

universidad  
verdad

N° 63

**PACHAMAMA**

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Abril 2014

# **UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Econ. Carlos Cordero Díaz**  
RECTOR

**Ing. Miriam Briones García**  
VICERRECTORA

**Ing. Jacinto Guillén García**  
DECANO GENERAL DE INVESTIGACIONES

**Ing. Ximena Moscoso Serrano**  
DECANA GENERAL ADMINISTRATIVA FINANCIERA

## **UNIVERSIDAD - VERDAD**

Revista de la Universidad del Azuay

Director

**Dr. Claudio Malo González**

Consejo Editorial

**Dr. Oswaldo Encalada Vásquez**

**Arq. Diego Jaramillo Paredes**

**Ing. Francisco Salgado Arteaga**

Diagramación

**Mario Merchán Barros**

Diseño de portada

**MasakiSanto**

La responsabilidad por las ideas expuestas en esta revista corresponde exclusivamente a sus autores.

Se autoriza la reproducción del material de esta revista siempre que se cite la fuente.

Canjes y donaciones: Biblioteca <<Hernán Malo González>> de la Universidad del Azuay

ISSN 13902849

Avda. 24 de mayo N° 7-77 y Hernán Malo

[www.uazuay.edu.ec](http://www.uazuay.edu.ec)

Apartado Postal 981

Teléfono: 4091000

Cuenca - Ecuador

**PACHAMAMA**



## CONTENIDO

NOTA EDITORIAL	7
NUESTRA MORADA Malo González, Claudio	9
DE LA ECOLOGÍA A LA ECOFILIA Encalada Vásquez, Oswaldo	31
ESTIMACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE TRES ESPECIES DE COLIBRÍES EN UN PAISAJE DEGRADADO EN LOS ANDES TROPICALES DEL SUR DE ECUADOR: ESTUDIO DE CASO DENTRO DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE AVES EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS Tinoco, Boris; Nieto, Andrea; Latta, Steven; Graham, Catherine; Astudillo, Pedro	49
USO DE LA BASE DE DATOS SIB PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE IMPORTANCIA BIOLÓGICA EN EL SUR DEL ECUADOR Siddons, David; Astudillo, Pedro; Samaniego, Gabriela; Zárate, Edwin	69
SELECCIÓN DE INDICADORES APROPIADOS PARA DIAGNOSTICAR Y DETERMINAR TENDENCIAS EN LOS ECOSISTEMAS Zárate, Edwin; Siddons, David	97
EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y EL AMBIENTE Delgado, Omar; Martínez, Julia	119

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE, EN LA CIUDAD DE CUENCA Sellers, Chester; Ballari, Daniela; Pacheco, Diego; Delgado, Omar	141
ECOLOGÍA Y DERECHO: EL AMBIENTE, UN BIEN JURÍDICO PROTEGIDO Bucheli García, Franklin	163

## NOTA EDITORIAL

El ritmo de los avances científicos y tecnológicos se ha acelerado notablemente a partir del siglo XX, como consecuencia –por los avances en medicina- la población se triplicó entre 1950 y el año 2000. La tecnología incrementó de manera insospechada la producción y movilización con los consiguientes daños al planeta, como el calentamiento global y la contaminación ambiental que han puesto en peligro las condiciones que posibilitan la vida. La conciencia sobre los deberes y obligaciones colectivas con nuestra “morada” se ha intensificado y las políticas de los Estados dan cada vez mayor importancia a medidas para preservar el entorno físico en diversos aspectos. Por lo menos, a nivel de declaraciones, las instituciones internacionales, aunque tímidamente, han aprobado políticas en este sentido.

La vida nace y se mantiene en la tierra, a ella le debemos nuestra existencia, por lo que con gratitud debemos cuidarla. En las culturas andinas precolombinas recibió con categoría divina el nombre de PACHAMAMA –la madre tierra- a la que hay que reverenciarla y agradecer por sus dádivas mediante rituales en los que predomina el amor. Con una visión económica mezquina, en la civilización occidental se hizo de la tierra un medio de producción a la que hay que explotarla sin miramientos, simplemente para acrecentar el mayor número posible de riqueza sin que importe en absoluto su destrucción y deterioro con las lamentables consecuencias que vivimos. Los avances tecnológicos multiplicaron este proceso destructivo ocasionando daños irreparables.

El retorno de la agresividad al amor en nuestros días avanza cada vez más, por lo menos como planteamiento humanista. La ecología ha dejado de ser un término para identificar a personas excéntricas que, con exageración, pronosticaban daños, siendo sus defensores considerados agoreros del desastre. Sin llegar a posiciones fundamentalistas, urge tomar medidas de protección

para llegar a una coexistencia equilibrada entre la tecnología y el entorno físico sin pretender retornar a la edad de piedra renunciando al progreso secular. Por amor o temor debemos los seres humanos considerar al planeta tierra como nuestra madre.

Las universidades juegan un papel fundamental en este proceso de retorno. Son sedes de la razón y el saber, lo que posibilita incrementar los esfuerzos para conocer, lo más a fondo posible, las condiciones de la naturaleza en sus múltiples manifestaciones ya que, mientras mejor conozcamos su generosidad y sus encantos, más la amaremos y respetaremos. La creciente información nos muestra su macro y micro belleza que nos lleva a considerar que es de gran importancia para nuestro bienestar integral vivir en un entorno sano y de incalculable hermosura, a la vez que asumir actitudes responsables en esta convivencia que va más allá de los pequeños placeres materiales que genera su agresión.

Esta entrega de Universidad Verdad aborda el problema de la madre tierra, la Pachamama, desde diferentes ángulos. Hay investigaciones sobre su riqueza integral como el artículo sobre los colibríes a los que Fernando Ortiz les llamó aves casi sobrenaturales. Hay planteamientos teóricos con un enfoque humanista que resaltan nuestra obligación moral de reconciliarnos con nuestra madre. Otros relacionados con investigaciones sobre los estragos nocivos que provienen del uso poco responsable de las tecnologías. Consideramos que hay que superar, como meta de la vida, la acumulación sin límites de riqueza y retornar al hermanamiento con el hábitat como un compromiso solidario con las nuevas generaciones.

Una estrofa del himno de la Universidad del Azuay dice:

Abierta a los que creen  
Que el mundo es nuestro hogar  
Que debemos cuidarlo  
Para los que vendrán.





## **NUESTRA MORADA**

**Malo González, Claudio**

Correspondencia: [cmalo@uazuay.edu.ec](mailto:cmalo@uazuay.edu.ec)

## Resumen

La naturaleza logró un equilibrio para la coexistencia de las múltiples especies. El ser humano, al desarrollar diversas tecnologías rompió ese equilibrio lo que provocó una alteración del orden. El hábitat es el entorno físico para la vida; cuando el ser humano lo modifica, según sus intereses, se convierte en morada, que merece un trato positivo y afectivo. El uso no razonable de la tecnología ha afectado la biosfera poniendo en peligro su permanencia. Es necesario que se corrijan esos errores y se tome conciencia de la prioridad de la morada sobre la producción y el consumo. Los daños son graves y no es posible postergar esos cambios para la protección del hábitat. Hay que actuar ahora y no esperar a que sea demasiado tarde.

**Palabras clave:** hábitat, morada, tecnología, consumismo, políticas ecológicas.

## OUR HOME

### Abstract

Nature struck a balance for the coexistence of multiple species. The human being broke that balance when he developed a range of technologies causing alteration in the order. The habitat is the physical environment for life; when humans modify it according to their interests it becomes a dwelling place which deserves a positive and affective treatment. Unreasonable use of technology has affected the biosphere jeopardizing its existence. It is necessary to correct these errors and raise the awareness of the priority the dwelling place has over production and consumption. The damage is severe and it is not possible to postpone those changes to protect the habitat. We must act now and not wait until it is too late.

**Keywords:** Habitat, Dwelling Place, Technology, Consumerism, Ecological policies.

*¿Porqué proteger la biosfera de la tierra? Cada día que nos hacemos esta pregunta en lugar de actuar, algún requisito de la vida, alguna necesidad para la calidad de vida, algún ser vivo se pierde o resulta amenazado. El futuro que estamos creando puede ser milagro o tragedia: nadie habrá que pueda explicar la historia completa. La pregunta no es por qué debemos proteger la biosfera la pregunta es cuándo. La respuesta es ahora.*

*Jacques Cousteau<sup>1</sup>*

## **Aparecen los depredadores**

Y apareció la vida en el planeta tierra; partiendo de una estructura básica cambió y evolucionó ampliándose cada vez más el número de especies vivas totalmente diversas. La vida para todas se limita a un lapso y para subsistir es necesario nutrirse tomando del entorno natural alimentos de diversa índole. La naturaleza es sabia y creó un equilibrio ambiental para que todas las especies puedan preservarse sin destruir a las demás, aunque necesiten alimentarse de otros seres vivos. Luego de satisfacer las necesidades biológicas terminaban las relaciones, a veces agresivas.

No había necesidad de acaparar alimentos, no necesitaban vestidos, peor aún joyas y para dormir se adaptaban espacios de la naturaleza, aparte de complicadas construcciones como las colmenas o los nidos de algunos

---

1 Los Seres Humanos, las Orquídeas y los Pulpos, 2007, Ariel, Barcelona pág. 159

pájaros, que no tenían precio, pues los billetes no existían. Para vivir, su instinto hacía que se adaptaran al hábitat, cuyas condiciones, como clima y topografía no las podían modificar. En el mundo de la fantasía y la fábula todo era felicidad. La naturaleza era el gran hogar y con generosidad ponía a disposición todos sus bienes a los que la respetaban. Todo era felicidad hasta que...

Apareció el gran depredador cuya capacidad de pensar cambió el orden de la relación con la naturaleza. Había que adaptarse, pero para mejorar la satisfacción de necesidades, con frecuencia por él creadas; había que adaptar la naturaleza a sus aspiraciones, a su progreso, a sus necesidades y caprichos. Su creatividad le llevó a hacer las herramientas necesarias para satisfacer estas aspiraciones no naturales; surgió y se desarrolló la tecnología para alterar el orden natural convirtiendo el entorno físico en objeto de explotación sin que importen las agresiones que su ego las justificaba con un complejo de superioridad<sup>2</sup>.

## **Hábitat, morada, tecnologías**

Los demás integrantes del reino animal se adaptan a las condiciones que la naturaleza les ofrece; los seres humanos adaptan la naturaleza a lo que ellos pretenden. El Dr. Francisco Álvarez González considera que el entorno físico intencionalmente modificado, al alterarse

- 2 Theillard de Chardin explica este cambio partiendo de dos áreas en la naturaleza viva: la biosfera, biología y la noosfera, psicología, que existen en todos los seres vivos y en el proceso de la evolución de las especies se da un incremento de la noosfera con la consiguiente disminución de la biosfera. Cuando aparece el ser humano la noosfera, razón, supera a la biosfera, instinto.

su condición natural, deja de ser hábitat y se convierte en morada. Este término se utiliza para referirse a la casa en la que vivimos y que suele ser objeto de nuestras aspiraciones y querencias. Al margen de su pobreza o grandiosidad, todos amamos nuestra morada, la tratamos con cariño y buscamos mejorarla porque es parte de nuestro ser.

Con una lógica optimista, el planeta tierra es para nosotros la gran morada y debemos amarla, cuidarla y tratar de mejorarla. Así como sería extraño y condenable que cualquier persona intencionalmente hiciera daño a su casa, la deteriorara y destruyera, debería haber algo similar en la relación con la gran morada a la que deberíamos amarla como a la Pachamama, madre amorosa y generosa que nos sustenta, pero, frecuentemente a veces con buena intención, la agredimos y destruimos aunque sea en mínima escala, que llega a proporciones enormes si multiplicamos por el número de quienes habitamos nuestro planeta.

Los primeros seres humanos iniciaron la tecnología para satisfacer con menos dificultad las necesidades. Su creatividad elaboró herramientas para enfrentarse mejor al entorno físico agrediéndole para con mayor facilidad aprovecharse de él. Talar un árbol, más allá de los beneficios y justificaciones que se obtienen, es una agresión facilitada por el progreso de una tecnología. Hacerlo con una elemental hacha de piedra o una sierra eléctrica culmina en los mismos resultados, en menores lapsos y con menores esfuerzos.

La tecnología no se detiene, continuamente se están haciendo innovaciones para mejorar la eficiencia de la existente o para incursionar en áreas no tocadas. No

tendría sentido negar sus beneficios para el bienestar humano. Un simple ejemplo: la expectativa de vida en nuestros días es, en el mundo de 67 años, 76 en el Ecuador<sup>3</sup>; se ha dado este incremento de edad debido en gran medida a los avances técnicos en el campo de la medicina, que entre otros resultados, ha incidido en una disminución muy alta de la mortalidad infantil. La población se ha triplicado en los últimos cincuenta años, con los consiguientes problemas para la morada.

