dichas estrategias pueden resultar ineficaces a menos que también transformemos nuestros modos de producción fundamentales de forma que generen nuevas actitudes más integradoras hacia la Naturaleza en lugar de nuestras actitudes dualistas tradicionales.

Al prefigurar el enfoque transformador, debemos distinguir de nuevo al menos dos vías diferentes hacia la transformación.

La primera vía es el enfoque conocido como *biorregionalismo*. Este reclama la involución de la actual economía global, de alto impacto y hambrientamente extractivista a una multitud de economías pequeñas, locales, adaptables y de bajo impacto. Las sociedades construidas según este modelo sustituirían los regímenes actuales de producción en masa centralizada, de-regionalizada

y de alta tecnología, así como de distribución y consumo globales, por formas de vida cultural y material más sencillas, descentralizadas, ecológicamente informadas, identificadas con el lugar, ricas en valores, pero técnicamente mínimas y adecuadas a la escala. Podríamos llamarlo la versión biorregional del enfoque transformacional. (Sale, 1985; Snyder, 1995; McGinnis, 1999; Crist, 2019).

Aunque el biorregionalismo representa sin duda en muchos sentidos una vía contemporánea óptima hacia una auténtica conciencia no dualista -ecológica- y, por tanto, hacia una civilización genuinamente ecológica, su inconveniente es que parece, en el contexto de las realidades geopolíticas actuales, una utopía. Una transición hacia el biorregionalismo exigiría no sólo una reconfiguración, sino una reversión de nuestros acuerdos políticos y económicos imperantes. En un mundo en el que las tendencias demográficas netas, por numerosas razones económicas y tecno-culturales, apuntan cada vez más hacia la urbanización y hacia una mayor concentración de la producción y de la vida en alta densidad, las condiciones para el tipo de descentralización y de reducción de escala industrial que requiere el biorregionalismo parecen desfavorables. Frente a estas condiciones, debemos considerar una segunda versión, menos idílica pero quizá más realista, del enfoque transformacional.

Esta segunda vía de transformación la denomino biosinergia. Desde este punto de vista, no es necesario invertir la tendencia demográfica de la civilización moderna. Lo que se requiere es más bien una revolución del diseño. No habría que renunciar al capitalismo ni al tecno-industrialismo per se, pero habría que reconfigurar las prácticas productivas, en lo que respecta a todo el tejido manufacturero, agrícola y arquitectónico de nuestra cultura material, de modo que hacen que estas prácticas sean productivas no sólo para nosotros, sino también para los sistemas biológicos.

Un enfoque de este tipo implicaría diseñar los sistemas de producción humanos teniendo en cuenta los sistemas biológicos, haciendo que la sociedad fuera materialmente parte integral de los procesos de la biosfera en lugar de antagonista de ellos. Si todos los sistemas de producción, junto con nuestras formas de organizarlos y administrarlos, se reconfigurasen de modo que proporcionen un sustento continuo tanto a la biosfera como a nosotros, habría menos necesidad de frenar el industrialismo per se o de reducir la población en aras de la sostenibilidad (aunque necesariamente seguirían aplicándose límites ecológicos a la población humana). Al igual que las actividades de la legendaria hormiga laboriosa, cuya biomasa del total de las especies es mayor que la de la humanidad, nuestra propia laboriosidad podría nutrir y reponer la comunidad de la vida, en lugar de destruirla (McDonough y Braungart, 2002).

Un nombre que se ha propuesto para este enfoque de diseño de la civilización ecológica es biomimetismo. Esta filosofía de diseño fue popularizada originalmente por la bióloga Janine Benyus, los economistas Amory y Hunter Lovins, y el arquitecto William McDonough. Benyus (2002: portada; énfasis en el original) escribe que:

La biomimesis es una nueva ciencia que estudia los modelos de la Naturaleza y luego imita o se inspira en estos diseños y procesos para resolver problemas humanos, por ejemplo, una célula solar inspirada en una hoja [...] La biomimesis es una nueva forma de ver y valorar la Naturaleza. Introduce una era basada no en lo que podemos extraer del mundo natural, sino en los que podemos aprender de él.

Benyus identifica varios principios que considera característicos de los procesos vitales en general y, por tanto, subyacentes a los diseños de la Naturaleza. Según ella, la Naturaleza funciona con luz solar, utiliza sólo la energía que necesita, adapta la forma a la función, recicla todo, premia la cooperación, apuesta por la diversidad, exige experiencia local, frena los excesos desde

dentro y aprovecha el poder de los límites (Benyus, 2002: 7). Tales principios son propuestos como directrices para el diseño biomimético. Según los defensores de la biomimesis, si nuestros sistemas industriales y urbanos siguieran este modelo, llegarían a ser tan productivos para la comunidad de la vida en la Tierra como las industrias y estructuras construidas por las hormigas.

Sin embargo, como clave para diseñar una civilización ecológica, la filosofía del biomimetismo es problemática. En sí misma, esta filosofía puede conducir fácilmente a resultados ecológicamente tanto distópicos como utópicos, a una forma de “sostenibilidad” ostensible que sustituiría las comunidades bióticas reales por sistemas artificiales diseñados para el beneficio exclusivos de la humanidad. Siguiendo la línea de una arquitectura autónoma y orgánica que se autoconstela y autorregula para adaptarse al entorno, ejemplificada en las ciudades solares que se fotosintetizan y los agregados industriales que reciclan el agua y el carbono, y se transforman en función de las condiciones variables, esta “arquitectura genética” podría construirse desde dentro hacia fuera de acuerdo con los principios morfogenéticos de la propia vida (Chu, 2004). Esto podría calificarse de biomimético, pero en su límite, podría prescindir por completo de la Naturaleza, asegurando un estado de “sostenibilidad sin Naturaleza”, es decir, un estado de sostenibilidad para la humanidad que supondría la muerte de la Naturaleza no humana (Mathews, 2011).

En otras palabras, no basta con imitar a la Naturaleza en nuestros sistemas de producción. Aunque imitar a otro implica un cierto respeto por sus cualidades, o en este caso por sus principios de funcionamiento, no implica en absoluto una consideración real por sus intereses. Consideremos la imitación de los romanos de los etruscos: lo que los romanos aprendieron de los etruscos les ayudó no sólo a dominarlos y desplazarlos, sino también a borrar la mayor parte de las huellas independientes de la existencia etrusca. La imitación es, en otras palabras, coherente con un plagio brutal que tiene como resultados la apropiación y el desplazamiento.

Si la imitación o el mimetismo, entonces, no es la categoría apropiada sobre la que fundar una civilización ecológica, ¿qué categoría podría servir? Creo que es cierto que necesitamos “seguir a la Naturaleza” en el diseño de nuestros sistemas de producción si queremos integrar funcionalmente estos sistemas con la biosfera. Sin embargo, “seguir a la Naturaleza” en este sentido puede no consistir tanto en imitar mecanismos específicos observables en los sistemas naturales como en adoptar los protocolos de comportamiento subyacentes a esos sistemas. En otras palabras, reconfigurar nuestros modos de producción puede ser una cuestión no sólo de “rehacer la forma en que hacemos las cosas”, como McDonough y Braungart dicen en el subtítulo de su libro de 2002, sino de modificar la forma en que nos relacionamos con nuestro entorno.

El protocolo de raíz observable en la Naturaleza tiene dos aspectos que se definen conjuntamente: la conatividad y la adaptación y menor resistencia. La conatividad denota el impulso de todos los seres vivos de preservar y aumentar su propia existencia. Sólo en virtud de este impulso hacia la autoexistencia los seres vivos pueden considerarse vivos. Pero en la Naturaleza este impulso se ve matizado por el principio de adaptación y menor resistencia: aquellos organismos que conservan su energía adaptando sus fines, en la medida de lo posible, a los fines de los organismos con los que están en interacción sistémica serán seleccionados de forma natural frente a los organismos que provocan innecesariamente resistencia y competencia. Podríamos calificar de sinérgica esta tendencia evolutiva al cruce de conatividades. La sinergia se entiende aquí como el proceso adaptativo por el que los fines, de hecho, las propias conatividades, de dos o más partes se refractan mutuamente de forma continua a través de su colaboración. Utilizo el término biosinergia para designar el modo en que este protocolo se desarrolla en el mundo natural.

La biosinergia tiene afinidades con el principio taoísta de wu wei, término que se traduce literalmente como no acción, entendida no como pasividad, sino como un proceso de acomodación y adaptación a los fines de los demás. El wu wei permite conservar la propia energía y, por lo

tanto, aumentar la propia existencia, (i) desear lo que complementa simultáneamente los deseos de los demás, en lugar de enfrentarse a ellos, y (ii) desear lo que otros ya están proporcionando incidentalmente, siguiendo su propia conatividad, ahorrándose así uno mismo el esfuerzo de proporcionarlo (Mathews, 2011).

En la biosfera, la conatividad de la mayoría de las especies está ampliamente determinada por la biosinergia, ya que ésta es la estrategia que, al conservar energía, tiende a resultar de la selección natural. Por supuesto, el conflicto, la competencia y la depredación siguen existiendo en la Naturaleza. En el caso de las relaciones entre depredadores y presas, la sinergia puede darse a nivel de la especie y no del individuo: la depredación es a menudo una condición necesaria para la estabilidad de la población de presas. Cuando los intereses de determinadas partes no encuentran un encaje sinérgico, puede surgir un conflicto declarado. Dicho conflicto siempre implicará un costo energético de las partes involucradas. Para que este costo se reduzca al mínimo, los propios modos de conflicto se conformarán, a su vez, según el principio de adaptación y menor resistencia. A fin de cuentas, el imperativo de interiorizar la conatividad de los demás deseando lo que ellos necesitan que uno desee será lo que garantice que todo ser vivo, al buscar su propia autoexistencia, al mismo tiempo perpetúe el sistema más amplio.

La biosinergia en este sentido es claramente una dinámica fundamental de los ecosistemas, bien ilustrada por la actividad de las especies descritas como ingenieros de ecosistemas. Los castores, por ejemplo, desean refugios tranquilos, a salvo de turbulencias y depredadores. En consecuencia, construyen presas en los cursos de agua para crear estanques tranquilos en los que puedan construir cómodamente sus refugios. Las presas de los castores modifican y redirigen los caudales de los arroyos, hidratando el paisaje, mitigando las inundaciones, filtrando la escorrentía y creando humedales que proporcionan hábitat a miríadas de otras especies vegetales y animales, donde estos humedales biodiversos y sanos ofrecen las condiciones necesarias para unos cursos de agua sanos y, por tanto, para unos castores sanos. Los ecosistemas sanos se mantienen unidos y se regeneran continuamente gracias a innumerables sinergias de este tipo.

Como humanos, tenemos la capacidad de apartarnos de la lógica evolutiva de la biosinergia. A lo largo de la historia de la civilización, hemos sustituido la energía de nuestro propio cuerpo por fuentes de energía externas, como los animales domésticos, los esclavos y, más recientemente, los combustibles fósiles. Esto nos ha permitido imponernos impunemente a nuestro entorno a diferencia de otras especies que intentan enfrentarse a sus congéneres bióticos pero sufren agotamiento y desventajas selectivas. Además, gracias a nuestra reflexividad altamente desarrollada, (nuestra capacidad de reflexionar sobre nuestro comportamiento y, por tanto, de modificarlo) también podemos sustituir fines arbitrarios, culturalmente mediados, por los fines impresos en nosotros a través de la evolución. En nuestras sociedades modernas nos hemos olvidado por completo de desear sólo lo que la Tierra (o lo que los demás necesitan que deseemos), y hasta ahora nos hemos salido con la nuestra.

Es esta ruptura con la lógica evolutiva de la biosinergia la que dio origen y ha perpetuado desde entonces nuestro sentido dualista de separación y superioridad respecto al resto del mundo natural. Tal vez podamos seguir burlando la lógica evolutiva de esta manera, sustituyendo el mundo de la vida por sistemas de tecno-ingeniería diseñados para servir exclusivamente a los intereses humanos. Pero si queremos restaurar una biosfera rica y floreciente, tendremos que recuperar esta lógica. Gracias a nuestra capacidad reflexiva, no es imposible que aún lo hagamos, y que a partir de ahí revisemos nuestros deseos para volver a alinearlos con lo que la vida en la Tierra necesita que queramos.

La biosinergia, entendida como un principio proto-moral de adaptación a las necesidades del resto de la vida terrestre, se asemeja no sólo al wu wei de la antigua tradición taoísta, sino también

al principio normativo, o Ley, que es fundamental para las culturas aborígenes australianas y que los aborígenes leen de la propia tierra (Mathews, 2020). Del mismo modo que la negociación de su entorno de acuerdo con la Ley exige de los pueblos aborígenes una sintonía íntima con las múltiples conatividades que entran en juego en las ecologías locales, nosotros también tendremos que descifrar al menos los contornos de las conatividades que nos rodean antes de poder empezar a replantear nuestros deseos y, por tanto, nuestra praxis de acuerdo con la biosinergia. Descubrir estos contornos, que no son otros que los contornos de la vida interior de los otros-humanos, nos llevará a una relación social y comunicativa con nuestros posibles socios y aliados ecológicos, lo cual significa que estos actores entrarán inevitablemente en nuestra cultura a través de relatos que nos llevan a una relación social y afectiva con ellos.

## **5. La biosinergia como guía de la civilización ecológica**

¿Cómo podría entonces aplicarse en la práctica la biosinergia como protocolo o principio normativo en las circunstancias de nuestra civilización global del siglo XXI?

En primer lugar, se plantea a gran escala la cuestión de cómo abordar eficazmente el problema del cambio climático. Adoptar un enfoque biosinérgico a este respecto no implicaría los métodos heroicos de imposición y control de la mentalidad dualista, como bombear partículas de sulfato a la atmósfera, erigir espejos gigantes en el espacio o blanquear artificialmente las nubes, sino, en primer lugar, reconocer la conatividad del sistema Tierra, a continuación, considerar cómo ese sistema, abandonado a sí mismo, corregiría el problema. Dejada a su suerte, la biosfera simplemente volvería a reverdecer. La vegetación es la base de la vida en la Tierra, y mantener y aumentar la vegetación es el imperativo conativo de la biosfera. Por supuesto, la revegetación reduciría el dióxido de carbono y, en consecuencia, reequilibraría la composición de la atmósfera. Un enfoque biosinérgico, del tipo wu wei, para el cambio climático consistiría simplemente en dejar que la biosfera se ocupara de sus propios asuntos, como mucho ayudándola a hacerlo. Además de estrategias obvias como la reforestación, la ayuda podría consistir en ofrecer oportunidades a plantas de rápido crecimiento como el helecho de agua dulce, Azolla, para que repitiera la extraordinaria hazaña de enfriamiento global que consiguió hace 50 millones de años. Este evento llamado la Azolla ártica, se describe como la propagación de la Azolla en un mar ártico sin litoral, la cual secuestró tanto carbono que convirtió un clima de efecto invernadero en un clima glacial (Brinkhuis y Schouten, 2006).

Un análogo ecológico de la Azolla en las circunstancias actuales podría ser el quelpo gigante: con la ayuda de ataduras artificiales, la reforestación marina con quelpo (y otras algas marinas) podría llevarse a cabo en mar abierto. Estos bosques de algas (no cerrados) no solo absorberían carbono a un ritmo y a una escala comparables a los de la antigua Azolla, sino que desacidificarían el agua de mar circundante, proporcionando un hábitat rico para muchas especies marinas, en particular para mariscos. Hasta el punto de que, con un conjunto muy reducido de intervenciones por nuestra parte, estos bosques marinos podrían sustentar pesquerías sostenibles aparentemente capaces de proporcionar 200 kg de marisco al año, por persona, para 10.000 millones de personas (Flannery, 2017).

Un enfoque biosinérgico del cambio climático consistiría, por tanto, en ayudar a la biosfera a que se ocupara de su propia tarea de revegetarse, pero lo ideal sería que lo hiciera de forma que, al mismo tiempo, pudiera satisfacer nuestras necesidades humanas. Sin embargo, para que esto funcione, los seres humanos tendríamos que estar dispuestos a adaptar nuestros deseos a lo que la biosfera necesita que deseemos, que en el caso de las algas sería el marisco como alimento básico en lugar de la carne de vacuno o de cerdo. Un conocimiento más profundo de la ecología

de la dinámica climática revelaría otras innumerables formas en las que el restablecimiento de la funcionalidad ecológica mejoraría la actual angustia climática, posiblemente con otros beneficios incidentales para nosotros.

Otro estudio de caso relacionado con el suministro de alimentos es el de la piscifactoría española Veta La Palma (véase [www.vetalpalma.es](http://www.vetalpalma.es)). Esta piscifactoría de 8000 acres (32,4 km<sup>2</sup>) forma parte de una finca mayor situada en una isla pantanosa del río Guadalquivir. Degradadas por una ganadería inadecuada en la primera mitad del siglo XX, las zonas pantanosas de la finca se restauraron en la década de 1970 y se inició una forma de piscicultura “extensiva” (en contraposición a la intensiva). La cría extensiva se basa principalmente en la ecología natural de las tierras de cultivo para alimentar a las especies criadas. En el caso de Veta La Palma, esto significa que una variedad de especies de peces se mantiene gracias a la abundancia de crustáceos y otras formas naturales de vida acuática. La salud óptima del hábitat se mantiene gracias a las grandes poblaciones de aves acuáticas, que a veces llegan a 600.000 individuos que comprenden hasta 250 especies. En lugar de considerar a las aves como competidoras de los peces, Veta La Palma las ve al estilo wu wei clásico de la biosinergia, como aliadas, como ayudantes de los piscicultores en el duro trabajo de mantener las condiciones propicias para el florecimiento de los peces. La intervención humana en la piscifactoría es mínima. El personal sí regula la hidrología de las marismas mediante una red de estanques de peces que se inundan artificialmente para garantizar la calidad física y microbiológica del agua. También se han creado más de 100 islas para la nidificación de aves acuáticas y se han revegetado 93 millas (149,6 km) de riberas, y 12000 acres (48,5 km<sup>2</sup>) de la finca se han destinado a reserva de hábitat de marismas. El resultado final de este edificante ejercicio de biosinergia intencionada es la provisión de marisco de calidad excepcional y la creación del mayor santuario de aves acuáticas de Europa.

Otros muchos ejemplos de enfoque ecológico del abastecimiento alimentario podrían citarse aquí. Aprovechar al máximo los servicios de los ecosistemas y sacar partido de las relaciones ecológicas, y al mismo tiempo regenerarlas, ha sido durante mucho tiempo un elemento central de las filosofías de la agricultura y la horticultura alternativas, desde “La revolución de una brizna de paja” de Fukuoka hasta la siembra conjunta de productos orgánicos, pasando por las sinergias en la permacultura entre especies vegetales y animales seleccionadas que, de otro modo, los agricultores tendrían que esforzarse por conseguir.

Todas estas estrategias ejemplifican el enfoque de la biosinergia. Al dar cabida a las especies interesadas, al invitarlas a entrar en sinergia con nosotros mediante la creación de condiciones propicias para su florecimiento, podemos reclutarlas como aliadas en la provisión de nuestro sustento, asignándoles la mayor parte de la carga de esfuerzo necesaria para dicha provisión. Para ellos, ese esfuerzo no es una imposición porque se hace con su conatividad y no contra ella.

Las alternativas a la agricultura tradicional impulsadas por la biosinergia son entonces fácilmente concebibles. No tengo espacio aquí para explorar la cuestión más desafiante de cómo la manufactura, así como la agricultura, podrían ser revisadas siguiendo las líneas de la biosinergia. Por el momento puede bastar con mostrar cómo, incluso en nuestras sociedades de masas contemporáneas, podríamos en principio volver a formas de alimentarnos que mantengan la continuidad con las modalidades pre-agrarias. Al hacerlo, tal vez sentaríamos las bases ideológicas de una relación con la biosfera más adaptativa y colaborativa desde el punto de vista ecológico, que con el tiempo se articularía a través de todos nuestros sistemas de producción, emanando al fin en un nuevo florecimiento del mutualismo planetario propiamente descriptible como civilización ecológica.

## Referencias

- Asafu-Adjaye J, Blomqvist L, Brand S et al. (2015). Un manifiesto ecomodernista. Instituto Breakthrough. Disponible en <https://is.gd/P6I-YP6> (consultado en noviembre de 2019)
- Benyus. J. (2002). Biomimesis: innovación inspirada en la Naturaleza. Harper Perennial, Nueva York, NY, EE.UU.
- Brinkhuis H y Schouten S. (2006). Aguas superficiales dulces episódicas en el Océano Ártico del Eoceno. *Nature* 441: 606-9.
- Chu K. (2004). Metafísica de la arquitectura genética y la computación. *Perspecta* 35: 74-97.
- Crist E. (2019). Tierra abundante: Hacia una civilización ecológica. Universidad Chicago Press, Chicago, IL, EE.UU.
- Flannery T. (2017). La luz del sol y las algas. Texto, Melbourne, VIC, Australia.
- Gammage B. (2011). La finca más grande de la Tierra: cómo los aborígenes hicieron Australia. Allen and Unwin, Crow's Nest, NSW, Australia.
- Mathews F. (2011). Hacia una filosofía más profunda del biomimetismo. *Organización y Medio Ambiente* 24: 364-87.
- Mathews F. (2019). La biomimesis y el problema de la praxis. *Valores medioambientales* 28: 573-99.
- Mathews F. (2020). De la conservación de los espacios naturales a la lucha por los territorios de derecho. En: Bartel R, ed. *Rethinking Wilderness and the Wild: Conflict, conservation and co-existence*. Routledge, Londres, Reino Unido: en prensa.
- McDonough W y Braungart M. (2002). De la cuna a la cuna: Cambiar la forma de hacer las cosas. North Point Press, Nueva York, NY, EE.UU.
- McGinnis M, ed. (1999). Biorregionalismo. Routledge, Londres, Reino Unido.
- Pascoe B. (2014). Semillas negras de emú oscuro: ¿Agricultura o accidente? Magabala, Broome, WA, Australia.
- Sale K. (1985). Habitantes de la tierra: La visión biorregional. Sierra Club Books, San Francisco, CA, EE.UU.
- Snyder G. (1995). Un lugar en el espacio: Ética, estética y cuencas hidrográficas. Counterpoint, Washington, DC, EE.UU.
- Wilson EO. (2016). Media Tierra: La lucha de nuestro planeta por la vida. Liveright, Nueva York, NY, Estados Unidos.



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**





## **Reflexiones sobre Biomimesis, polución y salud humana**

**Gaskon Ibarretxe Bilbao.** gaskon.ibarretxe@ehu.eus

Facultad de Medicina y Enfermería en la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU)

### **Resumen**

La era antropocéntrica en la que vivimos está caracterizada por la degradación ambiental y la polución, que son a su vez responsables de una multitud de patologías y problemas de salud. La Biomimesis puede ayudar a paliar estas consecuencias negativas de la contaminación, mejorando así la salud humana, especialmente en zonas urbanas. En este artículo se analiza en particular la gestión ambiental de la ciudad de Bilbao, y se ofrecen estrategias de mejora basadas en la Biomimesis.

### **Palabras clave**

Biomimesis, Polución, Salud, Bilbao, Zonas verdes.

### **Abstract**

The anthropocentric era in which we live is characterized by environmental degradation and pollution, which are in turn responsible for a multitude of health problems and pathologies. Biomimicry can help to alleviate these negative consequences of pollution and thus improve human health, especially in urban areas. This article analyzes in particular the environmental management of the city of Bilbao, and offers strategies for improvement based on biomimicry.

### **Key words**

Biomimicry, Pollution, Health, Bilbao, Green areas.

### **Introducción**

Desde mi infancia recuerdo la fascinación que me causaba el contemplar la Naturaleza. Uno se siente bien ahí, siendo testigo del espectáculo de la vida en la tierra, perfeccionado durante miles de millones de años de evolución, y donde distintos seres con una organización celular y estructural muy diversa coexisten en interdependencia. Provoca un sentimiento de pertenencia, de origen. Pero también de curiosidad y fascinación por las diversas soluciones que las especies encontraron para adaptarse y poder sobrevivir en el mundo hermoso, pero a la vez despiadado e implacable, que es el planeta tierra.

#### **1. El Antropoceno, o divorcio de *Homo sapiens sapiens* con la Naturaleza**

Nuestra especie *Homo Sapiens* se ha desarrollado durante prácticamente la totalidad de su existencia en el medio natural. Surgimos hace aproximadamente unos 200 mil años. Con la revolución agrícola de hace aproximadamente 12 mil años, se empezaron ya a crear los primeros grandes

asentamientos humanos permanentes, que fueron la base de las primeras civilizaciones. Y con la llegada de la revolución industrial, hace tan solo unos 250 años, nuestra especie comenzó a degradar y polucionar el medio ambiente de forma masiva, trayendo consigo efectos colaterales como una extinción masiva de especies, y un empeoramiento notable de las condiciones ambientales de salud para la propia humanidad (Nadadur and Hollingsworth 2015). Dicho proceso sigue su curso y aún no sabemos si *Homo sapiens sapiens* acabará finalmente causando su propia autodestrucción, llevándose consigo a la mayoría de especies de la tierra por el camino. Es indiscutible que la situación actual es una auténtica y profunda anomalía en la historia de nuestro planeta, que dejará un registro fósil inequívoco. La perturbación es de tal magnitud, que ya tiene su nombre recogido en la historia geológica planetaria: El *Antropoceno*. Esta anomalía, donde las extinciones, la polución, y la degradación ambiental son la norma, es tristemente la única realidad que han conocido ya varias generaciones de seres humanos.

## 2. *Homo Sapiens* se encuentra en una encrucijada

Ante esta situación medioambiental cuyas causas son sobradamente conocidas y alertadas en multitud de foros, se esperaría que una especie que se digne de portar el nombre *Sapiens* fuera capaz de reducir o mitigar las consecuencias de la sobreexplotación de recursos naturales de la que ella misma es responsable. Pero *Homo sapiens sapiens* se encuentra en una encrucijada, por cuanto a que todo el sistema económico y geopolítico mundial se sigue basando en la abundante energía y materiales extraídos a partir de combustibles fósiles, altamente contaminantes (Farrow, Miller, and Myllyvirta 2020). Este uso desmedido de combustibles fósiles es probablemente la mayor amenaza a la que tendrá que hacer frente la especie humana en los dos próximos siglos, si quiere evitar que las condiciones de la tierra se degraden tanto que este se convierta en un planeta inhabitable para ella misma. De cualquier forma habrá cambios profundos inevitables, entre otras cosas por la imposibilidad de mantener el *status quo* actual en un contexto de progresivamente menor disponibilidad y consiguiente encarecimiento de estos combustibles, que son la piedra angular de todo el sistema económico mundial (Kreps 2020; Turiel 2020).

## 3. Biomimesis imita lo que hacen los seres vivos para protegerse y sobrevivir

*Homo sapiens sapiens* como especie deberá hacer frente al grave problema de degradación ambiental que ella misma ha causado, si quiere sobrevivir en la tierra durante más de unos pocos siglos. A este respecto, algunas poderosas alternativas de mitigación de los efectos de la degradación ambiental están basadas en la Biomimesis, de “*bio*” (vida) y “*mimesis*” (copiar, o imitar). Imitar lo que hacen los seres vivos para protegerse y sobrevivir, ante ambientes potencialmente adversos u hostiles. Si analizamos detenidamente cómo están organizadas las comunidades de especies en el planeta tierra, nos damos cuenta de que no están aisladas, sino en comunidad y armonía, formando parte de ecosistemas. Los ecosistemas pueden ser increíblemente complejos. En casi todos ellos se identifican tres elementos fundamentales: (i) agua, componente principal de todos los seres vivos; (ii) organismos autótrofos fotosintéticos (productores), que generan materia orgánica reducida y oxígeno (O<sub>2</sub>) partir de la energía de la luz; (iii) organismos heterótrofos (consumidores), que generan materia orgánica oxidada y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como sustrato para los autótrofos, cerrando el ciclo. Cuanto mayor y mejor desarrollada sea la comunidad de organismos autótrofos fotosintéticos, mayor cantidad y masa de organismos consumidores podrá albergar el ecosistema en su seno. La cubierta vegetal cubre labores imprescindibles de generación de materia orgánica, enriquecimiento y depuración del aire (Gratani, Crescente, and Varone 2008; McDonald *et al.*, 2007), y también cumple una labor de amortiguación de las radiaciones solares ultravioleta e infrarroja (De Frenne *et al.*, 2019). Todo ello protege a la comunidad de

seres animales albergada en el ecosistema, y al mantenimiento de una temperatura y humedad relativamente constantes.

Si lo comparamos con un ecosistema natural, el ecosistema urbano típico donde habita el *Homo Sapiens* moderno está totalmente desequilibrado. Existe un exceso de organismos consumidores (humanos, y animales domésticos) y una carencia distintiva de organismos autótrofos fotosintéticos productores. Nótese que las relaciones entre dichos tipos de organismos van más allá de su función en la cadena trófica. La presencia de autótrofos fotosintéticos también es la base de una adecuada renovación del aire, fijación de especies contaminantes, y amortiguación de la radiación solar. Sabiendo entonces de los efectos beneficiosos de vivir en un ambiente rico en cubierta vegetal natural, ¿Cómo es posible que la humanidad siga recluyéndose en asentamientos repletos de asfalto y cemento, sin un atisbo de vegetación, totalmente expuesta a la radiación y a contaminantes de escape de motores? ¿Se han fijado en el hollín que presentan las fachadas típicas de calles de ciudades por donde pasa habitualmente algo de tráfico? Las siguientes son imágenes de fachadas de distintos barrios de Bilbao (**Figura 1**). Ese hollín cargado de partículas contaminantes es tan denso que se adhiere a la piedra de las fachadas y terrazas de las viviendas. Aunque se intente limpiar y lavar periódicamente, implacablemente vuelve a aparecer. Es ubicuo y omnipresente en todas y cada una de nuestras ciudades. Esa materia particulada presente en el



**Figura 1. Presencia de hollín de partículas contaminantes en fachadas de edificios de barrios de Bilbao. a.** hollín adherido a fachada y persiana de vivienda de primer piso. Obsérvese la mayor limpieza de la fachada en la parte izquierda, y la mayor presencia de hollín en las partes adyacentes a la instalación eléctrica, que no se han limpiado con la manguera. Esa zona de la fachada sería más representativa de la polución acumulada en el aire a más largo plazo. **b.** hollín adherido a las balconadas de viviendas de primer y segundo piso, en bloques adyacentes a una calle con circulación de vehículos. Fuente: Propia

Lamentablemente, la polución del aire urbano es una situación muy común y responsable de una multitud de fallecimientos cada año en países desarrollados (Daalen *et al.*, 2022). La ciudad en la que yo vivo, Bilbao, tiene un anillo verde con una cierta cantidad de arbolado y una calidad de aire aceptable en su periferia, pero el centro de la ciudad tiene una densidad muy baja de cubierta vegetal, de alrededor del 9%, (Ibáñez 2023). En consecuencia, la acumulación de contaminantes derivados de tubos de escape en el aire de zonas importantes del casco urbano es muy acusada (Hernández 2021). Este ejemplo de Bilbao es desgraciadamente una situación bastante generalizada en toda Europa. En cambio, en algunas ciudades de otros países desarrollados se llegan a alcanzar densidades de arbolado por encima del 30% (“Treepedia :: MIT Senseable City Lab” n.d.).