Pero no se puede soslayar su aplicación negativa. La guerra es una de las mayores perversiones de nuestra especie y a lo largo del tiempo se han implementado tecnologías cada vez más “eficientes” para acabar con la vida de otras personas y para destruir lo que se ha hecho para mejorar su calidad de vida<sup>4</sup>. La tecnología usada con intenciones negativas puede alterar el entorno físico y humano. Técnicas que se desarrollan con la finalidad de acabar con vidas y realizaciones hechas por el hombre tienen efectos devastadores.

Las intervenciones en el hábitat con fines positivos lo alteran y deterioran, pero la naturaleza tiene capacidad de recuperación, de allí que mientras no haya abuso, hay un equilibrio entre la intervención y el mejoramiento de la calidad de vida. Lamentablemente con los avances tecnológicos y su uso irreflexivo se rompe este equilibrio

- 3 Este progreso en la expectativa vital tiene un costo por pocos percibido: el enorme crecimiento de la población en un planeta cuyos recursos no son ilimitados.
- 4 Durante mucho tiempo la guerra se circunscribía a los combatientes y afectaba a los derrotados de manera directa en la toma de las ciudades; ahora con los bombardeos combatientes y no combatientes son blanco de las armas letales.

en perjuicio del hábitat, de lo que con gran frecuencia no hay conciencia porque los efectos no son inmediatos y porque el facilismo para satisfacer con mayor comodidad necesidades y resolver problemas tiene prioridad sobre las consecuencias a mediano y largo plazo.

Como los demás integrantes del reino animal, necesitamos tomar del entorno físico los medios de subsistencia, y durante la mayor parte de su presencia en la tierra nuestros antecesores vivieron de la caza, pesca y recolección. La agricultura, una de las grandes revoluciones de la humanidad, en el sentido cabal de este término, implicó una intervención más fuerte en el entorno físico al incorporar directamente al ser humano en la producción de alimentos e incrementar en gran escala su provisión. Hemos vivido dependiendo de estas tecnologías ¿Hasta qué punto han resultado positivas o negativas para las condiciones de nuestro planeta?

## **Deformaciones y consumismo**

No cabe calificar a las tecnologías de buenas o malas. Estos calificativos se aplican a los seres humanos y ellos, en uso de su libertad, pueden usarlas para beneficio o daño de los demás<sup>5</sup>. Hay daños directos a personas concretas, hay indirectos a toda la colectividad. La tierra es nuestra morada y hay que tratarla con amor; si de ella tomamos lo que nos da bienestar, la gratitud es una respuesta elemental. Con recursos de la tierra satisfacemos nuestras necesidades y lo normal sería que tomáramos lo necesario con holgura pero sin excesos.

---

5 Un bisturí en manos de un cirujano puede salvar una vida, en manos de un delincuente, acabarla.

Propio de nuestra condición es producir riqueza, transformar recursos de la naturaleza mediante el trabajo para contar con bienes necesarios y solucionar con más facilidad nuestros problemas, pero es fundamental que en este proceso se parta del respeto que nuestra gran morada merece y del bienestar de las demás personas. El exceso a nada conduce, si los bienes son para disfrutarlos no tiene sentido contar con lo que no lo vamos a usar, peor aún si es que hay personas que carecen de lo necesario para subsistir. La acumulación en exceso carece de sentido. Esta anomalía no se da en los demás integrantes del reino animal, de los que tenemos mucho que aprender.

Uno de los graves problemas de nuestro tiempo es el consumismo, esto es el afán de adquirir bienes de distinta índole sin que sean necesarios. Acumular por acumular es una deformación de la condición humana en la relación producción consumo. Necesitamos bienes para satisfacer nuestras necesidades básicas y también otras cuyo uso nos generan placer, pero adquirir, paso previo al consumo, sin necesidad alguna o contar con muchos objetos que al no usarlos no generan disfrute, va en contra de la relación persona riqueza. Hay casos de deformación que provocan alguna forma de repudio y desprecio: la avaricia. La imagen de la persona que llega a la vejez con lingotes de oro que los ha acumulado con el tiempo, pero que ha llevado una vida parca y limitada nos provoca, usando una frase de Cesar Dávila Andrade, una sonrisa y una lágrima. Goza con la simple posesión. La posesión de riqueza es un medio para conseguir un fin: el disfrute; en este caso el medio se transforma en fin. Ha habido casos en los que estas personas ocultan estos “tesoros” en lugares que nadie conoce y que luego de muchos años posteriores



a su muerte, alguien los encuentra sin haber movido un dedo para producirlos.

En la relación ser humano naturaleza debe haber un razonable equilibrio, que se rompe con el consumismo al acumular por acumular. Se trata de una forma embozada de avaricia, con la diferencia de que el consumista encuentra satisfacción y recompensa en el “prestigio” que logra en las personas de su entorno<sup>6</sup>. Hay una doble anomalía: la del que adquiere en exceso y la de los que, más allá de aceptarlo, respetan, reverencian o envidian estos excesos. Los grandes productores de bienes de consumo tratan de producirlos más y, mediante una serie de estratagemas, conseguir compradores de productos innecesarios.

De una manera u otra, el consumismo atenta contra la salud de nuestra morada al intervenir en espacios naturales, que deberían mantenerse como tales, para vender más, al usar sustancias que lesionan las condiciones del ambiente, que repercute en el consumidor, como la contaminación de las aguas o de la atmósfera en los sistemas de producción y consumo, como ocurre con los vehículos automotores. Es frecuente que quienes denuncian los daños a la biosfera posean más máquinas de transporte de las que necesitan.

La conciencia de los daños al planeta se ha generalizado en los últimos tiempos, el ecólogo, antes considerado un excéntrico y exagerado alarmista de las consecuencias del deterioro del entorno natural, hoy con mucha frecuencia es respetado. Lo que importa es pasar de las ideas a los cambios de comportamiento. La denuncia es necesaria, pero las palabras por sí solas no cambian los efectos

<sup>6</sup> La ostentación, que consiste en mostrar que se tiene en abundancia bienes innecesarios es un importante factor de este “prestigio”.

negativos mientras no se trasladen a acciones. El ejemplo pesa mucho más que las condenas, por enardecidas que sean. Los hechos superan largamente a los dichos.

Uno de los males que afecta al planeta es la basura; es imposible acabar íntegramente con ella, pero sí es factible producirla en menor cantidad, que sería la más lógica de las soluciones. Cuando se compra algo –por ejemplo una camisa- además de la prenda se adquiere una serie de elementos cuyo destino es la basura como la caja, la funda de plástico, alfileres etc. y el papel de regalo que de nada sirve. Si en el consumo desaparecieran todos estos elementos, se ahorraría toneladas de basura<sup>7</sup>. Casi todos condenan este consumo cuyo inmediato destino es la basura, pero casi nadie al realizar la compra se niega a recibirlos. Convertir esta basura en recipientes biodegradables es un alivio, pero de ninguna manera una solución ya que lo que se cambia es la “calidad” de la basura.

## **Cambios positivos**

A simple vista parece que estos problemas no tienen solución; se podría hablar de la crónica de una tragedia anunciada. Los seres humanos al actuar causamos daños y beneficios. Así como las utopías que consideran que el bienestar total llegará son en exceso optimistas, también no es aceptable considerar que estamos irremediamente condenados al mal. Es evidente que cometemos errores, pero también que los corregimos. El mejoramiento de nuestra condición no radica en no cometer nunca errores

---

7 Vance Packard en su libro “Los Fabricantes de Basura” analiza con amplitud este problema.

sino en aceptarlos y rectificarlos. En el tema que tratamos podemos observar en los últimos tiempos una serie de cambios en la visión de la realidad, comenzando con un creciente robustecimiento de la conciencia de los graves daños que hacemos a nuestra morada, lo que es importante aunque no suficiente. Individual y colectivamente se han dado cambios de conducta importantes. Lo que importa es que se intensifiquen y generalicen<sup>8</sup>.

El reciclaje ha avanzado como una forma de disminuir la acumulación de basura y la destrucción del entorno natural para obtener materia prima, como ocurre con el papel que se lo reprocesa bajando el consumo de la celulosa, que destruye los bosques. Probablemente con una visión económica un importante número de objetos materiales se reciclan y las tecnologías de estos procesos mejoran.

Más allá de los intereses de las empresas que se benefician de estos procesos se ha extendido la conciencia y la práctica diaria de las personas y las instituciones públicas al organizar estos procesos que comienzan con una clasificación de la basura en los lugares habitados, lo que facilita su reutilización al coordinar con el servicio de recolección en los centros urbanos. Al margen de las sanciones que pueda haber para los infractores, las personas actúan de esta manera porque conocen que contribuyen, aunque sea en mínima escala, a la defensa de la biosfera, que es un deber no solo de las instituciones públicas y privadas sino de cada persona dentro de las circunstancias en que se organiza cada vida.

---

8 El principio “El problema de los seres humanos contemporáneos no radica en cometer errores sino en tratar de justificarlos para seguirlos cometiendo” debe ser superado.

Uno de los graves problemas globales es la contaminación del aire a causa de la producción industrial y el tránsito vehicular con combustibles derivados del petróleo. Los Estados, a nivel internacional, han manifestado la conciencia de esta problemática y han tomado decisiones. No todos los países han suscrito estos tratados, como el de Kioto<sup>9</sup> y aunque los suscriptores no lo cumplen a cabalidad, se puede hablar de alguna disminución, aunque insuficiente, y de la creciente presión mundial para avanzar en este campo.

Los efectos negativos de los insecticidas fueron detectados y retirados de la producción agrícola; han sido sustituidos por otros plaguicidas que no contaminaban el espacio físico. No solo tuvo lugar la conciencia del daño sino su reconocimiento y las medidas para no continuar repitiéndolo. El desmedido crecimiento de la población y el mejoramiento de la calidad de vida en importantes sectores han incrementado sustancialmente la necesidad de alimentos agrícolas. Los avances tecnológicos para incrementarlos son notables, pero pueden darse efectos secundarios ecológicos que deben prevenirse y evitarse.

Pasos tímidos se han dado ante la contaminación generada por los vehículos automotores en los sectores urbanos, como diseñarlos a que consuman menos combustible o incorporar mecanismos anticontaminantes, pero son muy limitados frente al constante crecimiento del número de propietarios que sigue al mejoramiento de las condiciones

9 Uno de los retos es disminuir fuertemente el anhídrido carbónico proveniente de formas generalizadas de producción industrial, lo que compete fundamentalmente a los países altamente desarrollados e industrializados, pero en algunos casos, como Estados Unidos, el mayor generador de anhídrido carbónico, no suscribieron este convenio.

de vida. Avanza lentamente la sustitución, sobre todo para el transporte público, de vehículos con fuentes de energía no contaminantes como la eléctrica, pero son insuficientes y los cambios deben ser más profundos, no para restañar heridas sino para evitarlas<sup>10</sup>.

## ¿Demasiado tarde?

¿Para qué? Hay daños no reparables. Es imposible volver al equilibrio natural anterior a la Revolución Industrial y a una de sus negativas consecuencias: el consumismo a ultranza. La cita de Cousteau con la que se inicia este artículo concluye: “La pregunta no es por qué debemos proteger la biosfera. La pregunta es cuándo, la respuesta es ahora”. En términos generales no se trata de reparar daños causados, sino de proteger nuestro planeta de daños mayores que podrían terminar con la extinción de las condiciones que posibilitan la vida en la tierra. No es lo mismo reparar que prevenir; las medidas que se tomen tienen este propósito, pues urge impedir que en nuestro planeta se dé una catástrofe total. El compromiso más que para nosotros es para las nuevas generaciones.

Debe generalizarse la solidaridad transgeneracional. Con personas con las que coexistimos cercanamente, ante situaciones trágicas como terremotos o guerras, es evidente este acercamiento positivo a los otros para compartir lo que tenemos y podemos dar, además de bienes materiales, apoyo humano. Con las nuevas generaciones no tenemos una vinculación tan concreta; aún no llegan a este mundo

---

10 Todos están de acuerdo con el efecto contaminante de los automotores y protestan por ello; pero la tendencia a adquirirlos crece con enorme rapidez.

pero siempre tratamos de mejorar las condiciones de vida y evitar problemas en el futuro. Es importante cambiar una visión de la humanidad pensando en que somos transitorios y que luego de nosotros vendrán muchas generaciones que no queremos que vivan con las limitaciones de la nuestra sino en mejores condiciones; en este caso que no tengan que enfrentarse a una biosfera más deteriorada que la que tenemos, sino mejorada o por lo menos que las condiciones no empeoren peligrosamente.