La presencia de una abundante cubierta vegetal tiene efectos positivos en la reducción de la temperatura ambiental, que puede absorber un alto porcentaje de la radiación solar, en comparación

con condiciones de exposición directa sobre asfalto. Esto puede llegar a tener un impacto de reducción de hasta varios grados en la temperatura ambiental (Rahman *et al.*, 2020), y es especialmente importante en un contexto de aumento significativo de la frecuencia y magnitud de episodios de olas de calor en el continente europeo, que tienen un efecto directo sobre la morbilidad y mortalidad poblacional (Daalen *et al.*, 2022). En concreto, existen estudios que muestran que la simple implementación de las medidas de mitigación del cambio climático propuestas en el acuerdo de París tendría un beneficio económico muy notorio, precisamente por la cantidad de gastos que se ahorrarían a los sistemas de salud estatales (Markandya *et al.*, 2018).

#### **4. Espacios urbanos no biomiméticos**

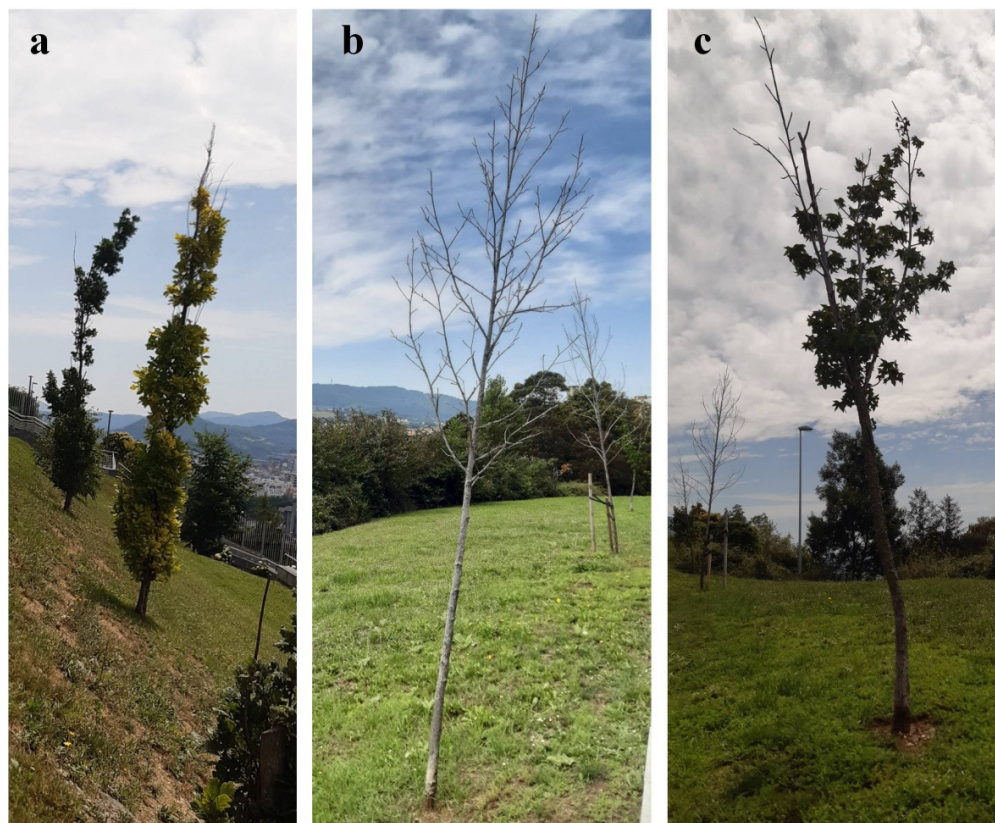
Ciertamente, una manera de reducir el impacto de contaminantes de vehículos con motor es la restricción de la circulación urbana a vehículos de gasolina y diesel que emitan niveles de polución por encima de un umbral. Siendo esta una medida positiva para mejorar la calidad del aire en zonas urbanas especialmente afluentes, no deja de ser un parche. ¿Por qué no se contempla también el mejorar la calidad del aire urbano simplemente mediante la plantación de más árboles? Una medida así no supondría exigir sacrificios a ningún sector poblacional. De hecho, la ciudadanía muestra cada vez más concienciación con el beneficio general que esa cubierta vegetal aportaría a la calidad de nuestros espacios urbanos. Muestra de ello es la manifestación popular espontánea que se convocó en el barrio de Deusto el pasado 26 de junio de 2023, para denunciar la tala de 68 olmos que recorrían la Avenida Lehendakari Aguirre, como parte de sus obras de remodelación (**Figura 2a**). Dichas obras siguen su curso, y está previsto talar otros 60 olmos más en las próximas fechas.

Desgraciadamente, parece que las instituciones no han cobrado aún conciencia plena de la importancia de mantener una cubierta vegetal urbana bien desarrollada. Esta cuestión queda casi siempre relegada en las agendas políticas. En mi caso personal, desde hace varios años mantengo discusiones/debates periódicos con el servicio de mantenimiento de parques y jardinería del ayuntamiento de Bilbao, para procurar que en la medida de lo posible no corten brotes de árboles jóvenes que crecen de forma espontánea en las zonas verdes de la ciudad. El detonante fue comprobar cómo hace años se cortaron muchos ejemplares de fresnos de 1 y hasta 2 metros de altura en un parque cercano al que vivo (**Figura 2b**). A pesar de algún pequeño avance, tristemente esta situación sigue produciéndose muy a menudo hoy en día. Lo más grave de todo es la mentalidad que estas acciones desprenden. Es una doble negación. Ya no es que se plantee siquiera acometer proactivamente una regeneración de espacios verdes urbanos. Es que ni siquiera se permite que el espacio se regenere por sí mismo de forma natural.

A continuación otro ejemplo del desdeño de la Biomimesis por la jardinería urbana clásica. En lugar de permitir que árboles de especies autóctonas crezcan de forma natural, anclando y extendiendo profundamente sus raíces en el suelo desde un estadio temprano, se opta por trasplantar ejemplares de árboles crecidos de especies exóticas, con una amplia longitud y volumen de copa, pero con un muy reducido tamaño de cepellón de raíz. Además, esos árboles se plantan de forma aislada, rodeados de césped cortado al ras, sin un atisbo de vegetación que les dé sombra durante los meses más calurosos del verano. Los resultados no se hacen esperar: al año siguiente la mayoría de esos árboles están ya muertos, por no haber tenido tiempo suficiente de enraizarse profundamente, y haber estado la capa de suelo superficial totalmente seca por el impacto directo de la radiación solar. En aquellos casos en los que los árboles logran sobrevivir, muestran signos de estrés hídrico evidente, con una muerte característica de las ramas más distales de la planta (**Figura 3**). Este es un *modus operandi* destinado al fracaso, por no haber optado por un planteamiento de regeneración más biomimético.



**Figura 2. Tala de árboles en espacios urbanos de Bilbao.** a: convocatoria de la manifestación popular del 26 de junio de 2023 para protestar contra la tala de olmos maduros en la avenida Lehendakari Aguirre, en Deusto. b: ejemplares de fresnos jóvenes cortados en el parque del paseo de Arangoiti por el servicio de mantenimiento de parques y jardinería del ayuntamiento (octubre de 2021). Fuente: Propia.



**Figura (3): Árboles moribundos: gestión no biomimética de espacios verdes urbanos.** Imágenes representativas de árboles plantados en zonas verdes de Bilbao. Se aprecia una elevada mortalidad de los especímenes plantados (b, c) debido a estrés hídrico. En los árboles supervivientes, dicho estrés ocasiona la mortalidad de las ramas más distales y elevadas de la planta, que quedan como zonas de crecimiento apical secas (a, c). Los árboles plantados incluyen una minoría de especies autóctonas (robles; a) y una mayoría de especies exóticas (arces japoneses; b, c). Fuente: Propia

## 5. Conclusión sobre regeneración ambiental biomimética

Sin duda, estos son simples ejemplos de lo mucho que nos queda por hacer en materia de población urbana y regeneración ambiental, pero también hay algunos apuntes para el optimismo. En la misma ciudad de Bilbao en la que vivo, en los últimos años se han llevado a cabo exitosas campañas de repoblación forestal con especies autóctonas en la zona del anillo verde. Queda desear que esas actuaciones que se están desarrollando en la periferia se extiendan también al centro de la ciudad, lo que en mi opinión redundaría en una mejoría ostensible de la calidad de vida para la mayoría de sus habitantes. Otras soluciones podrían venir de la mano de la arquitectura biomimética, que busca el desarrollo de edificios más sostenibles, y más saludables para las personas que los habitan (Aldersey-Williams 2004; Pedersen Zari 2015).

La Naturaleza nos ofrece inspiración para la mejoría de nuestro hábitat, e imitarla en la medida de lo posible nos beneficiaría muy notablemente, de entrada con una reducción de la morbilidad relacionada con la exagerada polución de los asentamientos urbanos actuales. Después de todo, la vida estaba presente en la tierra desde hace varios miles de millones de años antes de que nosotros llegáramos. Y no somos algo ajeno a ella. Apuesten por una transformación biomimética de nuestras ciudades. Nuestra salud lo agradecerá.

## Referencias bibliográficas

- Aldersey-Williams, Hugh. (2004). "Towards Biomimetic Architecture." *Nature Materials* 3 (5): 277–79. <https://doi.org/10.1038/nmat1119>.
- Daalen, Kim R. van, Marina Romanello, Joacim Rocklöv, Jan C. Semenza, Cathryn Tonne, Anil Markandya, Niheer Dasandi, *et al.* (2022). "The 2022 Europe Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change: Towards a Climate Resilient Future." *The Lancet Public Health* 7 (11): e942–65. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(22\)00197-9](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(22)00197-9).
- De Frenne, Pieter, Florian Zellweger, Francisco Rodríguez-Sánchez, Brett R. Scheffers, Kristoffer Hylander, Miska Luoto, Mark Vellend, Kris Verheyen, and Jonathan Lenoir. (2019). "Global Buffering of Temperatures under Forest Canopies." *Nature Ecology & Evolution* 3 (5): 744–49. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0842-1>.
- Farrow, Aidan, Kathryn A. Miller, and Lauri Myllyvirta. (2020). "Toxic Air: The Price of Fossil Fuels," February. <https://policycommons.net/artifacts/2391360/the-price-of-fossil-fuels-full-report/3412789/>.
- Fuller, Richard, Philip J. Landrigan, Kalpana Balakrishnan, Glynda Bathan, Stephan Bose-O'Reilly, Michael Brauer, Jack Caravanos, *et al.*, (2022). "Pollution and Health: A Progress Update." *The Lancet Planetary Health* 6 (6): e535–47. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00090-0).
- Gratani, Loretta, Maria Fiore Crescente, and Laura Varone. (2008). "Long-Term Monitoring of Metal Pollution by Urban Trees." *Atmospheric Environment* 42 (35): 8273–77. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.07.032>.
- Hernández, Jesús J. (2021). "Bilbao es la séptima ciudad de España con más emisiones contaminantes." *El Correo*. October 7, 2021. <https://www.elcorreo.com/bizkaia/bilbao-septima-ciudad-mas-emisiones-contaminantes-estudio-lancet-20211007161016-nt.html>.
- Ibáñez, Isabel. (2023). "Bilbao necesita más árboles para frenar el calor." *El Correo*. July 2, 2023. <https://www.elcorreo.com/bizkaia/bilbao-necesita-arboles-combatir-calor-20230702120532-nt.html>.
- Kreps, Bart Hawkins. (2020). "The Rising Costs of Fossil-Fuel Extraction: An Energy Crisis That Will Not Go Away." *The American Journal of Economics and Sociology* 79 (3): 695–717. <https://doi.org/10.1111/ajes.12336>.
- Markandya, Anil, Jon Sampedro, Steven J. Smith, Rita Van Dingenen, Cristina Pizarro-Irizar, Iñaki Arto, and Mikel González-Eguino. (2018). "Health

- Co-Benefits from Air Pollution and Mitigation Costs of the Paris Agreement: A Modelling Study.” *The Lancet Planetary Health* 2 (3): e126–33. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30029-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30029-9).
- McDonald, A. G., W. J. Bealey, D. Fowler, U. Dragosits, U. Skiba, R. I. Smith, R. G. Donovan, H. E. Brett, C. N. Hewitt, and E. Nemitz. (2007). “Quantifying the Effect of Urban Tree Planting on Concentrations and Depositions of PM10 in Two UK Conurbations.” *Atmospheric Environment* 41 (38): 8455–67. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.07.025>.
- Nadadur, Srikanth S., and John W. Hollingsworth, eds. (2015). *Air Pollution and Health Effects*. Molecular and Integrative Toxicology. London: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-6669-6>.
- Pedersen, Marie, Lise Giorgis-Allemand, Claire Bernard, Inmaculada Aguilera, Anne-Marie Nybo Andersen, Ferran Ballester, Rob M. J. Beelen, *et al.*, (2013). “Ambient Air Pollution and Low Birthweight: A European Cohort Study (ESCAPE).” *The Lancet Respiratory Medicine* 1 (9): 695–704. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(13\)70192-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(13)70192-9).
- Pedersen Zari, Maibritt. (2015). “Ecosystem Processes for Biomimetic Architectural and Urban Design.” *Architectural Science Review* 58 (2): 106–19. <https://doi.org/10.1080/00038628.2014.968086>.
- Rahman, Mohammad A., Laura M. F. Stratopoulos, Astrid Moser-Reischl, Teresa Zölch, Karl-Heinz Häberle, Thomas Rötzer, Hans Pretzsch, and Stephan Pauleit. (2020). “Traits of Trees for Cooling Urban Heat Islands: A Meta-Analysis.” *Building and Environment* 170 (March): 106606. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106606>.
- Rückerl, Regina, Alexandra Schneider, Susanne Breitner, Josef Cyrus, and Annette Peters. (2011). “Health Effects of Particulate Air Pollution: A Review of Epidemiological Evidence.” *Inhalation Toxicology* 23 (10): 555–92. <https://doi.org/10.3109/08958378.2011.593587>.
- “Treepedia :: MIT Senseable City Lab.” n.d. Treepedia :: MIT Senseable City Lab. Accessed July 4, 2023. <http://senseable.mit.edu/treepedia>.
- Turiel, Antonio. (2020). *Petrocalipsis*. Ed. Alfabeto. Vol. 1. <https://www.editorialalfabeto.com/item/es/157-petrocalipsis/>.



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**





## **Consideraciones básicas para el diseño de Estructuras de Grandes Luces**

### Basic considerations for the design of Long-Span Structures

**Daniel Edgardo Vedoya.** [devedoya@gmail.com](mailto:devedoya@gmail.com)

Director del ITDAHu. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste.

#### **Resumen**

Desde la segunda mitad del Siglo XX y en lo que va del XXI han proliferado una variedad innumerable de obras monumentales que convocan a multitudes: anfiteatros, estadios de fútbol, exposiciones industriales, etc. entre las que se destaca la estructura portante de las mismas. Estas estructuras se han caracterizado por exponer recursos tecnológicos muy singulares, en las que aparecen cubiertas de membranas, mallas y tejidos, láminas cáscara, estereoestructuras, etc. Por estas condiciones estructurales han sido reconocidas como “estructuras livianas”, “domos geodésicas”, cubiertas colgantes, etc. Todas estas tipologías estructurales se resumen en un solo concepto: “estructuras de grandes luces”. El presente trabajo expone un cúmulo de consideraciones que van determinando los alcances del concepto “estructuras de grandes luces”, y los factores de análisis que permitan identificar su razón de ser.

#### **Palabras clave**

Mínimo esfuerzo – Economía de la Sustancia – Estructuras livianas – Domos geodésicas

#### **Abstracts**

Since the second half of the 20th century and so far in the 21st, an innumerable variety of monumental works have proliferated that summon crowds: amphitheatres, football stadiums, industrial exhibitions, etc. among which the supporting structure of the same stands out. These structures have been characterized by exposing very unique technological resources, in which membrane covers, meshes and fabrics, shell sheets, stereostructures, etc. appear. Due to these structural conditions, they have been recognized as “light structures”, “geodesic domes”, hanging roofs, etc. All these structural typologies can be summarized in a single concept: “long-span structures”. This paper exposes a host of considerations that determine the scope of the concept “long-span structures” and the analysis factors that allow us to identify its *raison d’être*.