El pasado está hecho y no podemos cambiarlo, aparte de lamentarnos y culpar a los que nos precedieron, todo está consumado. El futuro lo podemos hacer, no sólo para bienestar personal sino para el de los que nos sucederán<sup>11</sup>.

11 Cómodo es, con egoísmo, pensar que los que vendrán deben solucionar los problemas que vengan y que estarán en mejores condiciones que nosotros por los avances tecnológicos. Es importante tomar en cuenta los legados ecológicos que nosotros dejaremos.

El humanismo, como comprensión global del ser humano, de su destino, de nuestros deberes y obligaciones frente a los demás ha cambiado sus planteamientos a lo largo de los siglos al dar prioridad, según múltiples circunstancias, a determinadas metas y condiciones de la sociedad.

En nuestros días, debido a la intensidad en comunicación generada por la globalización, es fundamental saber coexistir con los seres humanos diferentes, comprender los componentes positivos que toda colectividad tiene y buscar mejores días para todos. Las nuevas generaciones son los otros que aún no están presentes y es muy importante que aprendamos a coexistir anticipadamente con ellos preservando al planeta de más daños.

Hay daños ecológicos que afectan a áreas cercanas que se los puede corregir por acciones conjuntas, como la preservación de los ríos y el agua de determinadas regiones. Hay otros que no tienen fronteras y que se dispersan por el planeta sin que nadie pueda detenerlos. La contaminación del aire por el exceso de CO<sub>2</sub> se dispersa por todas partes<sup>12</sup>, en este caso son importantes las políticas mundiales comenzando por los que más daños causan, que son los países altamente desarrollados.

Las políticas mundiales no son fáciles pero tampoco imposibles. Esta contaminación afecta a todos sin distinciones culturales o económicas y si los países altamente desarrollados no toman decisiones adecuadas fuera de sus territorios, no están liberados de estos daños; para ellos es un mecanismo de autodefensa. Controlar la deforestación de los denominados pulmones del mundo, como la región

12 Los daños a la capa de ozono, que protege nuestro planeta, no son imaginarios, hay casos de fuerte gravedad, pero es factible que se extiendan a todo el planeta.

amazónica, no beneficia tan solo a los países en que se produce estas destrucciones, sino a todos los del planeta.

Aún estamos a tiempo para aprovechar la creatividad tecnológica que tenemos y que, algunos de sus cambios, tanto daño han hecho al entorno físico. Es posible corregir esos daños desarrollando nuevas tecnologías liberadas de efectos negativos. Se habla con frecuencia de energías limpias para evitar la contaminación de las convencionales como los combustibles provenientes de los derivados del petróleo. De hecho hay vehículos automotores que funcionan sin estos contaminantes, hay experiencias positivas como la energía eólica y solar entre otras, lo que demuestra la posibilidad de trasladar las ideas a realidades.

Lo que importa es su amplia difusión y aplicación. Que se nos muestre como rarezas en países ricos, no soluciona los problemas globales. Es necesario tomar medidas para reemplazar los existentes con los nuevos mediante decisiones políticas y económicas. Es posible que perjudique de manera inmediata a un importante número de habitantes, pero aparte de las decisiones de los Estados, es muy importante que las personas comunes y corrientes tengan conciencia de los daños de los que son cómplices y de los beneficios de los esfuerzos que realicen, aunque implique privaciones transitorias.

Muy cómodo es afirmar que los peligros en el futuro del deterioro de la biosfera son exagerados y que nada serio puede ocurrir o que el daño es tan grande que ya no es posible corregirlo, lo que tornaría inútil cualquier esfuerzo para el cambio. Lo real es que sí es factible si es que se dan conjuntamente cambios en las orientaciones políticas globales y actitudes de los ciudadanos comunes. Las



disposiciones legales por sí solas no producen cambios, funcionan si es que hay receptividad positiva en la colectividad para aceptarlos y ponerlos en práctica.

## **Políticas ecológicas**

Partimos de que la política<sup>13</sup> es el control del poder por parte de los Estados que, mediante una serie de medidas legales y administrativas, organizan a los habitantes para que mejoren sus condiciones de vida; la meta de la política, en este sentido, es el bien común. La política parte de un conjunto de ideologías sobre el bienestar colectivo y los cambios que deben realizarse para que los planteamientos se hagan realidad.

Las leyes son esenciales para el funcionamiento de un Estado, y para que funcionen con eficiencia deben estar fundamentadas en la realidad del ámbito en que se van a aplicar, la prioridad de los problemas que se pretende resolver y la receptividad de los ciudadanos. Gobernar, en el sentido amplio del término, es aplicar las leyes, velar por su funcionamiento y realizar cambios de acuerdo con la dinámica colectiva<sup>14</sup>.

Los programas políticos de las ideologías dominantes en el siglo XX se fundamentan en el creciente incremento de la producción de riqueza para que los habitantes cuenten

13 El sentido y significado de política es amplio y a veces difuso por lo que es necesario precisar en la medida de lo posible el sentido con que se va a usar este término en los diferentes planteamientos.

14 Cada Estado tiene condiciones ecológicas y humanas distintas, de allí que no da resultado aplicar sin modificaciones normas jurídicas que han dado buenos resultados en otros.

con más recursos económicos. Lo que varían son los sistemas de producción y distribución para conseguir el mejor bienestar colectivo. El capitalismo considera que esta meta se alcanza dejando la producción a la iniciativa privada que en uso de su libertad será más eficiente. El socialismo marxista cree que la producción y distribución de riqueza debe asumir el Estado; los resultados serán mejores y sobre todo la distribución más equitativa al desaparecer la concentración de riqueza en un número reducido de personas naturales y jurídicas.

Los dos sistemas han tenido un resultado común: la destrucción del planeta, ya que se considera que cualquier forma de preservación de la biosfera puede incidir en la disminución productiva, en perjuicio de una de las opciones de esta competencia poco sensata para demostrar cuál de los dos planteamientos, en la práctica, es más acertado. Los efectos negativos en la población ocasionados por el deterioro del entorno físico carecen de importancia en las dos visiones. A la naturaleza hay que explotarla sin límites. Un planteamiento político ecológico cambia los esquemas. En los casos mencionados la preservación de la biosfera está condicionada a la producción. El cambio copernicano radicaría en que la producción esté supeditada a la protección de la biosfera. Lo que afecta negativamente al entorno físico no podría aplicarse a la producción, a no ser que haya cambios tecnológicos que eviten ese daño, al margen de los costos de este proceso<sup>15</sup>.

En las condiciones actuales es más importante vivir en un entorno físico sano y no contaminado que contar con bienes

15 A la pregunta qué es mejor: lo natural o lo artificial, la mayor parte afirma, casi sin dudar, que lo natural; lo deseable sería que esta posición pase del mero pensamiento y reacción emotiva a acciones prácticas.

económicos en exceso y acumular riqueza. Partiendo de la satisfacción de necesidades básicas y la superación de la miseria y pobreza extrema, el bienestar que todos buscamos al vivir debe partir de las características positivas el hábitat al que se lo debe cuidar dando prioridad a otros valores en la vida. Nuestra gran morada merece un trato respetuoso y cariñoso ya que en ella se desarrolla la vida. Deteriorarla va contra nuestras condiciones básicas de existencia.

Se debe cambiar la escala de valores encabezándola con el respeto y amor a la madre tierra y considerando que las satisfacciones que nos da a lo largo de la existencia son inigualables. Buena parte de la creatividad del ser humano se ha proyectado hacia lo que se considera gozo en la vida, que ha degenerado en lujos y ostentaciones. Los encantos que nos proporciona el planeta no tienen valor monetario y no se necesita tener abundante dinero para disfrutarlos. Todos somos dueños de la naturaleza, la gran morada pertenece a todos y, en un ordenamiento social razonable, no caben privilegios en este ámbito.

De una manera u otra, en los últimos tiempos, todos los planteamientos políticos pretenden, como ideal, el bienestar colectivo comenzando por la satisfacción de necesidades básicas que abren el disfrute a otros campos. La acumulación sin medida de riqueza no necesariamente genera satisfacciones plenas. Hay innumerables ejemplos de personas que han cumplido estas condiciones pero que han experimentado múltiples sufrimientos y contratiempos. Esta actitud casi siempre lleva a que se den desigualdades extremas, que ningún bien hacen a la colectividad ya que, con gran frecuencia, abren caminos para el abuso del poder a costa del sufrimiento de los otros.

La naturaleza es un invaluable tesoro que pertenece a todos y lo sensato sería respetarla, cuidarla y evitar agresiones que la deterioran grave e irreversiblemente. Se deduce entonces que la primera prioridad de la vida humana es cuidarla con cariño; además, de generalizarse esta actitud, se estaría poniendo en práctica, de manera silenciosa y no ostentosa la solidaridad que proviene del amor a los otros, al prójimo en la visión cristiana. No es posible el respeto a la naturaleza con propósitos egoístas, pues todos somos propietarios de ella<sup>16</sup>. Se han dado algunos pasos en las últimas décadas; en casi todos los países los gobiernos han tomado medidas para la preservación del entorno físico y las legislaciones se han iniciado. Desde luego que son insuficientes, pero por lo menos se ha consolidado esta visión de la biosfera, que deja de ser tan sólo un área para explotarla sin contemplaciones. Creemos que este proceso avanzará, esperamos que a un mejor ritmo que impida que sea demasiado tarde.



---

16 El concepto de desarrollo ha superado la vieja visión de medir el nivel de desarrollo partiendo de la cantidad de riqueza generada por cada país y lo ha sustituido por la amplitud de opciones que ofrece a sus ciudadanos; una de ellas es vivir en un entorno físico saludable.

## **Bibliografía consultada**

- Álvarez González, Francisco  
2009, La Morada, Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Cousteau, Jacques  
2008, Los Humanos, las Orquídeas y los Pulpos, Ariel, Barcelona.
- De Arce, Carlos  
1986, Diccionario Ecológico Ilustrado, Editorial Mitre, Barcelona.
- Gore, Albert  
2007, Una Verdad Incómoda: La Crisis Planetaria del Calentamiento Global y cómo Afrontarla, GEDISA Barcelona.  
  
2009 La Tierra en Juego, Planeta, Barcelona.
- Grau, Juan  
1989, Ecología y Ecologismo, Ediciones OIKOS, Santiago de Chile.
- Malo González, Claudio  
2011, ¿Qué es el Ser Humano? Una Mirada desde la Antropología, Corporación Editora Nacional, Quito.
- Pringle, Laurence  
1971, Introducción a la Ecología Ciencia de la Vida, Ediciones Marymar, Buenos Aires.
- Serrano, Vladimir  
1987, Economía y Ecología, CORDES, Quito.  
  
1988, Ecología y Derecho, FESO, Quito.





**Gráfico 1.** La actividad minera, en muchos casos, ha modificado drásticamente el paisaje natural.  
([www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252](http://www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252))

## **DE LA ECOLOGÍA A LA ECOFILIA**

**Encalada Vásquez, Oswaldo**  
Universidad del Azuay  
Dirección electrónica: [osencava@uazuay.edu.ec](mailto:osencava@uazuay.edu.ec)

## Resumen

Este breve trabajo plantea tres momentos en las relaciones entre el ser humano y el medio natural: la naturaleza indómita, la naturaleza domesticada y la naturaleza destruida por las acciones humanas irresponsables y por una inadecuada concepción del progreso. Inicialmente fue la misma naturaleza la que podía encargarse de su defensa ante las agresiones; pero hoy *natura* ha caído en la indefensión, y son las leyes las que tratan de protegerla. Sin embargo la opción más acertada no viene de la ciencia (el *logos*) ni de la ley, sino del amor (*filía*). Por eso se plantea la necesidad de pasar de la *ecología* a la *ecofilia*, para buscar – y pensar en- una relación más amistosa y amigable con el medio.

**Palabras clave:** Naturaleza indómita, naturaleza domesticada, naturaleza destruida, autodefensa de la naturaleza, ecología, ecofilia.

## FROM ECOLOGY TO ECOPHILIA

### Abstract

This brief paper proposes three stages in the relationship between humans and the environment: untamed wilderness, tamed nature and the nature destroyed by irresponsible human actions and inadequate conception of progress. Initially it was nature itself which could handle its defense against aggression; but today nature has fallen into helplessness, and the laws are the ones trying to protect it. However, the best option does not come from science (*logos*) or law, but from love (*philia*). Consequently, the need to move from ecology to ecophilia to look for - and think- in a friendlier and more amicable relationship with the environment is raised.