#### **Keywords**

Minimum effort – Economy of Substance – Light structures - Geodesic domes

#### **Introducción**

El arquitecto Marco Lucio Vitrubio Polion (ca. S. I a.C.), escribió un tratado de arquitectura que se conoce como “Los 10 libros de la Arquitectura”. En ella determinó tres principios básicos que debería cumplir toda obra de arquitectura: *firmitas* (firmeza), *utilitas* (utilidad) y *venustas* (belleza). No resulta acá necesario insistir en el significado de cada uno de esos principios.

No obstante, cabe sí hacer una consideración sobre los alcances del término “firmeza”, que se refiere al soporte estructural del edificio y se resume en tres factores fundamentales: Rigidez, Resistencia y Estabilidad.

La rigidez de una estructura es la propiedad que tienen sus elementos componentes para oponerse a las deformaciones, soportando las cargas a que están sometidos sin deformarse excesivamente.

La resistencia es la capacidad de las construcciones de soportar la acción de las fuerzas externas, reaccionando a ellas en sentido contrario, logrando anularlas parcial o totalmente.

La estabilidad se refiere a la condición de indeformabilidad y de permanecer erguidas en el sitio en que fueron erigidas. Esta propiedad es fundamental para la asismicidad de una construcción.

## 1. Nociones básicas

Resumiendo lo expuesto precedentemente, una estructura es un conjunto de elementos resistentes que, sometidos a una fuerza exterior, accionan y reaccionan entre sí, constituyendo un sistema integral en equilibrio (Vedoya, Prat, 2009).

El equilibrio de las construcciones estructurales se logra mediante el cumplimiento de tres condiciones básicas: deben anularse mutuamente las fuerzas verticales entre sí, las fuerzas horizontales entre sí y los momentos entre sí. Esto se resume en las tres ecuaciones siguientes:

$$\sum V = 0 \quad \sum H = 0 \quad \sum M = 0$$

*Ecuaciones de equilibrio*

## 2. Desarrollo

Las estructuras soportan las cargas en un edificio.

Esta función la deben cumplir cubriendo determinadas luces, buscando lograr el mayor espacio entre apoyos, libre de obstáculos.

Este espacio o luz entre dos apoyos, ¿qué podemos aplicar para decidir si es grande o pequeña?

En otros términos, ¿cuándo podemos precisar que estamos en presencia de una estructura de grandes luces? **¿Puede considerarse que una estructura es de gran luz cuando tiene, por ejemplo, 100 m?**

Y si fuera así, ¿por qué, si tiene 101 m de luz es grande y, en cambio, es pequeña si sólo tiene 99 m? ¿Es posible definir límites para establecer criterios válidos de comparación?

Y aun así, **¿qué factores se deben tener en cuenta para decidir cuáles serían esos límites?**

Es posible establecer parámetros de comparación, pero en ningún caso se podrían precisar límites que diferencien un caso del otro. Mediante estos parámetros, tanto una estructura que cubre un espacio entre apoyos de sólo 20 m como otra que cubre 200 m podrían entrar en la categoría de “grandes luces”

Lógicamente, para resolver una estructura de 200 m de luz no podríamos pretender aplicar formas tradicionales de calcular y construir, del mismo modo que para una estructura de sólo 20 m de luz. Resolver una estructura de 200 m de luz aplicando procedimientos tradicionales de cálculo y utilizando la tecnología disponible nos llevaría a una solución descomunal, pesada y desproporcionada.

Será necesario innovar, incorporando situaciones creativas, tanto en el cálculo como en la tecnología necesaria para construirla.

Además de ser eficiente, una estructura de grandes luces debe cumplir otros dos requerimientos esenciales: debe ser económica y liviana.

Nos enfrentamos aquí a dos grandes interrogantes:

- **¿Cuándo una estructura es económica?**
- **¿Cuándo una estructura es liviana?**

Cuando mencionamos la palabra “economía” en Arquitectura, inmediatamente la asimilamos a la idea de “barato”. Barato no es sinónimo de económico. Barato significa bajo costo inicial, lo que puede conducir a un elevado costo residual y, peor aún, a una baja calidad.

Económico, en cambio, significa un adecuado y eficiente uso de los recursos, eficacia en los resultados logrados, y alta calidad en el producto final.

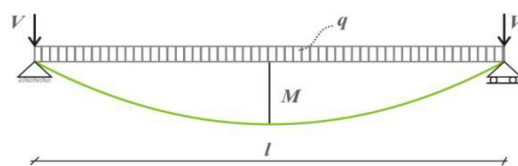
Por otra parte, el concepto de “estructura liviana” tampoco debe ser asimilado a la idea de una estructura de poco peso. Considerar que una estructura es liviana porque pesa poco, siempre plantea la duda de haber encontrado realmente una estructura liviana, porque siempre encontraremos otra que tendrá menos peso que aquélla.

**¿Cómo nos aseguramos entonces de haber diseñado una estructura realmente liviana?**

Aceptando que una estructura de gran luz es aquélla que cumple estas dos condiciones de economía y liviandad, **¿qué debemos hacer para lograr que en realidad cumpla las dos condiciones?**

### 3. Análisis

En una viga simplemente apoyada, sometida a una carga uniformemente repartida, con una luz determinada, se determina un momento flector máximo (Figura. 1).

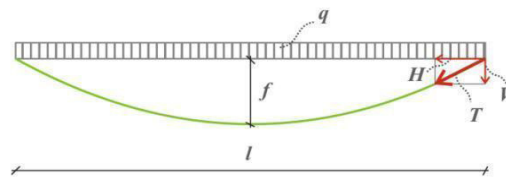


**Figura 1.** Viga simplemente apoyada, sometida a una carga uniformemente repartida. Fuente: producción propia

Los valores resultantes de las reacciones en los apoyos ( $V$ ) y el momento flector máximo ( $M$ ) por la acción de las cargas sobre la viga se exponen en la Figura 2.

$$V = \frac{q \times l}{2} \quad M = \frac{q \times l^2}{8}$$

Del mismo modo, una cuerda o cable flexible colgado de sus extremos, sometido a una carga uniformemente repartida sobre la horizontal que une sus apoyos, con una luz similar a la de la viga, tendrá una reacción vertical ( $V$ ) en los apoyos, pero ahora aparece un esfuerzo horizontal que se opone a la acción del cable que tiende a cerrarse (Figura. 2).

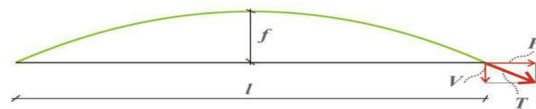


**Figura 2.** Cable colgado de sus extremos sometida a una carga uniformemente repartida sobre la horizontal.  
Fuente: producción propia

Si bien la reacción en los apoyos sigue siendo igual a la de la viga, ahora no habrá momento flector, debido a la flexibilidad del cable, pero en su lugar la fuerza horizontal (H) presenta un valor equivalente a dicho momento, pero dividido por la flecha. Consecuentemente, la conjunción de V y H determinan una resultante tangencial al cable en el apoyo.

$$V = \frac{q \times l}{2} \quad H = \frac{q \times l^2}{8 \times f} \quad T = \sqrt{H^2 + V^2}$$

Una situación similar, pero con valores inversos, se obtiene de un arco de conformación similar a la del cable, habiendo invertido su posición (Figura. 3).



**Figura 3.** Arco simplemente apoyado, sometida a una carga uniformemente repartida sobre la horizontal.  
Fuente: producción propia

En el caso particular del arco, con dimensiones y condiciones de carga similares a la del cable, los valores de las reacciones en los apoyo, la componente horizontal (H) y la resultante tangencial al cable (T) son equivalentes, pero ahora lo están con direcciones opuestas.

$$V = \frac{q \times l}{2} \quad H = \frac{q \times l^2}{8 \times f} \quad T = \sqrt{H^2 + V^2}$$

Retornando al caso de la viga simplemente apoyada de la Fig. 1, aplicamos valores de luz y carga para determinar las reacciones (V) y el momento flector máximo (M). Con este fin, asignamos 20,00 m a la luz entre apoyos y 500,00 kg el valor de la carga actuante, repartida por metro.

$$V = \frac{q \times l}{2} \quad M = \frac{q \times l^2}{8} \quad q = 500 \text{ kg/m} \quad ; \quad l = 20 \text{ m}$$

En función de estos valores, calculamos el momento flector máximo (M) y el módulo resistente (W) que nos permitirá seleccionar un perfil normal que permita resolver estructuralmente el sistema.

$$M = \frac{q \times l^2}{8} = \frac{500 \text{ kg/m} \times (20 \text{ m})^2}{8} = \frac{500 \text{ kg/m} \times 400 \text{ m}^2}{8} = \frac{200.000 \text{ kgm}}{8} = 25.000 \text{ kgm}$$

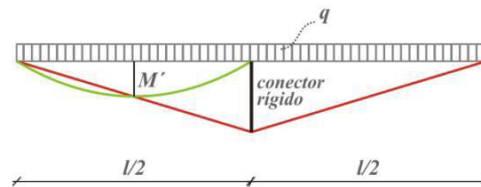
$$W = \frac{M}{\sigma} = \frac{25.000 \text{ kgm}}{1.400 \text{ kg/cm}^2} = \frac{2.500.000 \text{ kgcm}}{1.400 \text{ kg/cm}^2} = 1.785,71 \text{ cm}^3$$

Recurriendo a la tabla de perfiles normales (Arcelor Mittal Acindar, Tablas y equivalencias), seleccionamos aquél que se encuadre dentro del W calculado, que resultó ser:

**2 PN N° 340 (34 cm)**

Un exceso considerable de material y altura. Quizá, mediante algún recurso estructural, se puedan reducir en alguna medida estos valores.

Para esto recurrimos a incorporar al sistema un conector rígido sustentado con tensores, que reduzca la luz a la mitad, con la consiguiente reducción del momento flector (Figura 4).



**Figura 4.** Viga simplemente apoyada, con luz reducida a la mitad mediante un conector rígido y cables que lo sustentan. Fuente: producción propia

Se mantienen los mismos valores de la carga actuante:

$$V = \frac{q \times l}{2} \quad M' = \frac{q \times \left(\frac{l}{2}\right)^2}{8} = \frac{q \times \frac{l^2}{4}}{8} = \frac{q \times l^2}{32} = \frac{M}{4}$$

$$q = 500 \text{ kg/m} \quad ; \quad l = 20 \text{ m}$$

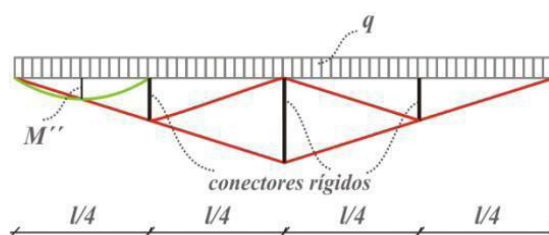
En función de estos valores, calculamos el momento flector máximo (M) y el módulo resistente (W) que nos permitirá seleccionar un perfil normal que permita resolver estructuralmente el sistema. Vemos que el momento flector máximo, ahora localizado en cada sector de la viga, se ha reducido a la cuarta parte, lo que condujo a una reducción considerable del módulo resistente (W).

$$\frac{M}{4} = \frac{2.500.000 \text{ kgcm}}{4} = 625.000 \text{ kgcm} \rightarrow W = \frac{625.000 \text{ kgcm}}{1.400 \text{ kg/cm}^2} = 446,43 \text{ cm}^3$$

Recurriendo nuevamente a la tabla de perfiles normales (Arcelor Mittal Acindar, Tablas y equivalencias), seleccionamos aquél que se encuadre dentro del W calculado, que resultó ser:

**1 PN N° 280 (28 cm)**

Todavía resulta una medida excesiva, por lo que aplicamos el mismo procedimiento anterior, pero ahora incorporamos dos conectores rígidos más, dividiendo la luz de cálculo a la cuarta parte (Figura 5).



**Figura 5.** Viga simplemente apoyada, con luz reducida a la cuarta parte mediante tres conectores rígidos y cables que los sustentan. Fuente: producción propia.

Se mantienen los mismos valores de la carga actuante:

$$V = \frac{q \times l}{2} \quad M'' = \frac{q \times \left(\frac{l}{4}\right)^2}{8} = \frac{q \times \frac{l^2}{16}}{8} = \frac{q \times l^2}{128} = \frac{M}{16}$$

$$q = 500 \text{ kg/m} \quad ; \quad l = 20 \text{ m}$$

En función de estos nuevos valores, calculamos una vez más el momento flector máximo (M) y el módulo resistente (W) para luego seleccionar un perfil normal que permita resolver estructuralmente el sistema. Vemos que el momento flector máximo, ahora localizado en cada sector de la viga, se ha reducido a la decimosexta parte, lo que condujo a una reducción considerable del módulo resistente (W).

$$\frac{M}{16} = \frac{2.500.000 \text{ kgcm}}{16} = 156.250 \text{ kgcm} \rightarrow W = \frac{156.250 \text{ kgcm}}{1.400 \text{ kg/cm}^2} = 111,71 \text{ cm}^3$$

Una vez más acudimos a la tabla de perfiles normales (Arcelor Mittal Acindar, Tablas y equivalencias), para seleccionar el perfil que mejor se encuadre dentro del W calculado, que resultó ser:

**1 NP N° 160 (16 cm)**

De esta manera queda demostrado que con sólo incorporar al sistema componentes que reducen la luz de cálculo, sin que ello signifique agregar material sino, se ha logrado una importante reducción del material necesario con la consiguiente reducción de la altura de la viga de sostén.

#### 4. Conclusiones

Lo aquí demostrado es consecuencia de la aplicación de dos leyes fundamentales presentes en la naturaleza, que deberían cumplir todas las estructuras en general, y muy especialmente las de grandes luces:

1. **Ley del MÍNIMO ESFUERZO**
2. **Ley de ECONOMÍA DE LA SUSTANCIA**

##### ➤ **Ley del MÍNIMO ESFUERZO**

Una estructura se considerará liviana cuando, con determinada cantidad de material soporta las mismas cargas que cualquier otra similar, pero con un mínimo esfuerzo.

Esto significa resolver racionalmente -no a fuerza de agregar material-, la canalización de las cargas que soporta la estructura, hacia los apoyos.

**¿Cuándo podemos considerar que hemos reducido a un mínimo el esfuerzo que soporta una determinada estructura?**

- Cuando sus esfuerzos son simples, de **TRACCIÓN** y de **COMPRESIÓN**,
- Cuando sus **MOMENTOS** se han reducido a un mínimo.

Todo el éxito logrado en el cumplimiento de esta primera ley se complementa con la aplicación de la segunda.

➤ *Ley de ECONOMÍA DE LA SUSTANCIA*

Se debe utilizar la mínima cantidad posible de material para resistir un determinado esfuerzo.

**¿Se pueden compatibilizar estas dos leyes?**

*SÍ*

Para eso recurriremos a un nuevo componente estructural diferente de todos los conocidos hasta la fecha.

No se trata de un material específico...

...tampoco es una sección predeterminada...

...mucho menos es un sofisticado procedimiento de cálculo.

El equilibrio entre todos estos componentes y el concepto de estructura de grandes luces, liviana y económica, se logrará mediante la incorporación de un nuevo componente estructural:

*la FORMA*

La forma contribuye de manera significativa y decisiva al comportamiento de las estructuras livianas de grandes luces

Mediante una forma adecuada se pueden canalizar las cargas a través de los elementos resistentes de una estructura compatibilizando el mínimo esfuerzo con la menor cantidad necesaria de material

Para una mejor comprensión de lo dicho hasta ahora acudiremos a un ejemplo: la Cripta de la Colonia Güell, obra del Arquitecto Antonio Gaudí (Barcelona, España, 1852/1926)

Antonio Gaudí no sólo era un ferviente amante de la naturaleza sino también un respetuoso admirador del comportamiento de sus componentes y de las leyes emergentes de los procesos naturales.