**Keywords:** Untamed Wilderness, Tamed Nature, Destroyed Nature, Nature Self-Defense, Ecology, Ecophilia.



1. **Las relaciones *homo – natura*.** Todos los seres vivos desarrollan su existencia en un determinado medio, actúan e interactúan con otros seres de su misma o de diferente especie. Las relaciones nunca son unilaterales ni de una sola vía. Esto, que es válido para todo viviente, lo es también, obviamente para el ser humano. Esta opinión no significa, de ninguna manera, una aceptación de un ciego determinismo ambiental, sino la constatación de la existencia de relaciones e interrelaciones entre los seres y su medio.
2. **La naturaleza indómita.** Hubo momentos en la historia de la civilización en que el ser humano se vio y se sintió disminuido y avasallado por la majestuosa y opulenta vitalidad de la naturaleza. Esto se puede constatar, por ejemplo, en expresiones literarias como las siguientes, en la que se describe la impresión ante el paisaje oriental:  
*“Ese caos remeda los del pasado y el porvenir, entre los cuales puesto el hombre brilla un segundo cual leve chispa y desaparece para siempre; y el conocimiento de su pequeñez e impotencia y miseria es la causa principal del abatimiento que le sobrecoje a vista de aquella imagen que le hace tangible la verdad de su existencia momentánea y de su triste suerte en el mundo”.* (Mera, 2003:19)

En la retórica clásica al hablar de la prosopopeya se dice que se trata de una figura *“que consiste en atribuir a las cosas inanimadas o abstractas, acciones y cualidades*

*propias de los seres animados, o a los seres irracionales, las del hombre*". (DRAE, 2001:1848).

Esta atribución retórica ha sido – y es- frecuente en la cultura ecuatoriana. Así, por el año 1861, el diplomático norteamericano –aunque nacido en Austria- Friedrich Hassaurek llegó al Ecuador, y en el trayecto de Guayaquil a Quito, en el sector del Chimborazo conoció de las expresiones que usaban los viajeros ecuatorianos- no solo indígenas, como podría suponerse- cuando se referían a los súbitos cambios en las condiciones atmosféricas: *“Vientos cargados con vapores helados soplan sobre ellos con tremenda violencia, razón por la cual los nativos dicen que el páramo se pone bravo”*. (Hassaurek, 1997: 81).

Naturalmente la naturaleza se *embravece* cuando alguien invade –aunque sea por momentos- sus agrestes dominios. La reacción del elemento natural –cerro, laguna, quebrada- puede ser tan violenta que, inclusive llega hasta la muerte o desaparición de lo humano o de aquello que pertenece a los humanos:

*“La laguna de Shota. Cuentan que la laguna de Shota era muy brava. Todas las noches el agua salía de su lecho y se comía a todos los animales. En esta forma, hacía sufrir demasiado a los pobladores quienes no sabían lo que ocurría con sus animales. Los hombres no podían llegar hacia ella, si alguien se atrevía a hacerlo, la laguna se los comía”*. (Bacacela, 2000:61).

Y en otra narración, sobre otra laguna de la provincia de Loja se lee:

*“La laguna de Pucallpa. Se encontraba al occidente del sector de Pucallpa, junto al camino*

*hacia el cerro Pirilli. Cuentan que era muy brava porque dentro de ella vivían las huacas que se comunicaban con el Pirilli. Cuando las personas pasaban por el camino hacía ruidos terribles por su bravura como si deseara devorarlos”. (Bacacela, 2000:62).*

Pero no solo los cerros y las lagunas eran capaces – dentro de esta concepción animista y de prosopopeya- de engendrar miedo en los seres humanos. También algunos árboles tenían la posibilidad de hacer daño a las personas, y para evitarlo había que, en actitud de respeto, saludarlos y tratarlos con consideración. En nuestra cultura es lo que ocurría con el alubillo, el bejuco “ya te vi”, el carache y el fernán sánchez:

-El **bejuco “ya te vi”**. En la zona selvática de la provincia de Esmeraldas existe una planta muy especial; se llama, el bejuco ‘ya te vi’.

*“Las palmas de tagua, umbrosas, más o menos enanas, aparecían ya espaciadas entre gigantescos y nunca dominados árboles.*

*-¡Ya te vi! ¡Ya te vi! – Volvió a gritar Crispulo, que se había adelantado.*

*-¿Qué te pasa ahora? – averiguó sorprendido Lastre.*

*Por donde tenían que pasar, una trepadora de tallo rojo se enroscaba como serpiente.*

*-Este es el bejuco yateví. Hay que mentarle su nombre pa’que, si uno lo tropieza, no le haga nada. Si no, quemama como candela.*

*-Sí, lo he oído mentá también, pero por el norte lo llaman de otra manera. Yo vi una vez a un cauchero con la mano quemada por este bejuco”. (Ortiz, 1995:223).*

-**Carache**. En Carchi hay un árbol llamado carache, que tiene muy especiales propiedades. Si alguien pasa cerca de él y no lo saluda, de inmediato se enferma con manchas parecidas a la corteza del árbol. Por eso al pasar cerca hay que saludarlo: *Buenos días, buenas tardes, señor carache*.

El arbusto llamado **alubillo** es peligroso. Acercarse a él o tocarlo produce enfermedades tales como enronchamiento de la piel o paludismo.

Pero todo se puede evitar si al árbol se lo saluda, como si fuera una persona: *Buenos días (tardes o noches), compadre alubillo*.

-El **fernán sánchez**. Cuando el árbol conocido como fernán sánchez está floreciendo anuncia el comienzo del paludismo a los que pasen cerca. Tal peligro se puede eliminar si se lo saluda con cortesía y quitándose el sombrero. *Buenos días (tardes o noches), don fernán*.

- 3. La naturaleza domesticada.** Por el crecimiento de la población y la necesidad de conseguir más tierras para las labores de pastoreo los pueblos fueron modificando las *fronteras* naturales entre el ser humano y la naturaleza, lo que implicaba, obviamente la ampliación del espacio humano y la disminución del espacio natural. En la explicación de estos hechos los relatos de María Bacacela son ejemplares: (Continuación de la historia de la laguna de Shota): *“Un día pensaron dar muerte a la laguna y así cogieron cinco quintales de sal, una cabeza de chancho y arrojaron hacia el centro de la laguna. Luego de eso la laguna se apaciguó, hoy en día es muy hermosa y vive tranquila junto con el hombre”*. (Bacacela, 2000: 61).

Y algo parecido ocurre con la laguna de Pucallpa. (Continuación): *“Esta laguna se perdió porque los dueños de esas propiedades construyeron grandes zanjas, haciendo que el agua salga del lugar”*. (Bacacela; 2000:63).

Sin embargo el ser humano nunca se ha arredrado ante nada, acicateado por la urgencia de cubrir sus necesidades e impulsado por cierta concepción del progreso, logra imponerse a la naturaleza, y lo hace debilitándola o domesticándola. La historia de la *laguna de Shota* es demasiado evidente. Como se puede comprobar fácilmente, para la mente andina del sur, la laguna está asimilada metafóricamente a una paila donde se puede cocer un chancho. Ahí están los ingredientes básicos para la comida: chancho, sal, agua.

Pero hay una historia cuyas evidencias –de la domesticación- son apabullantes:

**(La laguna de Huilimún)** *“Porque la laguna era muy brava, los habitantes del lugar quisieron amansarla. Un día cogieron un chancho, lo sacrificaron y cuya cabeza lo aliñaron bien con bastante sal. Decidieron subir siete hombres cargando la cabeza del cerdo. Cuando estuvieron ya por salir a la loma de Huilimún, se escuchó que la laguna, como un toro enfurecido, empezó a embestir. Los hombres muy temerosos lograron salir a la colina. Y desde ahí ven que la laguna formando espuma había estado rebotando de una orilla a otra. Observando semejante cosa, llenos de terror los hombres lanzaron con todas sus fuerzas la cabeza del animal hacia el centro de la laguna”*. (Bacacela, 2000: 45).

Otra forma de incorporar la naturaleza a la civilización –o quizá haya que entender al revés, como la irrupción del progreso y la civilización en el mundo natural- es, por ejemplo, la ampliación de la frontera agrícola para los cultivos. Es bien sabido que la agricultura necesita de agua. Las lagunas, antes indómitas, pueden ser aprovechadas mediante canales de riego que las desagüen: *“los dueños de esas propiedades construyeron grandes zanjas, haciendo que el agua salga del lugar”*. (Bacacela; 2000:63).

También la construcción de carreteras provoca daños considerables e irremediables al mundo natural: (Se trata de una huaca llamada Taita Puclla) *“Taita Puclla está sufriendo mucho. Por ahí ha pasado la carretera panamericana y ha destruido el lecho de la laguna. Sin embargo todavía vive allí”*. (Bacacela, 2000: 50).



**Gráfico 2.** La apertura de vías ha modificado, de forma irremediable, el entorno natural.

([www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252](http://www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252))

Debido a este hecho es que, actualmente, cuando se pretende realizar algún tipo de trabajo, las autoridades piden, lo que en el lenguaje burocrático llaman: *estudios de impacto ambiental*. La palabra *impacto* tiene –además de su connotación bélica–, siempre una significación no precisamente positiva. El DRAE pone lo siguiente: **Impacto**: “*Choque de un proyectil o de otro objeto contra algo. //2....//3.Efecto de una fuerza aplicada bruscamente*”. (DRAE. 2001:1251).

Otra forma de afección al entorno es la que se produce por la urbanización de nuevas tierras, cuya vocación no era la vivienda. Esto se puede constatar en otro relato popular de corte realista, aunque su final tiende a incorporar lo mítico y lo simbólico:

*“Cerca a la ciudad de Cañar, en el lugar en donde hoy es la ciudadela Padre Ángel María Iglesias, existía una laguna. El paisaje de alrededor de esa laguna estaba adornada de bosques, yerbas y totora.*

*Los patos, las ovejas y otros animales se paseaban en sus orillas haciendo de ese lugar un hermoso rincón turístico.*

*Con el avanzar del tiempo, la población fue dominando estos sectores para viviendas.*

*Ese fue el momento en el que Cañar comenzó a convertirse en desierto. La laguna no recibió más agua y desde entonces tendió a desaparecer.*

*Cuentan que en la vertiente del pequeño lago, los vecinos oían bramar un berra [propiamente un verraco] constantemente por las noches.*

*Hace pocos años cuando el bullicio de los pobladores era notorio en esa zona y los materiales de las construcciones obstaculizaban el paso por*

*ese lugar y acababan con esta laguna, cierta noche, a eso de las once del centro de la ya casi muerta laguna se levantó un buitre y se alejó del lugar sin dirección. La gente cree que desde entonces se alejó (sic) también las lluvias como nos consta, Cañar se ha vuelto casi un desierto". (Zaruma, 1989: 101-102).*



**Gráfico 3.** La urbanización y la desecación de las fuentes naturales conducen a la desertificación.

([www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&bm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252](http://www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&bm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252))



Es importante recalcar en aquello de “*se levantó un buitre y se alejó del lugar sin dirección*”. El centro de la laguna representa el corazón de lo natural, lo vital de la laguna, lo no urbano. El buitre es el elemento natural, no domesticado. El hecho de que se ignore la dirección también es importante porque de conocer su destino los seres humanos podrían acceder nuevamente al recurso. Y esto de alejarse volando es una forma metafórica de expresar una pérdida rápida e irremediable, aspecto que también puede verse en otro relato: “*Vieron que el agua de la laguna se había recogido como una estera o manta y se fue volando, perdiéndose en las alturas del Puclla. La laguna se dirigió hacia la costa y se fue a aterrizar en los cerros de Zaruma*”. (Bacacela, 2000: 45).

Y por último tenemos a la actividad minera como un factor de muy fuerte impacto y degradación del mundo natural.



**Gráfico 4.** La megaminería es un factor muy fuerte de contaminación y de destrucción de la naturaleza.

[www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHODM%253A%253Bhttps%253A%252F%252](http://www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHODM%253A%253Bhttps%253A%252F%252)

4. **La naturaleza destruida.** El ser humano, en algún momento de su historia, se autoconsideró como el amo del mundo: *“Eres dueño de ti mismo y verdadero rey de la naturaleza: estás en tus dominios, haz de ti y de cuanto te rodea lo que quisieres”*. (Mera, 2003: 19).

Pero hoy es necesario cambiar radicalmente de opinión: el ser humano no es el amo del mundo, ni este es un bien ilimitado. El ser humano es un habitante más, un huésped más del mundo. La idea del progreso, concebido como un consumo desenfrenado y un disfrute suntuario, como un despojo irracional e irreverente de la naturaleza, debe ser profundamente revisada y modificada. La naturaleza no es un cuerno de la abundancia, que una vez vaciado vuelve a llenarse mágicamente con nuevos recursos. El agua dulce es un bien cada vez más escaso, y en peligro. Los bosques y las selvas desaparecen irremediabilmente. Muchas especies se ven acorraladas a espacios cada vez más reducidos, y hay otras que por la irresponsable y demencial contaminación, simplemente se han extinguido.

Por otro lado la población humana ha crecido en una proporción excesiva, lo que genera la imperiosa necesidad de asignar nuevas tierras a las faenas agrícolas, con la consiguiente deforestación y degradación del medio natural y de ciertos hábitat específicos.

5. **La defensa y la autodefensa de la naturaleza.** Como veíamos en el párrafo 1, hubo un tiempo en que la naturaleza por sus propios medios podía defenderse e inclusive eliminar a sus agresores o a los simples viajeros que, por necesidad, se veían

obligados a pasar por los santuarios inhóspitos. Los árboles imponían respeto y exigían un trato cortés, casi humano:

*“La laguna de Puclla era muy bravía, nadie podía pasar por ahí. Las personas tenían que pasar en profundo silencio, inclusive sin exhalar la respiración. Al oír el mínimo ruido se enfurecía, levantando terribles olas perseguía hasta alcanzarles (...) Las niñas pastoras de ovejas al pasar por ahí debían punzar a los animales para no hacer ruido”. (Bacacela, 2000: 48).*

Pero todo eso ha desaparecido, la naturaleza ha perdido su carácter majestuoso y casi sacramental. Nada puede oponerse a la tala, la dinamita, el tractor, el relleno. Por eso, ante la indefensión de la naturaleza el mismo ser humano ha visto la necesidad de proteger el mundo natural a través de la ley. En la Constitución ecuatoriana vigente se encuentra lo siguiente:

#### **La Constitución y los derechos de la naturaleza:**

*“Art. 71. La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.*

*Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.*

*El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la*

*naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema*

**Art. 72.** *La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tiene el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.*

*En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas más adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.*

**Art. 73.** *El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.” (Constitución, 2008).*

## II

**5. De la ecología a la ecofilia.** La palabra *ecología*, en el DRAE está definida de la siguiente manera:

*“Ciencia que estudia las relaciones de los seres vivos entre sí y con su entorno. // 2 Parte de la sociología que estudia la relación entre los grupos humanos y su ambiente, tanto físico como social. // 3 Defensa y protección de la naturaleza y del medio ambiente. **La juventud está preocupada por la ecología**”.* (2001:861).

Sin embargo, lo que a nosotros nos llama la atención es la pista etimológica. La palabra *ecología* se origina en el griego *oikos* = casa, morada, aposento, templo, bienes familiares, ámbito vital. En este sentido tanto la *economía* como el *ecosistema* comparten la misma raíz. El otro componente de la *ecología* es la raíz *logos*, palabra multisémica usada por la cultura occidental, generalmente como sinónima de *tratado* o *conocimiento científico*, como tantas otras *logías*, como psicología, embriología, patología, etc.

Desde nuestro particular punto de vista, el componente científico del *logos* es lo que le perjudica a la *ecología* y por eso hemos preferido hablar de *ecofilia*, también palabra griega, compuesta de *filía* = amor, amistad, afecto, benevolencia. De modo que la *ecofilia* sería el amor a la casa, a la morada, al ámbito vital, al entorno, en suma. Esta raíz está presente en otros vocablos como *filantropía*, *cinefilia*, *hidrófilo*, *filosofía*. Hacemos esta propuesta porque la relación que nace del amor y del respeto es inmensa y radicalmente diferente de la relación que puede brotar de la ciencia, y mucho más radicalmente diferente de la relación mediada a través de la ley y del castigo. La relación mediada por la ley será siempre vista como una imposición, aunque los objetivos sean totalmente positivos y bien intencionados.

En el caso de la ciencia o el conocimiento científico (el *logos*), entre el sujeto cognoscente y el objeto de estudio puede existir una relación pobre, impersonal, de mucha distancia, a pesar de la cercanía física. En cambio, en el amor la situación es diferente. Entre el sujeto que ama y respeta y aquello que es respetado existe otra forma de relación, que pasa por los sentimientos y no por los intereses utilitarios.

Entre el ser humano y la naturaleza debe interponerse no la ley sino el amor; y si es que al amor y al respeto se puede sumar la ciencia (el *logos*) tanto mejor. Quizá de esta actitud pueda brotar una nueva conciencia humana sobre el mundo natural, un nuevo conocimiento, nuevas y respetuosas formas de progreso. Por eso, en lugar de hablar de *ecología* es necesario dar un salto cualitativo y pasar, mejor, a la *ecofilia*.

## **Bibliografía:**

Bacacela, María

2000 *Ecuador chinchasuyupi quichua runacunapac ñaupá rimai – Literatura indígena en los Andes del sur del Ecuador*, Cuenca, Casa de la Cultura Ecuatoriana.

Encalada Vásquez Oswaldo,

2013 *Cultura y superstición en Ecuador*, Quito, Corporación Editora Nacional.

Hassaurek, Friedrich,

1997 *Cuatro años entre los ecuatorianos*, Quito, Abya-Yala.

Mera, Juan León,

2003 *Cumandá*, Quito, Campaña de lectura Eugenio Espejo.

Ortiz, Adalberto,

1995 *Juyungo*, Bogotá, Planeta.

Real Academia Española,

2001 *Diccionario de la lengua española*, Madrid, Espasa.

Zaruma, Bolívar,

1989 *Hatun Cañar apunchicunamanta nishcallata yuyashca – mito y creencias de hatun Cañar*, Cuenca, imprenta Monsalve Moreno.

[www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252](http://www.google.com.ec/search?q=mineria+y+contaminacion+del+suelo&tbm=isch&source=iu&imgil=S27J82frKgHOdM%253A%253Bhttps%253A%252F%252)







DSC0237a.jpg Ernesto Jaramillo Moscoso

**ESTIMACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE TRES  
ESPECIES DE COLIBRÍES EN UN PAISAJE  
DEGRADADO EN LOS ANDES TROPICALES DEL  
SUR DE ECUADOR: ESTUDIO DE CASO DENTRO  
DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE AVES EN  
EL PARQUE NACIONAL CAJAS**

***Boris A. Tinoco<sup>a,b</sup>, Andrea Nieto<sup>a</sup>, Steven C. Latta<sup>c</sup>,  
Catherine H. Graham<sup>b</sup>, Pedro X. Astudillo<sup>a</sup>***

<sup>a</sup>Escuela de Biología, Ecología y Gestión  
Universidad del Azuay

Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo  
Cuenca, Ecuador

<sup>b</sup>Department of Ecology and Evolution  
Stony Brook University

650 Life Sciences Building, Stony Brook, NY11794, USA

<sup>c</sup>National Aviary (USA)  
Allegheny Commons West  
Pittsburgh, PA 15212, USA

## RESUMEN

En los ecosistemas tropicales es escasa la información sobre la dinámica de las poblaciones de aves y sus respuestas frente a efectos de alteración antropogénica. Este estudio aborda el análisis de la influencia del cambio de uso del suelo en la dinámica poblacional de tres especies de colibríes. Específicamente se evaluó su tasa de supervivencia, y tasa de crecimiento poblacional en tres hábitats con distintos niveles de alteración en los Andes al Sur del Ecuador. Se encontró que las poblaciones de *Metallura tyrianthina* y *Eriocnemis luciani* podrían persistir en bosques alterados, mientras que las poblaciones de *Coeligena iris* podrían verse influenciadas negativamente por la alteración del hábitat. Los resultados aquí presentados son el producto de siete años de un programa de monitoreo de aves en el Parque Nacional Cajas y en la Reserva Mazán.

## ABSTRACT

In tropical ecosystems, we currently lack information on the dynamic of bird populations and their responses to anthropogenic disturbance effects. This study focused on exploring the influence of anthropogenic land use change on population dynamics of three species of hummingbirds. We specifically evaluated survival, and population growth rates of these hummingbird species across habitats with different levels of alterations in the Andes of South Ecuador. We found that populations of *M. tyrianthina* and *E. luciani* might persist in certain altered habitat types, while populations of *C. iris* could be negatively affected by habitat alteration. The results presented here are product of seven years of bird monitoring program in the Cajas National Park and Mazan Reserve.

## INTRODUCCIÓN

La pérdida de hábitat ocasionada por actividades antrópicas es una de las principales amenazas para la conservación de la biodiversidad (Myers et al. 2000). La creciente atención a esta problemática hace necesario el inmediato desarrollo de investigaciones y programas de monitoreo que permitan evaluar el estado de las poblaciones de animales silvestres en ecosistemas alterados. La importancia de los programas de monitoreo radica en que permite obtener información detallada de los factores demográficos que influyen la dinámica de las poblaciones. Esto es clave para la planificación de acciones y estrategias para la conservación. Sin embargo, el establecimiento de programas de monitoreo es logísticamente complejo. Generalmente requiere de la cooperación de varias instituciones y el financiamiento a largo plazo; las cuales son condiciones difíciles de asegurar en el tiempo. Por tanto, la experiencia de planes de monitoreo en el Ecuador es escasa. Aquí se evalúa la dinámica poblacional de tres especies de colibríes en distintos tipos de hábitat con información que proviene de un programa de monitoreo de aves que se ha implementado en el Parque Nacional Cajas por más de siete años.

Dentro del estudio de la dinámica de poblaciones, la probabilidad de supervivencia y la tasa de reproducción son los factores demográficos que determinan cómo las poblaciones cambian a través del tiempo y el espacio (Akçakaya et al. 1999). Cómo estos factores responden a la alteración del hábitat determinará el equilibrio entre el número de muertes y nacimientos en una población, y

definirá la calidad del hábitat para una especie (Pulliam 1988). Si el número de nacimientos es superior al número de muertes, el hábitat será de alta calidad, convirtiéndose en lo que se conoce en ecología como “fuente poblacional” por su capacidad de incluso exportar individuos hacia otros hábitats (Pulliam and Danielson 1991); mientras que un hábitat en donde el número de muertes supera el número de nacimientos será de baja calidad, transformándose en un sumidero de la población, puesto que la población no podría persistir en el tiempo (Pulliam and Danielson 1991). Así, es importante la identificación de parámetros demográficos específicos en cada tipo de hábitat ocupado por una población para comprender las tendencias generales de la población y poder emprender planes de conservación efectivos. Esto se debe a que cada hábitat podría tener una contribución distinta en la persistencia de la población dentro del paisaje, lo que requeriría de medidas específicas de manejo en cada hábitat.



*Coeligena iris*

<https://www.flickr.com/photos/glennbartley/3917561755/>



*Metallura tyrianthina*

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tyrian\\_Metaltail.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Tyrian_Metaltail.jpg)



*Eriocnemis luciani*

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sapphire-Vented\\_Puffleg\\_\(Eriocnemis\\_luciani\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Sapphire-Vented_Puffleg_(Eriocnemis_luciani).jpg)

Esta investigación evaluó la tasa de supervivencia y la tasa de crecimiento poblacional, como indicadores de la calidad de hábitat, de los colibríes *Coeligena iris*, *Metallura tyrianthina* y *Eriocnemis luciani* en tres tipos de hábitat con distintos niveles de alteración en los Andes al Sur del Ecuador.

## ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizó en los Andes occidentales del Parque Nacional Cajas (PNC) y en la contigua Reserva de Mazán, en la provincia del Azuay, Ecuador. El bosque montano de esta región ha sido transformado por diversas actividades antropogénicas como la agricultura, el pastoreo y la explotación forestal (White y Maldonado 1991). Hoy en día, sólo las áreas con mayor dificultad de acceso mantienen una cobertura vegetal original. En el PNC se estableció un sitio de muestreo en el valle de Llaviucu, a 3150 m. Este valle solía ser un rancho ganadero antes de su incorporación al PNC. Esta actividad transformó la vegetación original de bosque montano en pastos, y en la actualidad sólo las laderas empinadas a los costados del valle mantienen el bosque maduro. El área de muestreo se localizó en el hábitat de matorral nativo (de aquí en adelante denominado matorral) que ha logrado establecerse por procesos de sucesión vegetal después de la eliminación del ganado. Este hábitat se compone de arbustos de diferentes especies, pero se encuentra dominado por *Barnadesia arborea*, *Berberis lutea* y *Salvia corrugata*.

Las otras áreas de muestreo se localizaron en la Reserva Mazán, un valle de alrededor de 5.640 ha, que se encuentra al sur del valle de Llaviucu. Mazán se maneja

para la conservación bajo vigilancia estricta y con acceso restringido. La Reserva Mazán presenta una vegetación de bosque montano altoandino, y se ha visto alterado por la tala selectiva antes de su declaración como área de conservación en 1986. Dentro de Mazán se establecieron dos sitios de muestreo: bosque secundario (bosque nativo de aquí en adelante), y bosque con un gran componente de especies de árboles exóticos mezclados con remanentes de especies de árboles nativos (bosque introducido de aquí en adelante). El bosque nativo se encuentra a 3100 m; las especies de árboles representativas en este tipo de hábitat incluyen a *Hedyosmum cumbalense*, *Symplocos quitensis* y *Myrcianthes sp.* El sotobosque está representado por especies como *Salvia corrugata*, *Salvia hirta*, *Viola arguta* y *Centropogon sp.* El bosque introducido se encuentra a 3000 m, y se caracteriza por la presencia mixta de dos especies de árboles exóticos *Eucaliptus globulus* y *Pinus patula*. Ciertas especies nativas remanentes ocupan el sotobosque denso compuesto por *S. hirta*, *Miconia sp.* y *Rubus floribundus*.