Es precisamente por esta convicción que impuso en sus obras las enseñanzas que encontró en la naturaleza, siguiendo estos principios de mínimo esfuerzo y eco nomía de la sustancia.

No es éste el espacio adecuado para hacer un estudio de sus obras, pero sí es adecuado para analizar cómo aplicaba estos principios.

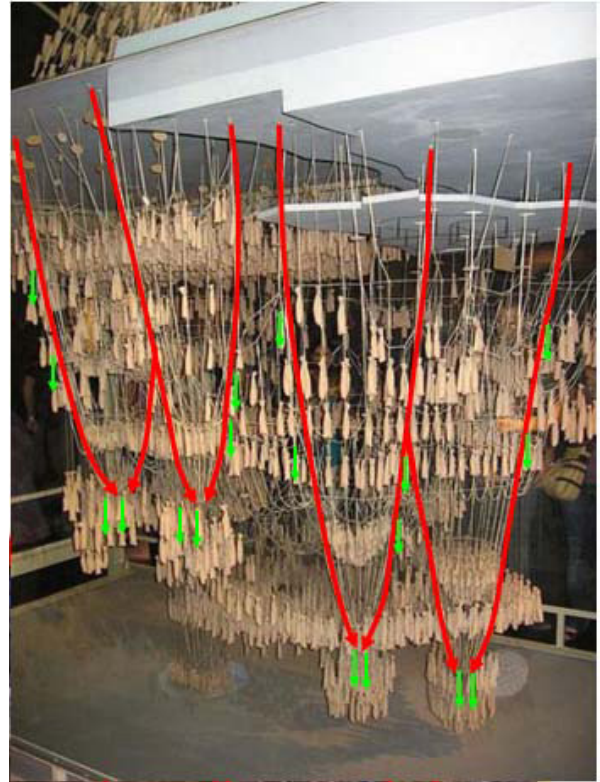
Partiendo de un complicado entramado de hilos pendientes de una superficie, sometidos al peso de simples bolsitas cargadas con arena, definía las líneas por donde fluían las tensiones principales (Figura 6).

Luego, tomando en cuenta estas líneas tensionales, definía las direcciones por donde pasarían los esfuerzos del componente estructural sometido, en este caso, a la acción de una carga que le producía un esfuerzo de tracción (Figura.7).

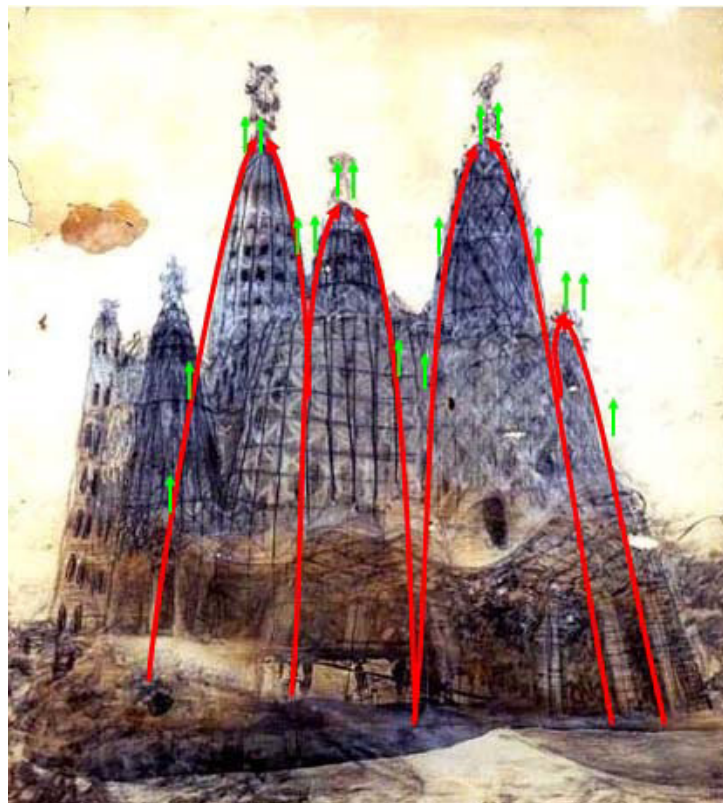
Es precisamente por ese respeto a las leyes naturales que, aplicando el principio de acción y reacción, determina que, así como en el caso de un hilo sometido a la acción de una carga que le produce una esfuerzo de tracción, en el caso inverso de un componente estructural rígido (una columna), sometido a una carga similar, opondrá un esfuerzo de compresión (Figura 8).



**Figura 6.** Maqueta de hilos suspendidos, sometidos a la carga de bolsitas cargadas con arena. Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Maqueta\\_funicular.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Maqueta_funicular.jpg)



**Figura 7.** Maqueta de hilos suspendidos, sometidos a la carga de bolsitas cargadas con arena, donde se visualizan las líneas tensionales. Fuente: producción propia.



**Figura 8.** Vista de la Cripta Güell con las líneas tensionales. Fuente: producción propia.



Cabe aquí destacar que en las obras de Gaudí, que se presentan extrañas por sus columnas inclinadas o curvas parabólicas concurrentes, todo responde al respeto por las leyes fundamentales de la naturaleza.

De esta forma, se podrá considerar que una estructura es de gran luz, cuando, además de cubrir una gran superficie, libre de obstáculos, es preponderantemente liviana y económica

Lo que equivale a decir que cumple efectiva y eficientemente con las dos leyes fundamentales de la naturaleza:

- *del MÍNIMO ESFUERZO, y*
- *de ECONOMÍA DE LA SUSTANCIA*

## **5. Bibliografía**

Arcelor Mittal Acindar. (2020): *Tablas y equivalencias*. [www.acindar.com.ar](http://www.acindar.com.ar)

Prat, Emma S. y Vedoya, Daniel E. (2009): *Estructuras de grandes luces. tecnología y diseño*. Corrientes (Argentina): Ediciones del ITDAH

Vitrubio Polion, Marco L. (1981): *Los diez libros de la arquitectura* (ca. S. I a.C). Compendio escrito por Claudio Perrault, de la Real Academia de París, y Joseph Castañeda, Teniente Director de Arquitectura. Valencia (España): Artes Gráficas Soler S. A.



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**



## **Uso de plantas medicinales en enfermedades prevalentes en la subregión del San Juan, Departamento de Chocó – Colombia**

Use of medicinal plants in prevalent diseases in the subregion of San Juan, Chocó – Colombia

**Liliana Yadira Martínez Parra.** liliana.martinezparra@utch.edu.co

Facultad de Ciencias de la salud, Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba, Quibdó, Colombia.

### **Resumen**

El Objetivo de esta investigación fue describir el uso de las plantas medicinales en enfermedades prevalentes en el Departamento del Chocó. Metodología: El estudio se realizó con base en la revisión de bibliográfica de trabajos de grado disponibles en la Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba (U.T.CH), investigaciones realizadas por docentes que laboran en los municipios de la región, en el Herbario de la U.T.CH y consultas disponible en Internet. Los resultados demuestran un amplio saber sobre recursos vegetales para las enfermedades prevalentes en la región, ya que se encontraron 96 especies vegetales distribuidas en 41 familias botánicas, siendo las familias Asteraceae y Piperaceae las que cuentan con mayor porcentaje de especies medicinales, seguidas por las familias Melastomataeae, Lamiaceae, Rubiaceae, Fabaceae y Arecaceae. Se logró reconocer el conocimiento ancestral de plantas medicinales en función salud–enfermedad que aquejan las poblaciones de la subregión del San Juan.

### **Palabras Claves**

Etnobotánica, Fitoterapia, Medicina Tradicional Afrodescendiente.

### **Abstract**

The objective of this research was to describe the use of medicinal plants in prevalent diseases in the department of Chocó. Methodology: The study was carried out based on the bibliographic review of degree works available at the Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba (U.T.CH), research carried out by teachers working in the municipalities of the region, in the U.T.CH Herbarium and consultations available on the Internet. The results show a wide knowledge about plant resources for the prevalent diseases in the region, since 96 plant species distributed in 41 botanical families were found, being the Asteraceae and Piperaceae families the ones with the highest percentage of medicinal species, followed by the Melastomataeae, Lamiaceae, Rubiaceae, Fabaceae and Arecaceae families. It was possible to recognize the ancestral knowledge of medicinal plants in terms of health-disease that afflict the populations of the San Juan sub-region.

### **Keywords**

Ethnobotany, Phytotherapy, African-American Traditional Medicine.

## Introducción

Desde la antigüedad los seres humanos han usado las plantas para controlar y curar enfermedades, contribuyendo enormemente a la salud humana, en particular como proveedores de atención primaria de salud al nivel de la comunidad (OMS, 2013), Pese a esto, hay subestimación en los servicios de salud, debido a que se da prioridad a los medicamentos convencionales y costosos; sin considerar que la medicina alternativa es una forma de tratamiento natural, de bajo costo y que trae múltiples beneficios para las personas que las consumen y utilizan en el tratamiento de las diversas patologías que los aquejan en su vida cotidiana. Además, este tipo de medicina ayuda en el mantenimiento de la salud, en la prevención y tratamiento de enfermedades, en particular enfermedades crónicas (OMS, 2013).

Colombia se caracteriza por ser un país con territorios biodiversos, con gran riqueza biológica que la posiciona como un lugar privilegiado a nivel global. Una parte importante de esta riqueza biológica está en el Departamento del Chocó, en la región del Pacífico colombiano. (Casas et al., 2018). En el territorio del Chocoano, los factores de riesgo socioeconómicos tienen gran influencia en la mortalidad en las zonas menos desarrollados dado el déficit de infraestructura en salud, (Secretaría de Salud Departamental, 2019). Además, es difícil mantener buenas prácticas donde la comunidad cuenta con malas condiciones de saneamiento, deficiencias en el suministro de agua e infraestructura de atención en salud muy escasa.

## 1. Metodología

El estudio se realizó con base en la revisión de bibliográfica de trabajos de grado disponibles en la Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba (U.T.CH), investigaciones realizadas por docentes que laboran en los municipios de la región, en el Herbario de la U.T.CH y consultas disponible en Internet. Los datos obtenidos fueron codificados en una Base de Datos en MS Excel para su análisis y discusión. Área de estudio: subregión del San Juan, una de las 5 regiones del Departamento del Chocó, agrupa 11 de los 30 de municipios del Departamento donde predomina el bosque húmedo.

### Resultados

En la investigación se pudieron identificar y sistematizar 96 especies vegetales, distribuidas en 41 familias botánicas. Ver tabla (1).

**Tabla 1.** Listado de plantas medicinales y Características de usos fitoetnomedicinales en la subregión del San Juan.

| Especie                         | Nombre local        | Uso Medicinal (afección a contrarrestar)  |
|---------------------------------|---------------------|---|
| Familia: Acanthaceae            |                     |   |
| <i>Justicia chlorostachya</i>   | Calambombo          | Hemorragias y antidiabético. (IIAP, 2007)   |
| <i>Justicia secunda</i>         | Riñonera            | Hemorragias internas, azúcar en la sangre, hemoglobina y problemas de circulación. (IIAP, 2007)   |
| Familia: Amaranthaceae          |                     |   |
| <i>Alternanthera Lanceolada</i> | Descansel. Escáncel | Subir Hemoglobina, enfermedades hepáticas, circulación sanguínea, gota, artritis y reumatismo, enfermedades del corazón y cefalea. (IIAP, 2007) |
| <i>Amaranthus spinosus</i>      | Bledo               | Controlar fiebre, diarrea, disentería, enteritis, irritaciones de la garganta, gota y hemorragias intestinales. (IIAP, 2007)                    |
| <i>Iresine herbii</i>           | Amaranto            | Disolver tumores internos, la presión, dolores de cabeza. subir las defensas. (IIAP, 2007)  |

|  |                               |  |
|--|-------------------------------|--|
| Familia: Anacardiaceae                 |                               |  |
| Spondias mombin L.                     | Hobo                          | Limpiar el hígado. (Córdoba et al., 2019)  |
| Familia: Annonaceae 3                  |                               |  |
| Annonaceae Nn3                         | Guasimo de montaña            | Tifo. (Ramírez et al., 2000)   |
| Familia: Apocynaceae                   |                               |  |
| Stemmadenia Grandiflora                | Hueva de perro                | Heridas y quemaduras. (IIAP, 2007; Becerra et al., 2007)   |
| Familia: Arecaceae                     |                               |  |
| <i>Cocos nucifera</i>                  | Coco                          | Suero fisiológico, oftalmias, antigripal, expectorante, asma, forúnculos y diurético. (IIAP, 2007; Pino et al., 2004)  |
| Bactris gasipaes                       | Chontaduro                    | Raquitismo, anemia, pérdida de la memoria y caída del cabello, regula la digestión. (IIAP, 2007)   |
| Manicaria saccifera                    | Cabecinegro                   | Para la próstata (Córdoba et al., 2019)  |
| Oenocarpus bataua                      | Mil pesos                     | Digestivo. Contra dispepsia y asma bronquial. (IIAP, 2007)   |
| Familia: Asteraceae                    |                               |  |
| Spilanthes aff. Paniculada             | Botoncillo                    | Limpia el hígado, la bilis y los riñones. Dolores de estómago. Contrarresta los parásitos. (IIAP, 2007)  |
| Acmella brachyglossa                   | Botoncillo                    | Parasitismo y Pasma. (Bueno et al., 2006)  |
| Ambrosia cummanensis H.B.K             | Altamisa                      | Amigdalitis, fiebres, escalofríos, oftalmias, gripas y parasitismo. (IIAP, 2007; Valencia, 2016)   |
| Bidens pilosa Linneo                   | Cacama y/o Pacunga            | Parasitismo, paludismo, fiebre, gripa, hipertensión, diurética, expulsar cálculos renales, colesterol y desinflamar la bilis. (Bueno et al., 2006; IIAP, 2007) |
| Ademostemma lavenia Kunntze            | Doña juana                    | Curar heridas, granos, maduraciones y llagas. (IIAP, 2007; Valencia, 2016)   |
| Pollalesta discolor H.b.k Aristeguieta | Aiso                          | Parasitismo (Becerra et al., 2007)   |
| Tradescantia cumanensis L.             | Chicorea, Siempre viva morada | Paludismo, tifo, anemia, enfermedades renales, y respiratorias, hemorragias. circulación sanguínea, reumatismo, cefalea, sudoración (IIAP, 2007)               |
| Satureja brownei Sw                    | Poleo                         | Contra parásitos y problemas respiratorios. (Bueno et al., 2006)   |
| Familia: Bromeliaceae                  |                               |  |
| <i>Ananas sativus F.</i>               | Piña                          | Daños estomacales, arterosclerosis, anemias, albúminemia, enfermedades bronquiales, desparasitante, pérdida de la memoria, neurastenia. (IIAP, 2007)           |
| Familia: Burseraceae                   |                               |  |
| Trattinckia sp                         | Caraño                        | Botar gases. (Becerra et al., 2007)  |
| Protium                                | Cedro macho                   | Piojos. (Becerra et al., 2007)   |
| Dacryodes Sp2                          | Anime                         | Cefalea. (Ramírez et al., 2000)  |
| Familia: Caesalpiniaceae               |                               |  |
| Senna occidentales L                   | Potra                         | Para daños en el estómago, indigestión, agrieras. Expulsar parásitos. (IIAP, 2007)   |
| Bauhinia Sp 1                          | Bejuco chocho                 | Oftalmia, cefalea, presión arterial, torceduras, paludismo, asma, tifo, derrame (Ramírez et al., 2000)   |
| Delonix regia                          | Clavellino                    | Curar cualquier enfermedad. (Becerra et al., 2007)   |
| Microlobium sp                         | Pichindecillo                 | Parásitos. (Becerra et al., 2007)  |