### *Censo de aves*

En cada tipo de hábitat se empleó el método de captura-recaptura para obtener parámetros demográficos de colibríes. Los colibríes se capturaron con 20 redes de niebla (12 x 3 m) instaladas a lo largo de caminos ya existentes, cubriendo un área de ~510 m en bosque nativo, ~575 m en el bosque introducido, y ~505 m en el matorral. En cada sitio las redes se abrieron durante dos días consecutivos, desde el amanecer hasta el anochecer del día 1, y desde el amanecer hasta las 11h00 del día 2. Dentro de este marco de tiempo ocasionalmente las

redes fueron cerradas durante vientos o lluvias fuertes. Cada colibrí capturado fue identificado a nivel de especie y sexo usando la guía de Ridgely y Greenfield (2001). Todos los colibríes fueron marcados con un anillo de metal que contiene un código único que ayudó en la identificación en sus recapturas.

El estudio se realizó durante siete años, de 2006 a 2012, empleando tres sesiones de muestreo por año en cada tipo de hábitat, resultando un total de 21 sesiones de muestreo por hábitat. El número de días entre sesiones de muestreo fue aproximadamente de cuatro meses (la media del número de días en sesión de muestreo fue de 118, SD  $\pm$  6,23).

#### *Especies estudiadas*

El análisis se realizó específicamente para tres especies de colibríes; estas tres especies son representativas de la variación en tamaño y comportamiento de los colibríes presentes en el área de estudio.

i) *C. iris* es un colibrí grande con un pico largo. Presenta una distribución restringida desde la región central del Ecuador hasta el norte de Perú, usualmente a elevaciones entre 2000-3300 m (Stotz et al. 1996, Ridgely and Greenfield 2001). En el área de estudio esta especie habita usualmente en el bosque maduro, bosque secundario y bordes de bosque (Tinoco and Astudillo 2007). *C. iris* es considerado como un colibrí “rutero” debido a que usa rutas de forrajeo para su alimentación y no defiende territorios en parches de flores (Tinoco and Astudillo 2007).

ii) *M. tyrianthina* es un colibrí pequeño con un pico corto. Se encuentra ampliamente distribuido dentro de los Andes



desde Colombia hasta Perú en elevaciones de 2300-3400 m. (Ridgely and Greenfield 2001). Esta especie ocupa varios tipos de hábitats que incluyen bosque maduro, bosque secundario, bordes y claros de bosque (Ridgely and Greenfield 2001). *M. tyrianthina* es una especie generalista, que a menudo defiende los territorios donde se alimenta, dependiendo de la disponibilidad del recurso y la presencia de otros colibríes competidores (Tinoco and Astudillo 2007).

iii) *E. luciani* es un colibrí de tamaño mediano al igual que su pico. Se encuentra distribuido a lo largo de los Andes desde Colombia y Ecuador en un rango altitudinal de 2700-3400 (Stotz et al. 1996, Ridgely and Greenfield 2001). Esta especie ocupa principalmente el sotobosque del bosque maduro, bosque secundario y bordes de bosque. Es un colibrí territorialista, que defiende fuertemente sus recursos preferidos (Tinoco and Astudillo 2007).

## **ANÁLISIS DE DATOS**

Para cada una de las especies estudiadas se calculó la tasa de supervivencia en cada tipo de hábitat. Para *E. luciani* no se pudo incluir el hábitat de bosque nativo en los análisis de datos, debido a su baja tasa de recaptura en este hábitat.

Para estimar la tasa de supervivencia se empleó un análisis de captura-recaptura construyendo modelos de población abierta a través del software MARK. El modelo empleado fue el de Cormack-Jolly-Seber, detallado en Lebreton et al. (1992). Dado que el tiempo entre las sesiones de muestreo fue de cuatro meses, los modelos obtenidos

producen estimados de probabilidad de supervivencia que corresponden a ese período de tiempo. Sin embargo, para comparar los resultados con otros estudios se elevó la tasa de supervivencia del período de cuatro meses a la tercera potencia para obtener una tasa de supervivencia anual, que es la unidad de tiempo común con la que se expresa la supervivencia en aves.

Para determinar la influencia de los diferentes tipos de hábitat sobre la dinámica de las poblaciones, se estimó la tasa de crecimiento poblacional usando la matriz de Leslie. Esta matriz se genera combinando el índice de productividad y la tasa de supervivencia. El índice de productividad, para cada especie, se obtuvo dividiendo el número total de individuos juveniles capturados para el número total de adultos capturados en cada sesión de muestreo (DeSante and Geupel 1987). Para esta matriz utilizamos la tasa de supervivencia calculada para cuatro meses. El eigenvalor de esta matriz produce la tasa de cambio poblacional entre los períodos de muestreo (cuatro meses). Valores iguales a 1 indican que el número de nacimientos y muertes están equilibrados en la población. Valores  $> 1$  indican que existen más nacimientos que muertes, lo que corresponde a una “fuente poblacional”. Valores  $< 1$  corresponden a un sumidero de población, en donde el número de muertes excede al número de nacimientos.

## **RESULTADOS**

### *Tasa de supervivencia*

La tasa de supervivencia anual para *C. iris* varió en cada uno de los hábitats, es así que los valores de la tasa para

esta especie fueron de 0.44 en el bosque introducido, 0.33 en el bosque nativo y 0.02 en el matorral. *M. tyrianthina* también presentó diferentes resultados de la tasa anual de supervivencia en cada uno de los hábitats. La tasa indicó valores de 0.63 en el bosque nativo, 0.55 en el bosque introducido y, 0.40 en el matorral. Los valores de la tasa de supervivencia anual para *E. luciani* fueron de 0.47 en el matorral y 0.49 en el bosque introducido.

### *Tasa de crecimiento poblacional*

Los valores de la matriz para *C. iris* indicaron una tasa de crecimiento poblacional positiva en los bosques nativo e introducido ( $\lambda = 1.15$ ,  $\lambda = 1.07$  respectivamente), mientras que en el matorral la tasa fue negativa ( $\lambda = 0.40$ ). Para *M. tyrianthina* la tasa de crecimiento poblacional entre los hábitats evaluados fue positiva (bosque nativo  $\lambda = 1.08$ , matorral  $\lambda = 1.06$ , bosque introducido  $\lambda = 1.04$ ). Por último, para *E. luciani* la tasa de crecimiento poblacional en el matorral ( $\lambda = 0.98$ ) y bosque introducido ( $\lambda = 0.95$ ) demostró estar cercana a 1.

## **DISCUSIONES**

Resulta de gran valor generar información sobre la influencia del cambio de uso del suelo en los parámetros demográficos de las poblaciones de aves, y evaluar las probabilidades de persistencia de una población a largo plazo. Esta información es fundamental para generar acciones y estrategias de conservación a largo plazo enfocadas en la situación real de una especie. Los resultados de esta investigación indican que las poblaciones

de *M. tyrianthina* y *E. luciani* podrían persistir en bosques alterados, pues sus tasas de crecimiento poblacional son positivas (o cercanamente positivas) en el matorral y en el bosque introducido. Mientras que las poblaciones de *C. iris* podrían verse afectadas negativamente por la alteración del hábitat, ya que esta especie tuvo una tasa de crecimiento poblacional negativa en el matorral. El bajo valor del matorral como hábitat para *C. iris*, demuestra que las respuestas a la alteración de hábitats no son uniformes en todas las especies y que algunos colibríes pueden verse mayormente afectados.

Para entender la variación de los parámetros demográficos se requiere de estudios específicos de los factores que regulan la supervivencia y productividad en poblaciones (Akçakaya et al. 1999). Para los colibríes la cantidad de néctar disponible es un factor clave que influye en la dinámica de las poblaciones (Stiles 1980, 1992). La alta tasa metabólica de los colibríes, sus costosas estrategias de forrajeo y su baja capacidad para almacenar energía (Wolf y Hainsworth 1971; Powers y Conley 1994), dan lugar a demandas inmediatas de recursos (Powers and Conley 1994), y los hace altamente sensibles a los cambios en la disponibilidad de recursos (Feinsinger et al. 1988; Baltosser 1989; Russell et al. 1994). Por ejemplo, Russell et al. (1994) mostraron que el peso corporal y la densidad del colibrí *Selasphorus rufus* en Sierra Nevada de California se correlacionó positivamente con la densidad del recurso néctar. Por tanto, se puede predecir que la cantidad de los recursos disponibles para los colibríes pueden ser factores determinantes de los requerimientos del hábitat para estas aves. En este contexto, la cantidad de recursos disponibles en los hábitats alterados podría influenciar positivamente en la calidad del hábitat para los colibríes.

Al parecer, la producción de néctar en las flores puede aumentar en áreas de vegetación secundaria (Linhart et al. 1987, Feinsinger et al. 1988, Costa and Magnusson 2003). Datos no publicados (tomados durante el año 2012 dentro de este mismo programa) sobre la abundancia de recursos para los colibríes en el sotobosque de los hábitats muestreados en este estudio, avalan esta hipótesis. La riqueza de especies y abundancia de flores atractivas para los colibríes (corola larga, colores brillantes, anteras y estigmas externos, Fenster et al. 2004) fue mayor en el matorral en comparación con el bosque nativo y el bosque introducido. Por lo tanto la alta disponibilidad de recursos en el matorral puede explicar las tasas positivas de crecimiento poblacional de *M. tyrianthina* y *E. luciani*. Sin embargo, dada la baja calidad de este matorral como hábitat para *C. iris*, demostraría que esta especie requeriría de recursos ofertados por especies específicas.

Del mismo modo, la alta calidad del bosque introducido como hábitat para las tres especies de colibríes, puede ser evaluada en el contexto de los recursos potenciales disponibles para ellos. El bosque introducido está dominado por árboles de Eucalipto; el cual es conocido como una especie con periodos de floración larga y con producción numerosa de flores con abundante néctar (Montaldo 1984, Willis 2003). Estas características probablemente tuvieron una influencia positiva en la cantidad de recursos disponibles para los colibríes. Por último, el alto valor del bosque nativo como hábitat, a pesar de su escasa disponibilidad de recursos, sugiere que hay otros factores, además de la disponibilidad de recursos, que podrían influir en la calidad del hábitat para los colibríes. Por ejemplo, se ha encontrado que las tasas de depredación son menores en los bosques que en los tipos de hábitat degradados por actividades antropogénicas

(Robinson and Sherry 2012). Estudios futuros deberían centrarse en los potenciales factores que afectan en la supervivencia y productividad (por ejemplo, recursos, depredación, parasitismo) para aclarar las compensaciones y los mecanismos que influyen en las relaciones entre la calidad del hábitat divulgados aquí.

Los datos sobre los parámetros demográficos de aves neotropicales residentes son escasos (Latta et al. 2005, Ruiz-Gutiérrez et al. 2012). Hasta donde se conoce, estos resultados son las primeras estimaciones de las tasas de supervivencia de las especies de aves en los Andes tropicales (ver las revisiones de Blake and Loiselle 2008, Ruiz-Gutiérrez et al. 2012). Se han identificado sólo cuatro estudios que informan sobre las tasas de supervivencia de especies de colibríes en el neotrópico. Parker et al. (2006) presentaron estimaciones de supervivencia para *Heliodoxa jacula* (de 0,44 hasta 0,70), para *Adelomyia melanogenis* (de 0,42 hasta 0,48), y para *Phaethornis baroni* (de 0,34 hasta 0,36) para un hábitat en el bosque seco en el Ecuador. Blake and Loiselle (2008) encontraron una tasa de supervivencia de 0,53 para *P. malaris* en la selva tropical de tierras bajas en el Ecuador. Stiles (1992) informó de una tasa de supervivencia de 0,57 para *P. superciliosus* en las tierras bajas del bosque tropical de Panamá, y Ruiz-Gutiérrez et al. (2012) estimaron una tasa de supervivencia de 0,43 para *Colibri thalassinus* en un sitio de bosque montano en México. Los resultados de las tasas de supervivencia anual en esta investigación, con la excepción de *C. iris* en el matorral, son similares a esos valores. Sin embargo, todavía hacen falta las estimaciones de supervivencia para la gran mayoría de las especies de colibríes, por lo tanto no es posible generalizar las tasas de supervivencia para este grupo grande y diverso.

## PERSPECTIVAS DE CONSERVACIÓN

Los parques nacionales y reservas protegidas en los trópicos tienen un papel clave en el mantenimiento de la biodiversidad regional y mundial (Bruner et al. 2001). Pero los manejadores de la mayoría de estas áreas en los trópicos no cuentan con información cuantitativa sobre las tendencias de las poblaciones que buscan proteger (Chape et al. 2005). Esta investigación aporta información demográfica sobre el estado de las poblaciones de tres especies de colibríes en el Parque Nacional Cajas y Reserva Mazán, áreas importantes para la conservación de las aves a nivel mundial (Freile and Santander 2005). Las tres especies de colibríes aquí evaluadas tuvieron tasas positivas de crecimiento poblacional dentro de estas áreas protegidas, lo que refuerza la importancia de estas reservas para el mantenimiento a largo plazo de las poblaciones de estas especies. Sin embargo se necesitan estudios permanentes de los parámetros demográficos de aves en escalas espaciales más grandes para entender la relación entre estas estimaciones demográficas locales y las tendencias regionales de las poblaciones de aves.

Los remanentes de bosque nativo en el centro sur de los Andes de Ecuador son escasos (Baquero et al. 2004), y se encuentran bajo una constante presión por actividades antropogénicas que amenazan su mantenimiento (White and Maldonado 1991). Por lo tanto es importante identificar el valor potencial que tienen los hábitats alterados para mantener la biodiversidad (Sekercioglu et al. 2007, Chazdon et al. 2009). Dos de las tres especies de colibríes evaluadas, *M. tyrianthina* y *E. luciani*, presentaron tasas positivas de crecimiento poblacional,

incluso en el matorral. Asimismo, el bosque introducido demostró ser, relativamente, un hábitat de buena calidad para todas las especies de colibríes aquí reportadas. Sin duda es necesario mencionar que probablemente no todas las especies de aves podrían responder positivamente a la alteración del hábitat como lo hicieron las especies de colibríes aquí reportadas (Latta et al. 2011). Por lo tanto, los resultados encontrados, que señalan que los hábitats alterados por actividades antropogénicas pueden ser valiosos para el estudio de especies, no deben ser sobredimensionados. Actividades como la ganadería intensiva y plantaciones de árboles exóticos pueden producir condiciones muy diferentes a las de los sitios muestreados, los cuales se encontraban en procesos de recuperación (Latta et al. 2011). Es necesario seguir investigando y evaluando la importancia de la vegetación secundaria para la persistencia de las poblaciones a largo plazo, ya que al parecer, pueden ofrecer oportunidades de conservación para algunas especies en ecosistemas tropicales.



## REFERENCIAS

- Akçakaya, H., M. Burgman, and L. Ginzburg. 1999. Applied population ecology. Principles and computer exercises using RAMAS EcoLab. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Baltosser, W. H. 1989. Nectar availability and habitat selection by hummingbirds in Guadalupe Canyon. *The Wilson Bulletin* 101:559–578.
- Baquero, F., R. Sierra, L. Ordoñez, M. Tipan, L. Espinosa, M. B. Rivera, and P. Soria. 2004. La vegetación de los Andes del Ecuador. EcoCienca, CESLA, EcoPar, MAG.CDC-Jatunsacha, IGM, Quito.
- Blake, J. G., and B. A. Loiselle. 2008. Estimates of Apparent Survival Rates for Forest Birds in Eastern Ecuador. *Biotropica* 40:485–493.
- Bruner, A. G., R. E. Gullison, R. E. Rice, and G. A. B. da Fonseca. 2001. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. *Science* 291:125–128.
- Chape, S., J. Harrison, M. Spalding, and I. Lysenko. 2005. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 360:443–455.
- Chazdon, R. L., C. A. Peres, D. Dent, D. Sheil, A. E. Lugo, D. Lamb, N. E. Stork, and S. E. Miller. 2009. The potential for species conservation in Tropical secondary forests. *Conservation Biology* 23:1406–1417.
- Costa, F. R. C., and W. E. Magnusson. 2003. Effects of selective logging on the diversity and abundance of flowering and fruiting understory plants in a central Amazonian forest. *Biotropica* 35:103–114.

- DeSante, D. F., and G. R. Geupel. 1987. Landbird productivity in central coastal California: The relationship to annual rainfall, and a reproductive failure in 1986. *The Condor* 89:636–653.
- Feinsinger, P., W. H. Busby, K. G. Murray, J. H. Beach, W. Z. Pounds, and Y. B. Linhart. 1988. Mixed support for spatial heterogeneity in species interactions: Hummingbirds in a Tropical disturbance mosaic. *The American Naturalist* 131:33–57.
- Fenster, C. B., W. S. Armbruster, P. Wilson, M. R. Dudash, and J. D. Thomson. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35:375–403.
- Freile, J. F., and T. Santander. 2005. Áreas Importantes para la conservación de las aves en Ecuador. Pages 283–470 *Áreas importantes para la conservación de las aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad*. BirdLife International, Quito, Ecuador.
- Latta, S. C., C. J. Ralph, and G. R. Geupel. 2005. Strategies for the conservation monitoring of resident landbirds and wintering neotropical migrants in the Americas. *Ornitología Neotropical* 16:163–174.
- Latta, S. C., B. A. Tinoco, P. X. Astudillo, and C. H. Graham. 2011. Patterns and magnitude of temporal change in avian communities in the Ecuadorian Andes. *The Condor* 113:24–40.
- Lebreton, J.-D., K. P. Burnham, J. Clobert, and D. R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: A unified approach with case studies. *Ecological Monographs* 62:67–118.
- Linhart, Y., P. Feinsinger, J. Beach, W. Busby, K. Murray, W. Pounds, S. Kinsman, C. Guindon, and M. Kooiman.

1987. Disturbance and predictability of flowering patterns in bird-pollinated cloud forest plants. *Ecology* 68:1696–1710.
- Montaldo, N. 1984. Asociación de dos especies de picaflores con arboles del genero *Eucalyptus* (Myrtaceae) en la provincia de Buenos Aires. *El Hornero* 12:159–162.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, and J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853–858.
- Parker, T. H., C. D. Becker, B. K. Sandercock, and A. E. Agreda. 2006. Apparent survival estimates for five species of Tropical birds in an endangered forest habitat in western Ecuador. *Biotropica* 38:764–769.
- Powers, D. R., and T. M. Conley. 1994. Field metabolic rate and food consumption of two sympatric hummingbird species in southeastern Arizona. *The Condor* 96:141–150.
- Pulliam, H., and B. Danielson. 1991. Sources, sinks, and habitat selection - a landscape perspective on population-dynamics. *American Naturalist* 137:S50–S66.
- Pulliam, H. R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *The American Naturalist* 132:652–661.
- Ridgely, R. S., and P. J. Greenfield. 2001. *The birds of Ecuador: Field guide*. Comstock Pub.
- Robinson, W. D., and T. W. Sherry. 2012. Mechanisms of avian population decline and species loss in tropical forest fragments. *Journal of Ornithology* 153:S141–S152.
- Ruiz-Gutiérrez, V., P. F. Doherty, E. S. C, S. C. Martínez, J. Schondube, H. V. Munguía, and E. Iñigo-Elias. 2012. Survival of resident neotropical birds: Considerations for sampling and analysis based on 20 years of bird-banding efforts in Mexico. *The Auk* 129:500–509.

- Russell, R. W., F. L. Carpenter, M. A. Hixon, and D. C. Paton. 1994. The impact of variation in stopover habitat quality on migrant Rufous Hummingbirds. *Conservation Biology* 8:483–490.
- Sekercioglu, C. H., S. R. Loarie, F. Oviedo Brenes, P. R. Ehrlich, and G. C. Daily. 2007. Persistence of forest birds in the Costa Rican agricultural countryside. *Conservation Biology* 21:482–494.
- Stiles, F. 1980. The annual cycle in a Tropical Wet Forest hummingbird community. *Ibis* 122:322–343.
- Stiles, F. 1992. Effects of a severe drought on the population biology of a Tropical Hummingbird. *Ecology* 73:1375–1390.
- Stotz, D. F., J. W. Fitzpatrick, T. A. Parker, and D. K. Moskovits. 1996. *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Tinoco, B., and P. X. Astudillo. 2007. *Guía de campo de las aves del Parque Nacional Cajas*. ETAPA, Cuenca, Ecuador.
- White, S., and F. Maldonado. 1991. The use and conservation of natural resources in the Andes of Southern Ecuador. *Mountain Research and Development* 11:37–55.
- Willis, E. O. 2003. Birds of a eucaliptos woodlot in interior São Paulo. *Brazilian Journal of Biology* 63:141–158.
- Wolf, L. L., and F. R. Hainsworth. 1971. Time and energy budgets of territorial hummingbirds. *Ecology* 52:980–988.



## **USO DE LA BASE DE DATOS SIB PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE IMPORTANCIA BIOLÓGICA EN EL SUR DEL ECUADOR**

**David Siddons<sup>1</sup>, Pedro Astudillo Webster<sup>1</sup>, Gabriela Samaniego<sup>1</sup>, Edwin Zárate<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Zoología, Escuela de Biología, Ecología y Gestión, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Ecología y Gestión, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.

## Resumen

Las áreas protegidas están consideradas como una de las maneras más efectivas para proteger las especies endémicas y en peligro de extinción en el Ecuador; sin embargo, aún es desconocido cuánto realmente estas áreas las protegen. Esta investigación es un primer ensayo para cuantificar la protección dada a especies endémicas en el Sur de Ecuador, usando datos de presencia de cuatro especies endémicas del país. Se calcularon sus nichos fundamentales para predecir sus posibles rangos de distribución y se cuantificó cuánto de estas áreas están bajo protección. Los resultados demuestran que las áreas protegidas proveen de muy poca protección a las potenciales áreas de distribución de estas especies.

**Palabras claves:** Áreas protegidas, *Atlapetes pallidiceps*, especies endémicas, *Metallura baroni*, modelos de distribución, nicho fundamental, *Pyrrhura albipectus*, *Pyrrhura orcesi*

## Abstract

Protected areas are considered one of the most effective ways to protect endangered and endemic species in Ecuador; however, it is still unknown to what extent these areas protect them. This study is an initial attempt to quantify the protection given to endemic species in the south of Ecuador using presence data for four species endemic to the south of Ecuador. Their fundamental niches were calculated to predict their possible distribution ranges and quantify the amount of these areas that are under protection. The results show that the protected areas provide very little protection with respect to the potential areas of distribution for these species.

**Keywords:** *Atlapetes pallidiceps*, distribution models, endemic species, fundamental niche, *Metallura baroni*, protected areas, *Pyrrhura albipectus*, *Pyrrhura orcesi*

## Introducción

Nuestra patria ha sido llamada “la Utopía de la Madre Tierra” por sus disposiciones hacia la naturaleza en la nueva constitución (Stober 2010). Es cierto que la constitución dice mucho acerca de este tema:

“La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.” Artículo 71, Capítulo 7, Título II.

“El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.” Artículo 73, Capítulo 7, Título II

La constitución es muy clara en que el Estado tiene un rol fundamental para respetar y hacer respetar el Art. 71. y en la sección sobre Patrimonio Natural y Ecosistemas (Artículos 404-407, Sección 3, Capítulo 2, Título VII), el Estado tiene la obligación de asignar recursos económicos al Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), regular el uso sostenible de nuestros ecosistemas frágiles, y prohibir las actividades extractivas en dichas áreas, con algunas excepciones.

Las metas de las áreas protegidas y cuál es su importancia para el Ecuador están claras en el papel. En el Sur de Ecuador hay 10 áreas protegidas que cubren aproximadamente 11% de la 6.222.614 ha de superficie

de la zona sur. Además, el sistema de Áreas de Bosque y Vegetación Protectora (ABVP) representa alrededor de 1.143.354 ha en áreas del Estado y de áreas privadas (18.4% del área sur). Esto significa que casi el 30% de la superficie del área sur está bajo algún tipo de protección.