|   |                   |   |
|---|-------------------|---|
| Familia: Apiaceae                           |                   |   |
| <i>Eryngium foetidum</i> L                  | Cilantro cimarrón | Digestivo, contra diarreas. (Valencia, 2016)  |
| Familia: Chenopodiaceae                     |                   |   |
| <i>Chenopodium ambrosoides</i> L.           | Paico             | Parásitos intestinales, gripa, fiebre, indigestión, úlceras, leishmaniosis cutánea y esporotricosis. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007; Valencia, 2016) |
| Familia: Clusiaceae                         |                   |   |
| <i>Calophyllum</i>                          | Aceite            | Asma, dolor de pecho, heridas. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)   |
| Familia: Commelinaceae                      |                   |   |
| <i>Peperomia benthamiana</i>                | Siempre viva      | Purgante. (Valencia, 2016)  |
| <i>Begonia semiovata</i> Liebm.             | Churco            | Parasitismo intestinal. (IIAP, 2007)  |
| Familia: Costaceae                          |                   |   |
| <i>Costus guanarensis</i>                   | Caña agria        | Controla fiebres y paludismo. (IIAP, 2007; Valencia, 2016)  |
| Familia: Cyperaceae                         |                   |   |
| <i>Kyllinga odorata</i> Vahl.               | Espadilla         | laxante en los niños, paludismo, tifo, fiebre y tabardillo. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)  |
| <i>Cythea</i> sp                            | Taxi              | Disminuye el fuego en el cuerpo. Limpia los riñones y pulmones (Becerra <i>et al.</i> , 2007)   |
| Familia: Dioscoreaceae                      |                   |   |
| <i>Dioscorea coriacea</i> Humb.             | zaragosa          | Mordedura de serpiente. Parasitismo (Bueno <i>et al.</i> , 2006)  |
| Familia: Ebenaceae                          |                   |   |
| <i>Lissocarpus Sp1</i>                      | Verga negra       | Riñones. Cansancio. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)  |
| Familia: Euphorbiaceae                      |                   |   |
| <i>Croton draconoides</i>                   | Sangre de drago   | Sanar úlceras. (Valencia, 2016)   |
| Familia: Fabaceae                           |                   |   |
| <i>Andira inermis</i>                       | Manteco           | Febrífugo, antiparasitario. (Becerra <i>et al.</i> , 2007)  |
| <i>Gliricidia sepium</i> Jack. Kunt ex Walp | Mataratón         | Antifebril, alteraciones en la piel, herpes Zoster, paludismo, el tabardillo y el tifo. Repelente. (IIAP, 2007)   |
| <i>Eritrina cf. costaricensis</i>           | Secá              | Problemas estomacales y descompostura. (Valencia, 2016)   |
| <i>Dussia</i>                               | Fruta de sabalo   | Bajar hinchazón, para maduración. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)  |
| Familia: Gesneriaceae                       |                   |   |
| <i>Gnetun leyboldii</i> Tul.                | Bellota           | Digestivo, antiedematoso, antifebril, Dolor estomacal y afecciones de la próstata. (IIAP, 2007)   |
| Familia: Gentianaceae                       |                   |   |
| <i>Senna occidentales</i> Link              | Galve             | Laxante, cicatrizante y desinflamante. (IIAP, 2007; Mena, 2008)   |
| Familia: Lamiaceae                          |                   |   |
| <i>Mentha viridis</i> L                     | Hierba buena      | Gripa, tos, resfríos, laxante, parasitismo y mordedura de serpientes. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)  |
| <i>Ocimum basilicum</i> Linneo              | Albahaca blanca   | Congestiones respiratorias. Cólicos menstruales y estrés. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)  |
| <i>Ocimum basilicum</i> Linneo.             | Albahaca morada   | Congestiones respiratorias, analgésico, Digestivo, laxante vermífugo, antidiarreico, antiespasmódico, sedante, diurético. (IIAP, 2007; Mena, 2008)            |
| <i>saturejja brownei</i> sw                 | Poleo             | Antiparasitario y para el pasmo en las mujeres. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)  |

|   |                           |  |
|---|---------------------------|--|
| <i>Hyptis capitata</i> L.                         | Mastranco                 | Antidiarreico, desordenes gástricos, hipotensivo, antiséptico, hemostático. (IIAP, 2007)   |
| <i>Mentha piperita</i>                            | Menta                     | Analgésico, antiséptico. (Bueno <i>et al.</i> , 2006)  |
| Familia: Lecythydaceae                            |                           |  |
| <i>Guatavia superba</i> (H.B.K) Brerg             | Paco de monte bravo       | Pujos en los niños (Becerra <i>et al.</i> , 2007)  |
| Familia: Liliaceae                                |                           |  |
| <i>Cordyline Terminalis</i>                       | Palma de cristo           | Refrescar los riñones y analgesico. (IIAP, 2007)   |
| Familia: Loganiaceae                              |                           |  |
| <i>Espigüela antelada</i> L                       | Lombricera                | Desparasitante. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)   |
| Familia: Malvaceae                                |                           |  |
| <i>Herrania purpurea</i> (Pit-tier) R. E. Schult. | Cacahuillo                | Limpiar riñones. (Córdoba <i>et al.</i> , 2019)  |
| <i>Malachra alceiifolia jacq</i>                  | Malva                     | Antiparasitario, antiinflamatorio, gastroenteritis. (Bueno <i>et al.</i> , 2006)   |
| <i>Malvun leyboldii</i>                           | Escubilla                 | Antiinflamatorio, antidiarreico. (Valencia, 2016)  |
| Familia: Melastomataceae                          |                           |  |
| <i>Bellucia Axinanthera</i>                       | Coronillo                 | Paludismo. Fuego. Tifo. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000; Vivas <i>et al.</i> , 2004)   |
| <i>Aciotis acuminifolia</i> (DC) Triana.          | Morita de Alumbre         | Infecciones cutáneas y hongos vaginales. (IIAP, 2007)  |
| <i>Miconia nervosa sm.triana</i>                  | Hormigo colorado          | Dolor de cabeza - fiebre y escalofrió (Becerra <i>et al.</i> , 2007)   |
| <i>Monolena cordifolia Triana</i>                 | Churco                    | Expulsar parásitos. (Pino <i>et al.</i> , 2004)  |
| <i>Monolena primulaeflora Hook</i>                | Churco                    | Expulsar parásitos. (Pino <i>et al.</i> , 2004)  |
| <i>Miconia Sp 2</i>                               | Hormigo                   | Analgésico, reumatismo. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)   |
| Familia: Monimiaceae                              |                           |  |
| <i>Siparuna</i>                                   | Amanza guapo              | Reumatismo. (Pino <i>et al.</i> , 2004)  |
| <i>Siparuna conica</i>                            | Limoncillo                | Antibacteriano (Pino <i>et al.</i> , 2008)   |
| <i>Siparuna guianensis</i>                        | Limoncillo de monte bravo | Antibacteriano (Pino <i>et al.</i> , 2008)   |
| Familia: Moraceae                                 |                           |  |
| <i>Brosimun Utile</i>                             | Lechero                   | Rodillas cansadas, bazo inflamado. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)  |
| <i>Artocarpus comunis Fors.</i>                   | Árbol del pan             | antidiabético, antidiurético, antiséptico, anti lipídico, cólicos biliares, culebrilla y oftalmias. (IIAP, 2007)   |
| Familia: Myrtaceae                                |                           |  |
| <i>Eucalyptus globulus labill</i>                 | Eucalipto                 | Antiparasitario, antibacteriano, enfermedades de vías respiratorias, desinflamante, antidiabético, antifebril, hemostático. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007) |
| <i>Myrcia Guianensis</i>                          | Guayabo                   | Analgésico (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)  |
| <i>Psidium guajava Linneo</i>                     | Guayabo                   | Antiparasitario, controlar el colesterol y la presión arterial, para limpiar la sangre. (IIAP, 2007)   |
| <i>Myrtaceae Nn1</i>                              | Bejuco grande             | Tratar el bazo. Pega huesos. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)  |
| Familia: Ochnaceae                                |                           |  |
| <i>Cespezia macrophyla</i>                        | casoco ó paco             | Secar verrugas (Becerra <i>et al.</i> , 2007)  |

|                                     |  |   |
|-------------------------------------|--|---|
| Familia: Piperaceae                 |  |   |
| <i>Piper peltatum</i> L.            | Santa Maria boba                         | Se para refrescar los riñones, antiespasmódico, refrescante. mordedura de serpientes. (IIAP, 2007; Pino <i>et al.</i> , 2004)   |
| <i>Piper tricuspe</i> (Miq.) C.DC.  | Tres dedos o costeña                     | Analgésico, reumatismo, fracturas. Para limpiar el riñón y mordedura de serpientes. (IIAP, 2007; Pino <i>et al.</i> , 2004)   |
| <i>Peperonia pellucida</i> (L.) HBK | Celedonia                                | Antifebril, conjuntivitis, resfrío, acelerar el parto, quitar verrugas, diurética, tratar riñones, colesterol y sarampión (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007; Valencia, 2016)  |
| <i>Piper sp</i>                     | Costeña morada                           | Detiene hemorragias. (Becerra <i>et al.</i> , 2007)   |
| <i>Piper spoliatum</i> Trel & Yun   | Hierba de sapo                           | Mordedura de serpiente, raya y pejesapos, desparasitante, fracturas, cicatrizante y desinflamante. (IIAP, 2007)   |
| <i>Piper confertinodun.</i>         | La chocó                                 | Paludismo, tabardillo y mordedura de serpientes. Antifebril. (IIAP, 2007; Rivas, 2004)  |
| <i>Piper multiplinerveium</i> Cdc   | Cordoncilla bejuco, Corazón de la virgen | Contra el pasmo, paludismo, reumatismo, tabardillo, mordedura de serpientes, descomposturas, golpes, hepatitis, tifo, anemia, fatiga, dolores de cintura. Diarrea, amibiasis, vómitos, congestión respiratoria, artritis, hinchazón. (IIAP, 2007) |
| Familia: Plantaginaceae             |  |   |
| <i>Plantago major</i> L.            | Llantén mayor                            | Antibacteriano, antituberculoso, úlceras estomacales, otitis, diarreas, disenterías, antiinflamatorio, antitusivo, emoliente, diurético, expectorante, antigripal, bronquitis y laxante. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007; Valencia, 2016) |
| Familia: Poaceae                    |  |   |
| <i>Cymbopogon citratus</i> (D.C)    | Limoncillo                               | Expulsar gases intestinales, antiparasitario, antiséptico, para resfriados y antigripal. (IIAP, 2007; Valencia, 2016)   |
| Familia: Rubiaceae                  |  |   |
| <i>Coccocypselum Hirsutum</i>       | Morita de Alumbre                        | Antifúngico, antibiótico, antiséptico, antiinflamatorio. (Rivas, 2004)  |
| <i>Psychotria cinta</i> Standl.     | Mora menuda                              | Mordedura de serpiente. (Pino <i>et al.</i> , 2004)   |
| <i>Psychotria ambigua</i> standl    | Amargo pajarito                          | Tifo, tabardillo, asfixia y botar el frío. (Becerra <i>et al.</i> , 2007; Ramírez <i>et al.</i> , 2000)   |
| <i>Psychotria psychatrinifolia</i>  | Sombrero d diablo. Beso de negra         | Contra problemas reumáticos, el colon, pasmo y para normalizar el ciclo menstrual. (IIAP, 2007)   |
| <i>Psychotria cooperi</i> standl.   | Amargo pajarito                          | Antifebril y antipalúdico. (IIAP, 2007)   |
| Familia: Rutaceae                   |  |   |
| <i>Hortia Columbiana</i>            | Mamey                                    | Desparasitante. Para la vista. (Ramírez <i>et al.</i> , 2000)   |
| <i>Citrus limón</i> (L) burm        | Limón                                    | Digestivo, antidiarreico, Alcaliniza la sangre, destruir cálculos, acidez estomacal, antifatulento, dermatológico, oftalmias. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)  |
| Familia: Scrophulariaceae           |  |   |
| conobea scoparioides                | Escubilla                                | Parasitismo. (Bueno <i>et al.</i> , 2006)   |
| Familia: Solanaceae                 |  |   |
| <i>Solanum nudum</i> Dunal          | Sauco                                    | Gripa, analgésico, antiespasmódico, antiparasitario, Mordedura de serpiente, Desinflamante, limpiador hepático. Antipaludico, antidiabético y refrescar riñones. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)   |
| <i>Capsicum sp</i>                  | Ají, tapaculo                            | Antiparasitario. (Bueno <i>et al.</i> , 2006; IIAP, 2007)   |



| Familia: Zingiberaceae |                         |   |
|------------------------|-------------------------|---|
| Hedychium coronnatum   | Heliotropo, Hilo propio | Fiebre, cólicos menstruales, analgésico, para madurar y sanar forúnculos. antiséptico. (IIAP, 2007) |
| Zingiber officinale    | Jengibre                | Cólicos menstruales, problemas bronquiales, estimula la digestión. (IIAP, 2007)                     |
| Familia: Verbenaceae   |                         |   |
| Lippia alba            | Orozul                  | Antigripal, Antiespasmódico, en afecciones gastrointestinales. (Mena, 2008)                         |

Fuente: elaboración propia.

## 2. Discusión

Por su posición en el Neotrópico, Colombia es megadiverso, cuenta con una alta diversidad de paisajes que se traducen también en la diversidad sociocultural y de plantas medicinales, donde el conocimiento y su uso es importante para muchas culturas (Angulo *et al*, 2012), ya que puede servir como herramienta para la toma de decisiones en materia de salud pública, conservación y aprovechamiento sostenible de las especies medicinales, así como para el mejoramiento de la salud de la población en general.

Las familias botánicas con el mayor número de especies medicinales utilizadas fueron Asteraceae, Piperaceae, Melastomataeae, Lamiaceae, Rubiaceae, Fabaceae y Arecaceae, coincidiendo con los resultados obtenidos en otras partes de Colombia (Angulo *et al*, 2012; Alvarado, 2007; Bernal *et al*, 2011; Pino *et al*, 2004). A su vez, estas familias son a menudo seleccionadas para la elaboración de estudios fitoquímicos, que identifican principios activos para la elaboración de fármacos y revisten particular interés, teniendo en cuenta abundancia por número de especies y diversos usos que las comunidades dan a estos recursos. Las investigaciones etnobotánicas en el Chocó no alcanzan a caracterizar de forma repetida las diferentes aplicaciones terapéuticas de la mayoría de las especies medicinales. Contexto similar al que se vive en Colombia según Bernal *et al.*, 2011.

## 3. Conclusiones

Se logró reconocer el conocimiento ancestral de plantas medicinales en función salud–enfermedad que aquejan las poblaciones de la subregión del San Juan. Donde pocas de las especies medicinales encontradas cuentan con investigaciones de su composición química.

En las familias Moraceae, Asteraceae y Solanaceae se encuentran las especies que pueden ser utilizadas para atender la mayoría de las enfermedades de mayor prevalencia en el Departamento del Chocó.

**Bibliografía**

- Alvarado, L.A. (2007). *Plantas medicinales de las zonas de manejo de la comunidad indígena Monilla Amena, Amazonas, Colombia*. Trabajo de grado para optar al título de optar al título de Biólogo. Pontificia Universidad. Javeriana Facultad de Ciencias.
- Angulo, A.F., Rosero, R.A., & González, M.S. (2012). (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia. *Universidad y Salud*, 14 (2), 168-185. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-71072012000200007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072012000200007&lng=en&tlng=es).
- Becerra, A. & Mosquera, Y. (2007). *Composición Florística y Etnobotánica de un Bosque Pluvial Tropical (bp-T) en el Corregimiento de Manungara Municipio de Tadó, Chocó- Colombia*. Tesis para optar el título de Biólogo con Énfasis en Recursos Naturales. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba.
- Bernal, H.Y.; García, M.H. y Quevedo, S.F. (2011). *Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales nativas en Colombia: Estrategia nacional para la conservación de plantas*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia. 232 págs.
- Bueno, L.Y., Peñaloza, M., Palacios C. (2006). *Estudio etnobotánico de las especies útiles en la preparación de balsámicas en la región san juan: Condoto, Opogodo y Novita. Chocó - Colombia*. Tesis para optar el título de Biólogo con Énfasis en Recursos Naturales. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba.
- Casas, L., González, D., Beatriz, S., Mosquera, R., & Álvarez, E. (2018). Diversidad y estructura de bosques contrastantes en la región del Chocó-Darién, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 12. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2328/3881>
- Córdoba, L., Gamboa, H., Mosquera, Y., Palacios, Y., Salas, M.H. Ramos PA. (2019). Productos forestales no maderables: uso y conocimiento de especies frutales silvestres comestibles del Chocó, Colombia. *Revista de Investigación UNED / Cuadernos de Investigación UNED*, 11 (2), 164-172. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2304>.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2007). *Guía de flora. Plantas medicinales*. ISBN 978-958-9762-8-3.
- Mena, L.M. (2008). *Etnobotánica de Plantas de Tado - Chocó*. Informe Ondas.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2013). *Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional 2014-2023*. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/95008/9789243506098\\_spa.pdf;jsessionid=F12E0B93F95503FDCBFCC8C9ADD13839sequen ce=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/95008/9789243506098_spa.pdf;jsessionid=F12E0B93F95503FDCBFCC8C9ADD13839sequen ce=1).
- Pino, N. & Valois, H. (2004). Ethnobotany of Four Black communities of the Municipality of Quibdó -Chocó, Colombia. *Lyonia*. 7: 59-68. Disponible en: <https://www.lyonia.org/downloadPDF-2.312.pdf?pdfID=2.312>.
- Pino, N., Martínez, L., & Stashenko, E. E. (2008). Actividad antibacteriana del aceite esencial de *S. conica* y *S. guianensis* especies de la Familia Monimiaceae. *Salud UIS*, 40(2). Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistasaluduis/article/view/25>.
- Ramírez, Y.Y., & Copete, S.S. (2000). *Etnobotánica de las especies arbóreas presentes en la subparcela E de la parcela permanente de investigación en biodiversidad de la UTCH Salero-Tado-Chocó*. Tesis para optar el título de Biólogo con Énfasis en Recursos Naturales. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba.
- Rivas, L.C. (2004). *Estudio de la Fenología Reproductiva y Etnobotánica de Coccocypselum Hirsutum (RUBIACEAE) en la Comunidad de Opogodo Municipio de Condoto - Chocó - Colombia*. Tesis para optar el título de Biólogo con Énfasis en Recursos Naturales. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba.
- Secretaría de Salud Departamental. (2019). *Actualización Análisis de Situación de Salud (ASIS) 2018 con el Modelo de los Determinantes Sociales de Salud Departamento del Chocó*. Disponible en: [https://choco.micolombiadigital.gov.co/sites/choco/content/files/000235/11716\\_asis\\_choco\\_2018.pdf](https://choco.micolombiadigital.gov.co/sites/choco/content/files/000235/11716_asis_choco_2018.pdf).



Valencia, M. (2016). *Implementación de una Farmacopea para la Paz, con Plantas Medicinales para Aprovechamiento Curativo Tradicional en la Comunidad de Taridó - Municipio de Cantón de San Pablo – Chocó*. Informe Ondas.

Vivas, M.V. & Mosquera, D. (2004). *Estudio Etnobotánico y Análisis Bromatológico de la Especie Bellucia Axinantha Tr “ Coronillo” en Bosque Pluvial Tropical del Municipio de Condoto Corregimiento de Opogodo Chocó - Colombia*. Tesis para optar el título de Biólogo con Énfasis en Recursos Naturales. Universidad Tecnológica del Chocó Diego Luis Córdoba.



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**



## **Economía Circular Biomimética (ECB): sinergias para el tercer milenio en armonía con la Naturaleza**

Biomimetic Circular Economy (BCE): synergies for the third millennium in harmony with nature

**Jairo Ricardo Mora-Delgado.** jrmora@ut.edu.co

Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia.

**Hernando Bernal Zamudio.** hbernal@biomimeticosciences.org

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Universidad de la Laguna, España.

### **Resumen**

En los últimos treinta años nuevas disciplinas emergen en saltan a la palestra académica, la robótica, la bioeconomía, la Biomimesis, la agroecología, la biología sintética, y la astrobiología, que tienen que ver con las dinámicas agrarias como urbanas en términos ambientales para vivir en armonía con la Naturaleza, al poner el énfasis en los procesos cíclicos de la producción basadas en los principios biológicos, y valorados desde el concepto de la eficiencia de los flujos de masa, energía e información. La presente reflexión, hace un recorrido por diferentes aproximaciones a la valoración de los flujos de materia, energía e información en los sistemas de producción agropecuarios como urbanos, enfatizando en la propuesta de una Economía Circular Biomimética (ECB), cuya importancia recae en que la Naturaleza sea Sujeto de Derecho para vivir en armonía con la Naturaleza. Y de otra parte en relación a aproximaciones para comprender la eficiencia de los arreglos agrícolas, agroforestales, como la producción industrial a nivel urbano como en el medio rural y sitúa en evidencia el potencial de las sinergias de estas disciplinas para el tercer milenio, y se citan algunos casos exitosos desarrollados en Colombia.

### **Palabras clave**

Agroforestería, sostenibilidad, innovación biomimética, mimesis.

### **Abstract**

In the last thirty years, new disciplines have come to the academic arena, robotics, bioeconomics, biomimicry, agroecology, synthetic biology, and astrobiology, which have to do with agrarian and urban dynamics in environmental terms to live in harmony with Nature, by emphasizing cyclical production processes based on biological principles, and valued from the concept of the efficiency of mass, energy, and information flows. The present reflection takes a tour of different approaches to the valuation of the flows of matter, energy and information in agricultural and urban production systems, emphasizing the proposal of a Biomimetic Circular Economy (BCE), whose importance lies in that Nature is Subject of Law. And on the other hand, in relation to approaches to understand the efficiency of agricultural and agroforestry arrangements, such as industrial production at the urban level as well as in rural areas, and it highlights the potential of the synergies of these disciplines for the third millennium, and some successful cases developed in Colombia are cited.

### **Keywords**

Agroforestry, sustainability, biomimetic innovation, mimesis.

## **Introducción**

La Biomimesis estudia a la Naturaleza como fuente de inspiración para generar innovaciones inteligentes, con ello el poder implementar tecnologías regenerativas como resilientes a partir de procesos como de dinámicas de los componentes de la Naturaleza, las cuales, han dado la pauta en la resolución de problemas antropogénicos. Así, muchas disciplinas emergentes, como la agroforestería, la agroecología a la Biomimesis, la biología sintética, la astrobiología, entre otras áreas de conocimiento, se centran en explorar y aprender de las leyes que rigen los procesos como las dinámicas de los componentes bióticos y abióticos de la Naturaleza. Y poder trasladarlos mediando procesos dialecticos reflexivos relacionados con las dimensiones de adaptación y de resiliencia de dichas intervenciones, con el fin de lograr la mejor manera de acoplar los procesos y a las dinámicas humanas a los procesos y las dinámicas coevolutivas de los componentes de la Naturaleza.

Un modelo de ECB busca reducir el consumo y emisión de recursos y residuos, con el objetivo de aumentar la vida útil de los productos y servicios y, al mismo tiempo, volverse eco-amigable y optimizando la energía tomada de las diferentes fuentes renovables disponibles. Este modelo se basa en la misma evolución de la Naturaleza. Por ejemplo, la comprensión de la etología de los animales, como las interacciones y sinergias entre plantas, dan pautas para diseños bioinspirados en cultivos y sistemas ganaderos regenerativos como resilientes en la complejidad interespecíficas de los ecosistemas. Los denominados sistemas silvoagrícolas, silvopastoriles, y agrosilvopastoriles, constituyen ejemplos de arreglos biomiméticos, dentro de la Biomimesis dura, que pueden ser potencializados para el uso eco amigable de las sociedades rurales; como lo señala Dicks (2023), la Biomimesis muestra cómo podemos imitar, emular y aprender de la Naturaleza, para lograr una forma genuinamente sostenible de habitar la tierra.

Por otra parte, investigaciones recientes han demostrado que existe una correlación entre la Economía Circular Biomimética y las tecnologías 4.0. Además, otros trabajos de investigación han analizado la forma en que la ECB utiliza diferentes tecnologías 4.0 para transferir de la economía agraria lineal existente a la ECB. En esta línea, este artículo apunta a una reflexión sobre las sinergias de disciplinas emergentes que pueden constituir un desafío en el tercer milenio, para la construcción de un modelo económico más ecoamigable e inclusivo socialmente. Se hace un recorrido por el estatuto teórico de las mencionadas disciplinas y se citan algunos casos exitosos desarrollados en Colombia, especialmente se mencionan los trabajos del grupo de investigación Sistemas Agroforestales Pecuarios de la Universidad del Tolima, Colombia.

### **1. Desde la Economía Neoclásica a la Economía Circular Biomimética (ECB)**

Cuando se habla de economía, necesariamente nos remitimos a los fundamentos teóricos como discursivos de las líneas de pensamiento de los clásicos y neoclásicos de esta disciplina. Bien podría decirse, que en los últimos 30 años principalmente las teorías neoclásicas son las que han estado a la vanguardia de los modelos de desarrollo económico, que condenan a los países del tercer mundo a prácticas extractivistas depredadoras y de exclusión social como cultural. También, es importante señalar como indicador, al implementar dichos postulados neoclásicos, el aumento cada vez mayor de la marginalidad de grupos sociales en los países desarrollados como en las denominadas economías emergentes del sur global.

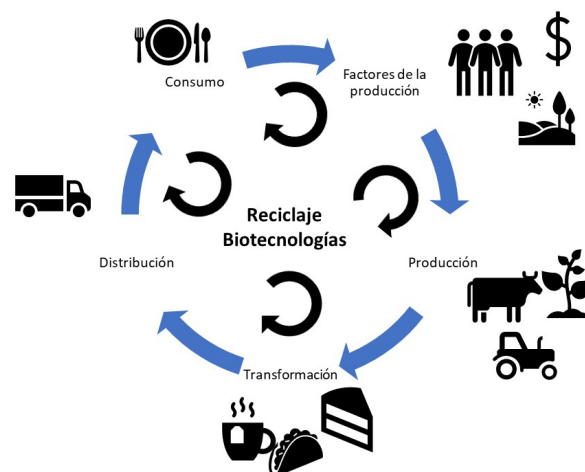
Para la economía neoclásica, el mercado y el sistema de precios son los mecanismos de relación entre los individuos, las empresas y la sociedad, por lo que se deben lograr la compatibilidad de las decisiones económicas privadas y resultados aceptables; cuyo centro es el modelo de Equilibrio General Competitivo (EGC). Así, el EGC se presenta como una teoría que da cuenta del problema de “La mano invisible”, en la forma más general posible -multiplicidad de agentes y

de mercados en competencia perfecta-, y que es capaz de determinar un criterio individualista de eficiencia; es decir, por fuera de consideraciones colectivas.

En esa línea, la aproximación neoclásica se basa en la concepción de las unidades productivas, incluidas las agrícolas, como empresas y la vida social como cultural, basadas únicamente en los principios de maximización del beneficio, minimización de costos y eficiencia en el uso de factores (Cardona *et al.*, 2007); este enfoque parte del supuesto de que se puede prescindir de las relaciones sociales, políticas y culturales, existentes entre los agentes económicos para explicar su comportamiento. Así, hablar de economía agrícola convencional constituye una categoría, basada en el pensamiento neoclásico, que engloba muchos conceptos y relaciones, desde el proceso de extracción, producción, transformación, distribución y consumo de los bienes como de servicios derivados del manejo de los recursos naturales, hasta los procesos de transformación agroindustrial e industrial y comercialización de los mismos, pero desaparece la discusión sobre propiedad de la tierra y la lógica de mercado es omnipresente, visión que se consolida a través del análisis de sistemas agroindustriales (Cardona *et al.*, 2007).

Sin embargo, también en los últimos 30 años nuevas disciplinas saltan a la palestra académica; así, la bioeconomía, la Biomimesis, la agroecología y la biología sintética, que tienen que ver con las dinámicas agrarias y ambientales, constituyen miradas emergentes que ponen énfasis en los procesos cíclicos de la producción; especialmente, los basados en principios biológicos, como ecológicos, sociales, culturales y en gran medida centran su atención en la economía por medio de la optimización de los factores de la producción, capital, tierra, con tecnologías bioinspiradas, como precursoras del reciclaje (Figura 1), y bajo una postura crítica que implica análisis socio-culturales y sociopolíticos.

Tales principios, son evidentes en los flujos de materia, energía e información entre sistemas y subsistemas manipulados por la especie humana, para producir sus alimentos y materias primas; es decir, en la agricultura como en la ganadería, la pesca y la minería, entre otras actividades ligadas al medio natural. Su amigabilidad con el medio ambiente se basa en el respeto a los procesos biológicos, especialmente el entendimiento de ciclos biogeoquímicos como base para la intervención productiva. Así, para racionalizar los flujos de materia y energía, diferentes prácticas y disciplinas, entre ellas la agroecología, la Biomimesis, la agroforestería, y la biología sintética entre otras, se han dedicado a sincronizar dichos movimientos cíclicos para generar innovaciones, que bien podríamos clasificarlas bajo la categoría de la bioeconomía o Economía Circular Biomimética (ECB).



**Figura 1.** Esquema cíclico de los flujos de masas y energía en un modelo de economía circular convencional. Fuente. Mora Delgado y Martínez (2023).

## **2. La Economía Circular Biomimética (ECB)**

La Economía Circular Biomimética (ECB) analiza el flujo de materiales como de la energía de manera cíclica, pero bioinspirada, con la perspectiva que la Naturaleza sea concebida como un sistema cíclico, y no de forma lineal, como acontece en el neoclásico como se presenta con los modelos económicos y productivos tradicionales en el denominado metabolismo urbano como en el del medio rural. El concepto de ECB va más allá de la simple perspectiva de la economía circular convencional; en sus orígenes, procede del estilo de economía convencional, el cual se ha vuelto muy popular desde que los legisladores de China y la Unión Europea, donde la introdujeron como una solución que permitirá a los países, las empresas y a los consumidores reducir el daño al medio ambiente y cerrar el círculo del ciclo de vida del producto (Prieto-Sandoval *et al.*, 2018).

Lo cierto, es que la Economía Circular Biomimética (ECB), se despliega en un horizonte infinito de oportunidades y por qué no de incertidumbres, que se deben manejar de forma integral como sistémica, reconociendo la complejidad y la entropía, para que no vayan en contra de la renovabilidad de la histórica armonía de la Naturaleza. Donde el presente como el futuro se espera que el mercado premie a los productos como a los servicios que logren mimetizarse con los componentes de la Naturaleza, sean estos bióticos y abióticos, por medio de procesos y dinámicas limpias, resilientes, regenerativas, restaurativas, redistributivas y con ellas predomine la reciprocidad inter e intrageneracional, no solo entre los humanos, si no teniendo en cuenta a las demás especies de la Biosfera y extraplanetarios en su proceso coevolutivo cósmico.

Según Piñeros *et al.*, (2011) desde las postrimerías del siglo pasado se daba cuenta de alrededor de 155 billones de toneladas de materiales orgánicos producto del proceso fotosintético y dos décadas después ya ascendían a 193 billones de toneladas de materiales orgánicos en el proceso fotosintético (WWF, 2010). Gran parte de estas masas se reportaban como una fuente de contaminación ambiental, especialmente la que es considerada por los productores como “desecho” o “basura”, por no poseer características apropiadas para el consumo directo para la especie humana, o por desconocimiento de técnicas de manejo que las habiliten para reincorporarlas en los ciclos naturales o productivos. Una estimación reciente muestra que, si bien a nivel global aproximadamente 4 Gt/año de desechos se reciclan, este flujo es de tamaño moderado en comparación con 62 Gt/año de material procesado. El bajo grado de circularidad tiene dos razones principales: primero, el 44 % de los materiales procesados se utilizan para generar energía y, por lo tanto, no están disponibles para el consumo; y segundo, las demandas socioeconómicas siguen creciendo a un ritmo elevado, a un ritmo netas de 17 Gt/año (Hass *et al.*, 2015).

En esa búsqueda de armonía con la Naturaleza, hoy en día surgen teorías como la idea de otorgar derechos a los elementos de la Naturaleza (el río, los bosques, los animales, las rocas, etc) (Bhachmann y Navarro, 2021; ONU, 2023). Si bien, el origen de tales posturas podría lindar con lo esotérico y el animismo, no se puede descartar su utilidad pragmática para la conservación de los recursos naturales, de la misma forma que los mitos de las poblaciones aborígenes han preservado sus espacios sagrados bajo la vigilancia de duendes y creencias ancestrales (Århem, 2001; 1990); tales ideas, constituyen una salvaguardia de lo natural, en una época de implacable utilitarismo a ultranza del patrimonio natural. Así, el declarar a la Naturaleza como sujeto de derecho permite vivir en armonía tanto en la Biosfera y con el cosmos. Esto podría conducir a un cambio de paradigma, el cual se desliga de una perspectiva eminentemente antropocéntrica.

Teniendo las anteriores premisas, es relevante tener partir de la eficiencia en términos del uso de materiales y de energía renovables en el ciclo económico; esto es la base de la ECB, que apunta a la conservación de las especies y con ello la respectiva base genética, garantía de éxito evolutivo interespecies: es el aporte a la construcción de la denominada era del bioceno o naturceno.



### **3. Algunos casos exitosos**

A otra escala, la del universo del microcosmos, el papel de los microorganismos en procesos de fermentación anaeróbica y respiración, constituyen un conocimiento básico para entender e intervenir en diseños bioinspirados, los cuales, apuntan a una transformación de los materiales orgánicos para reincorporar residuos orgánicos en la cadena alimenticia. El papel de las bacterias, en la adecuación del medio para una apropiada fermentación ácido láctica representan un excelente recurso en los procesos de conservación de nutrientes en procesos de ensilaje y con éxito en la alimentación animal y con importantes aportes ambientales por la reducción de emisiones de metano (Huertas *et al.*, 2021), evidencias que constituyen ejemplos de tecnologías bioinspiradas para una economía circular.

Por otra parte, las bacterias, hongos y actinomicetos como responsables del reciclaje de nutrientes en el ciclo agrícola, vía descomposición de la materia orgánica, o para la promoción del crecimiento de las plantas vía movilización de nutrientes (Artunduaga, 2018) representan otros casos exitosos de principios biomiméticos aplicados a la agricultura.

En Colombia, se ha reportado importantes avances de reutilización de los residuos agroindustriales, sobre los cuales se han hecho serios estudios que demuestran su éxito como base de una economía circular. En la agroindustria azucarera, son colosales las masas orgánicas sólidas y de fluidos que se producen, algunas de las cuales, ya están siendo reincorporadas al ciclo productivo (García *et al.*, 2022). Hay casos exitosos en la industria azucarera del Valle del Cauca en Colombia, donde se está dando un manejo adecuado a las mieles de purga, a la melaza, al cogollo de la caña, como insumos útiles en los sistemas de producción animal, así como el bagazo de caña tiene un gran potencial para producir electricidad de manera más sostenible. Las vinazas resultantes de la producción de etanol pueden reutilizarse como biofertilizantes (García *et al.*, 2022). Igualmente, en la zona cafetera, los flujos de masas y energía, ha sido estudiados como la base de procesos de optimización de una economía circular.

### **4. A manera de conclusión**

Se concluye, que el devenir de disciplinas emergentes, como la agroecología, la Biomimesis y la Economía Circular Biomimética (ECB) están llamadas a generar un impacto positivo en la economía agraria y el medio ambiente, reto que debe apoyarse la investigación científica para producir innovaciones que acompañadas con la conciencia social y una reconstrucción del modelo de Desarrollo Económico Bioinspirado, para que así se pueda crear un modelo productivo agropecuario e industrial eco amigable y socialmente equitativo basado en cinco premisas: conocimiento de los ciclos biológicos de la Naturaleza; rediseño de los sistemas de producción, distribución y consumo; generación de energías renovables alternativas, optimización del reciclaje de nutrientes y de la información vía cadena trófica y del ADN.

La Economía Circular Biomimética (ECB), nos ofrece una oportunidad para que de forma mancomunada y de apoyo mutuo, se logre un acuerdo en relación con un nuevo pacto sociocultural y sociopolítico donde la Naturaleza sea sujeto de derecho, basado en un consumo responsable, como un conocimiento ciencia y tecnología con principios de precaución y ello nos lleve a vivir en armonía con la Naturaleza, pilar fundamental de una civilización ecológica para el siglo XXI.

## Referencias bibliográficas

- Århem, K. (2001). Ecocosmología y chamanismo en el Amazonas: variaciones sobre un tema. *Revista Colombiana De Antropología*, 37, 268–288. <https://doi.org/10.22380/2539472X.1285>
- Artunduaga, C.M. (2018). *Caracterización y análisis integral de la producción y de potencial nutricional de *Alnus acuminata* en la etapa inicial de desarrollo, con diferentes cepas de Micorrizas Vesículo Arbusculares (MVA)*. Trabajo de Maestría, Universidad del Tolima, Ibagué.
- Bachmann, R.I. y Navarro V. (2021). derechos de la Naturaleza y personalidad jurídica de los ecosistemas: nuevo paradigma de protección medioambiental. Un enfoque comparado. *Revista Internacional de Pensamiento Político - I Época* - 16(1)357-378
- Cardona, M., Barrero, Y. M., Gaviria, C. F., Álvarez, E. H. & Muñoz, J. C. (2007). *Aportes teóricos al debate de la agricultura desde la economía*. Borradores Departamento de Economía, (27), 1-17.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D. and Heinz, M. (2015). “How Circular is the Global Economy?: An Assessment of Material Flows, Waste Production, and Recycling in the European Union and the World in 2005.” *Journal of Industrial Ecology*, vol. 19, no. 5, 2015, pp. 765-777.
- Huertas, M.A. Mayorga, O.L., García, Y.M., Holguín, V.A. and Mora-Delgado, J. (2021). *In vitro* methane production from silages based on *Cenchrus purpureus* mixed with *Tithonia diversifolia* in different proportions. *Acta Scientiarum*, 43 (e51322): 1-7, Doi: 10.4025/actascianimsci.v43i1.51322
- Dicks, H. (2023). *The Biomimicry Revopution*. ColumbiaUniversity Press, USA
- García Ramos, C.M; Quirós Roque, V.A.; Rosales Mendoza, L.E. (2022) Los residuos generados en la producción de la industria azucarera en los últimos 25 años. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*. vol. 8, núm. 16. DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v8i16.15041>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, Volume 179: 605-615
- Mora Delgado, J. R., Silva Parra, A. & Escobar Escobar, N. (2019). *Bioindicadores en suelos y abonos orgánicos*. Ibagué: Sello Editorial Universidad del Tolima, 2019.
- Mora-Delgado, J y Martínez, G.L. (2023). *La economía circulas: el desafío de la economía agraria*. Periódico Acción...Cali. 59:11
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2023). *Programme Armony whit Nature*. <http://www.harmonywithnatureun.org/>. Consultado 20 de julio del 2023.
- Piñeros, R., Mora-Delgado, J. y Aya, S. (2011). *Como estimar el flujo potencial de masas orgánicas en fincas campesinas de la ecorregión cafetera*. En Mora Delgado, J. y Holguín V.A. Medios de vida y materiales orgánicos en fincas campesinas (Métodos de análisis en la ecorregión cafetera. Ibagué: Universidad del Tolima, Red Alma Mater. 97-105 p.
- WWF. (2010). *2010 and Beyond. For a living planet*. Rising to the biodiversity challenge. Global foot print Networks. Pp. 45-47.



## **Técnicas y obras relacionadas con la antotipia, fitotipia y lument**

**Julio Mingyar Blones Borges.** mingyarb@gmail.com.

Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT), Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, República Bolivariana de Venezuela.

Las imágenes que se muestran en esta serie, forman parte de mis indagaciones y experimentaciones realizadas bajo algunos procesos fotográficos alternativos (antotipia, fitotipia y lument), basados en técnicas artesanales y orgánicas, donde intento transmitir a través de una estética particular de la imagen, una perspectiva alterna y surreal de elementos e individuos provenientes de la Naturaleza. Generándose al final en el espectador, sentimientos que pueden evocar un sentido poético y onírico de la realidad capturada.

Entre las técnicas fotográficas alternativas y experimentales, que forman parte de las obras presentadas; se encuentra la antotipia, la cual emplea los pigmentos naturales (alfa y beta carotenos) extraídos de flores, frutas y verduras u otras partes de las plantas, para con ello preparar emulsiones fotográficas fotosensibles, las cuales son expuestas a la luz solar directa, con la finalidad de generar “copias en positivo” de los elementos retratados, a través de la superposición de diversos objetos u elementos, frente a un soporte emulsionado con dichos pigmentos orgánicos.

En el caso de la fitotipia, la misma se basa en el desarrollo de imágenes, a través de la degradación lumínica (rayos del sol espectro UV) de la clorofila contenida en las hojas de las plantas frescas; las cuales funcionan como soportes fotográficos naturales, sobre las cuales se pueden superponer otras partes de plantas (flores y hojas) o imágenes impresas en acetatos transparentes u otros objetos; que al final son expuestos a la luz solar directa por un tiempo determinado.

Por último, tenemos a la técnica denominada lument, la cual se basa en capturar y fijar imágenes de plantas frescas o sus partes, mediante el uso de papeles fotográficos fotosensibles (papeles para copias en blanco y negro), frente a la luz solar directa.



**Biodiversidad  
Técnica Antotipia • 2023**



**Chiflera**  
**Técnica Antotipia • 2023**



Chayota  
Técnica Fitotipia • 2022

---



Espigas al viento  
Técnica Fitotipia • 2022

---



Cyperaceae  
Técnica Fitotipia • 2022

---



**Puinke**  
**Técnica Lument • 2022**

---

**Umbrelas**  
**Técnica Lument • 2022**

---





## Normas de Publicación para los autores participantes

### Preparación de manuscritos

1. Los autores deberán enviar su manuscrito junto con un resumen de aprox. 100 palabras.
2. Los autores deberán incluir en sus capítulos entre 3 y 5 palabras clave, en orden alfabético.
3. Formato de Archivo del texto será el siguiente:
  - *Documento de Word*
  - Texto: *Times New Román 12*
  - Notas al pie: *Times New Román 10*
  - Interlineado: 1,5
4. La extensión de los artículos debe ser, máximo, de 10 páginas, si no se incluye imágenes y 13 páginas si incluyen imágenes. Las extensiones indicadas se refieren al artículo completo, incluyendo el resumen y también la bibliografía.
5. Es imprescindible introducir los números de página en su manuscrito.
6. **Subtítulos:** Times New Román, cuerpo 11, negrita, alineación izquierda. Si hay sub-subtítulos, colocarlos en Times New Román, cuerpo 11, itálica, alineación izquierda. Márgenes: margen superior e inferior de 2,5 cm., margen derecho a izquierdo de 3 cm. (predeterminado de Microsoft Word).
7. **Notas pie de página:** Para incluir información adicional que no se encuentra en el texto del artículo o para indicar la fuente de una cita o la referencia de una obra mencionada en el texto se emplearán notas a pie de página. **En ningún caso se admitirán notas al final del texto.** Dentro del texto se puede emplear el sistema de citación Harvard-APA.

### El formato de hacer las referencias en el texto:

- Identificar adecuadamente todas las referencias a libros, monografías, artículos y a otras fuentes en el texto principal por el apellido del autor, año de publicación, y, en su caso, la paginación. Todos estos datos tendrán que presentarse entre paréntesis. Especificar las citas subsiguientes de la misma fuente de manera similar - no utilice *ibid*, *op. cit.* o *loc. cit.*
- Si el nombre del autor está en el texto, utilice solamente el año de publicación entre paréntesis: Lash (2001)

- Si el nombre del autor no está en el texto, incluir el nombre y el año de publicación separados por una coma dentro de los paréntesis del autor: (Bauman, 1999)
- La paginación con su correspondiente año: (Beck, 2002: 31-2)
- En el caso de doble autoría, indicar dos nombres; en el caso de tres o más utilizar “*et al.*”: (Hardt and Negri (2000) and (Bennett *et al.*, 1986)
- Si hay más de una referencia al mismo autor y al año, diferenciar mediante el uso de las letras a, b, etc. junto al año de publicación: (Foucault, 1979a)
- Introducir dentro de un único par de paréntesis una serie de referencias bibliográficas separadas por punto y coma: (Bourdieu, 1984; Dimaggio, 1987; Lamont, 1988)

### Formato de Referencias

Conformar alfabéticamente un listado de todas las entradas citadas en el texto o cualquier otro artículo referenciado para preparar el manuscrito por autor y año de publicación en una sección específica que se encuentre al final del artículo. Para escribir el formato de modo correcto, véanse los ejemplos a continuación:

- Pieterse, J.N. (1997) ‘Multiculturalism and Museums: Discourse and Others in the Age of Globalization,’ *Theory, Culture & Society* 14(4): 123-46.
- Kearney, R. (ed.) (1996) *Paul Ricoeur and the Hermeneutics of Action*. London: Sage.
- Harootunian, H. (2001) *Overcome by Modernity*. Princeton: Princeton University Press.
- Friedman, J. (1997) ‘Global Crises, the Struggle for Cultural Identity and Intellectual Porkbarrelling’, pp. 30-42 in P. Werbner and T. Modood (eds) *Debating Cultural Hybridity*. London: Zed Books.
- Travers, M. (1999) ‘Qualitative Sociology and Social Class’, *Sociological Research Online* 4(1), URL (consulted May 2004): <http://www.socresonline.org.uk/socresonline/4/1/travers.html>

### Formato de las citas dentro del texto

Para las citas dentro del texto es preciso usar comillas simples en todas las ocasiones, a excepción de una cita dentro de una cita en cuyo caso debe ser colocado dentro de comillas dobles. Todas las citas de más de dos o tres frases deberán presentarse en un formato de párrafo con sangría sin uso de comillas invertidas.

### Tablas, gráficos e imágenes

Las tablas, gráficos e imágenes (fotografías, dibujos, pinturas, etc.) deberán ir en el sitio del texto donde los autores desean que sean publicadas. Éstas deberán tener debajo su correspondiente epígrafe aclaratorio y mención de la fuente (si es producción propia del autor, deberá ser aclarado). **Las imágenes deberán estar guardadas en formato JPG, TIFF o PNG con una resolución mínima de 300pp.**

### **INFORMACIÓN ADICIONAL**

Enviar una **sola versión final** en lugar de múltiples versiones corregidas para evitar errores.

La presentación de trabajos a publicar podrá hacerse durante el año lectivo, sin fecha límite.

Una vez recibido el trabajo será sometido a evaluación por el Comité Editorial y el Comité Científico.

A continuación se comunicará al autor o autores el resultado de la evaluación.

Si debieren hacerse correcciones, se informará la fecha correspondiente de recepción definitiva del trabajo para su publicación en la revista.

### **IMPORTANTE**

Los artículos deberán ser enviados a la **COORDINACIÓN GENERAL**, dirigidos a los correos electrónicos de Javier Collado Ruano & Hernando Bernal Zamudio, detallados a continuación siguiendo el orden:

[javiercolladoruano@gmail.com](mailto:javiercolladoruano@gmail.com)

[hbernal@biomimeticsscience.org](mailto:hbernal@biomimeticsscience.org)



RI3. REVISTA DE  
**BIOMIMESIS**

TRANSDISCIPLINARIEDAD EN ARMONIA CON LA NATURALEZA

AÑO 2 / N° 5 / AGOSTO 2023

Red Internacional, Interinstitucional e Interuniversitaria de Estudios de Biomimesis  
RI3 Biomimicry Network