**Tabla 1. PANE en el Sur del Ecuador**

ÁREA NATURAL	FECHA DE CREACIÓN	SUPERFICIE Ha
PARQUE NACIONAL CAJAS	06-06-1977	28.808
PARQUE NACIONAL PODOCARPUS	15-12-1982	146.280
PARQUE NACIONAL SANGAY	16-06-1975	401.868 <sup>1</sup>
PARQUE NACIONAL YACURI	30-12-2009	43.091
RESERVA BIOLÓGICA CERRO PLATEADO	31-08-2010	26.114,5
RESERVA ECOLÓGICA ARENILLAS	16-05-2001	17.082
REFUGIO DE VIDA SILVESTRE EL ZARZA	28-06-2006	3.643
RESERVA BIOLÓGICA EL CÓNDOR	04-06-1999	2.440
RESERVA BIOLÓGICA EL QUIMI	03-10-2006	9.071
ÁREA NACIONAL DE RECREACIÓN QUIMSACocha	23-04-2012	3.217
ÁREA ECOLÓGICA DE CONSERVACIÓN MUNICIPAL SIETE IGLESIAS	25-01-2013	16.029,03
	<b>TOTAL</b>	<b>697.643,53</b>

Fuente: MAE

## Problemática

Sin entrar en preguntas ni especificaciones sobre el manejo que se debe dar a las áreas del SNAP o de las ABVP,



siempre hay la preocupación de la ubicación y utilidad de las áreas protegidas. Las áreas de conservación deben cumplir con dos papeles fundamentales: representar la biodiversidad de la región, y separarla de peligros que amenacen su persistencia (Margules & Pressey 2000; Valutis 2000). Este artículo se concentra en el primero.

En un mundo perfecto se designaría un sistema de áreas protegidas que maximice la protección de la biodiversidad y la conectividad entre las áreas protegidas, sabiendo cuáles son las áreas de mayor biodiversidad y con tamaños adecuados para garantizar la supervivencia de las especies (Wielgus 2002; Brito & Grelle 2006; Gatti et al. 2011)\»Benchmark\» Grizzly Bear (*Ursus arctos*. Sin embargo, en muchos casos las reservas están designadas sin considerar estos datos, por ejemplo y sin tratar de mencionar que fue una equivocación, el Parque Nacional Cajas fue designado originalmente como un área de recreación porque "...constituye una zona de gran belleza escénica de carácter único en el país: y que su cercanía a la ciudad de Cuenca hace de esta zona un centro de gran valor recreacional y turístico..." (órgano del Gobierno del Ecuador 1977).

Hay bastantes áreas bajo algún tipo de protección. Sin embargo, no sabemos si estamos, como país, cumpliendo con el Artículo 397 de la Constitución que, entre otras cosas, asegura la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. Ecuador es un país megadiverso, y la biodiversidad es poco conocida, y las áreas de importancia para la biodiversidad son propuestas más que probadas.

La pregunta primordial que intentamos responder es si las áreas dentro el PANE (Patrimonio de Áreas Naturales del Estado) son las adecuadas para la protección de la biodiversidad del Ecuador; en este caso específico estamos concentrándonos en el Sur del Ecuador.

Un análisis de los vacíos en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) fue realizado a nivel nacional (Cuesta-Camacho et al. 2006; Instituto Nazca de Investigaciones Marinas et al. 2007) y se identificaron varias áreas de preocupación en el Sur del Ecuador; entre las principales está el área del Parque Nacional Podocarpus, especialmente hacia la provincia de Zamora-Chinchipec en la cuenca del Río Nangaritza y señalaron que nuevas áreas de protección son necesarias en la cordillera de Chilla y las zonas bajas del valle del Marañón. Se determinó además la necesidad de formar alianzas con la nacionalidad Shuar para la protección de las cordilleras del Cóndor y Cutukú.

Como resultado de este trabajo se creó el Parque Nacional Yacuri y la Reserva Biológica Cerro Plateado, que de alguna manera ha enfrentado estos vacíos de conservación. Sin embargo, para el estudio Cuesta-Camacho et al.(2006) como uno de los criterios solo se contemplaron pocas especies de flora y fauna.

Para mejorar la identificación de vacíos de conservación necesitamos mayor cantidad de datos confiables y modelos robustos de mapeo de distribución y riqueza de la biodiversidad. Por lo que en este artículo se realiza un primer ensayo usando los datos recolectados de fuentes nacionales e internacionales.

## **Base de datos SIB (Sistema de Información Biológica)**

El primer reto fue recolectar datos que se encontraban en diversas y disímiles fuentes, depurarlos y ponerlos en un formato único para que puedan ser usados de forma conjunta. Estos datos en su forma original únicamente denotan presencia de las especies en alguna localidad, lo que significa que se necesita generar modelos y procedimientos especializados para procesar y usarlos dado que la mayoría de modelos depende de presencia y ausencia de especies (Phillips et al. 2006). La base recolectada contó con más de 250,000 registros, tanto históricos como corrientes. Una fuente importante para ésta fue la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) que cuenta con datos de más de 600 organizaciones e incluye información de colecciones de museos y la base de datos de eBird – una sistema donde ornitólogos a nivel mundial suben sus datos de campo. Otras fuentes fueron los datos recolectados por las investigaciones realizadas en la UDA y la base de datos de Xenocanto - sitio web dedicada a la recolección de grabaciones de cantos de aves del mundo.

## **Modelando nichos ecológicos**

Un nicho ecológico tiene varias definiciones, desde cómo se comportan las especies en su vida diaria hasta cuál es su rol en la comunidad. Para cumplir con el objetivo de esta investigación, la definición más apropiada es la de Hutchinson & Bunting (1987), que menciona que una especie tiene dos nichos asociados: el primero es el nicho

fundamental, el cual es el conjunto de todas las variables ambientales que permite su supervivencia indefinida; y su nicho realizado, que es su distribución actual o real, determinada por factores negativos que no permiten la ocupación del nicho fundamental, como las perturbaciones antropogénicas, interacciones bióticas o barreras geográficas (Phillips et al. 2006).

Hay muchos métodos para modelar nichos, pero adoptamos el propuesto por Scheldeman & Zonneveld (2010), que es el modelo MAXENT (Phillips et al. 2006) y que puede ser visualizado en DIVA-GIS. Esta herramienta fue elegida porque se ha demostrado que es uno de los mejores modelos del momento, y trabaja hasta con registros con referencias geográficas poco precisas (Graham et al. 2007; Graham & Hijmans 2006; Elith et al. 2006; Mateo et al. 2011)

## **Metodología**

### **Nichos fundamentales**

Debido al largo proceso de validar los datos de la base se eligió usar especies endémicas de rango restringido al Sur del Ecuador para probar el sistema de modelación e investigar las características del MAXENT (Tabla 2). Se modeló el nicho fundamental de las especies usando los 19 factores climáticos proporcionados por BIOCLIM (base de datos climática de acceso libre), datos de altitud de las localidades en donde se registraron las especies y de vegetación, según el sistema de clasificación de Sierra et al. (1999). Los modelos fueron generados con y sin la vegetación para averiguar la importancia del hábitat en los modelos.

**Tabla 2. Especies y número de registros disponibles**

<b>Especie</b>	<b>Área de endemismo</b>	<b>Número de registros</b>
<i>Atlapetes pallidiceps</i>	<b>Sierra del Suroeste</b>	13
<i>Metallura baroni</i>	<b>Sierra del Suroeste</b>	77
<i>Pyrrhura albipectus</i>	<b>Ladera oriental andina</b>	55
<i>Pyrrhura orcesi</i>	<b>Sierra del Suroeste</b>	53

## **Áreas de nicho fundamental bajo protección estatal**

Para averiguar el nivel de protección de las especies elegidas se usaron los nichos fundamentales predichos por MAXENT y se comparó estos posibles rangos de distribución con las áreas protegidas del PANE y ABVP. Este representará un porcentaje del nicho fundamental de estas especies resguardado en una de estas áreas.

## **Resultados**

### **Nichos fundamentales**

Se corrió el modelo MAXENT con y sin la capa de vegetación para verificar si afectaba los resultados. Los resultados mostraron que los modelos para *Atlapetes pallidiceps* y *Pyrrhura orcesi* mejoraron con la adición de la capa de vegetación; mientras que los modelos para *Metallura baroni* y *Pyrrhura albipectus* mostraron mejores predicciones sin incluir vegetación (Tabla 3).

**Tabla 3. Resultados de MAXENT para las cuatro especies con y sin la máscara de vegetación (el color gris señala los modelos usados para los mapas)**

	<i>Atlapetes pallidiceps</i>		<i>Metallura baroni</i>		<i>Pyrrhura albipectus</i>		<i>Pyrrhura orcesi</i>	
- Número de registros	13		77		55		53	
- Registros usados en entrenamiento	6		18		10		8	
- Modelo con o sin vegetación	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN
- AUC* (área debajo de la curva)	0.984	0.979	0.989	0.996	0.946	0.975	0.975	0.964
- Presencia del 10° percentil (Umbral logístico)**	0.398	0.231	0.415	0.314	0.450	0.616	0.494	0.355
- Equiparar entropía de distribuciones originales y de umbral*** (Fracción de área predicha)	0.108	0.128	0.039	0.014	0.345	0.256	0.186	0.227

\* Más próximo a uno, mejor predicción del modelo.

\*\* Probabilidad de que el 90% de los registros de distribución estén dentro del área potencial sugerida por el modelo.

\*\*\* Más próximos a cero, mejor predicción del modelo.

Los valores altos de AUC (área debajo la curva) sugieren que las predicciones y el modelo son confiables (Scheldeman & Zonneveld 2010). Sin embargo esto puede ser algo puntual o irreal debido a que el área predicha es pequeña comparada con el área total de estudio. Las curvas generadas para *Metallura baroni* (figuras 1 & 2) muestran que el modelo es muy bueno debido a que las omisiones en las muestras de entrenamiento están muy cerca de la línea de omisión predicha, demostrando que el modelo es

sensible. En cambio, el modelo para *Pyrrhura albiceps* muestra falencias debido a que la curva de omisiones está muy por debajo de la línea de omisión predicha (figura 3), aunque la sensibilidad está en un rango bueno (figura 4), es menos sensible que para *M. baroni*. Los resultados por *Atlapetes pallidiceps* y *Pyrrhura orcesi* están dentro estos dos extremos.

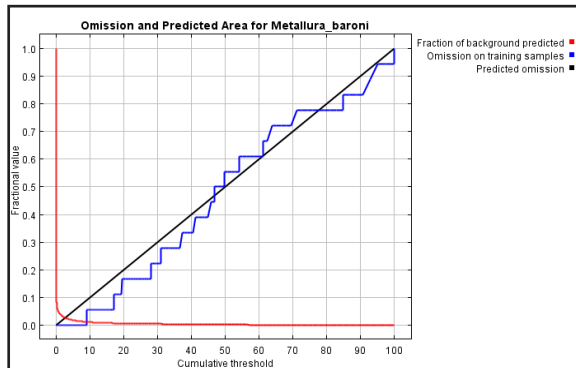


Figura 1: Área predicha y omisión para *M. baroni*

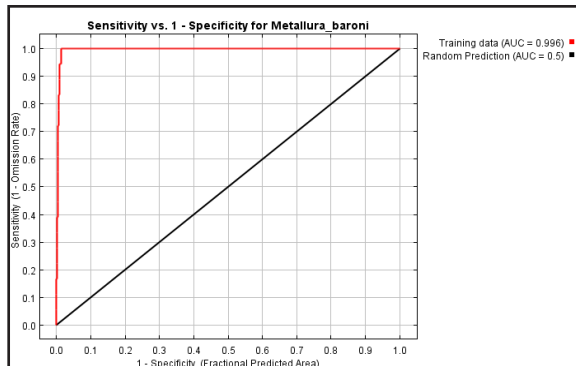


Figura 2: Sensibilidad y 1 – especificidad para *M. baroni*

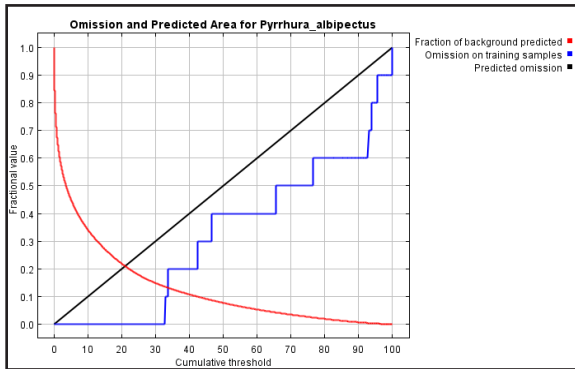


Figura 3: Área predicha y omisión para *P. albipectus*

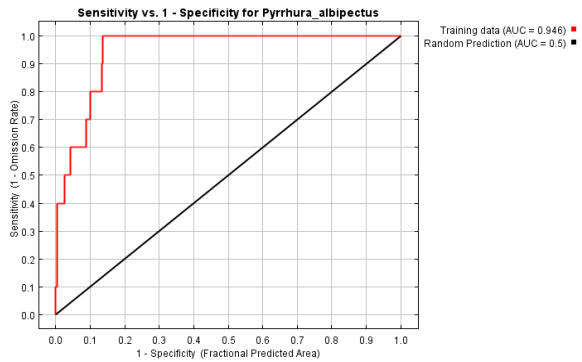


Figura 4: Sensibilidad 1 – especificidad para *P. albipectus*



## Porcentaje de nichos fundamentales en áreas protegidas

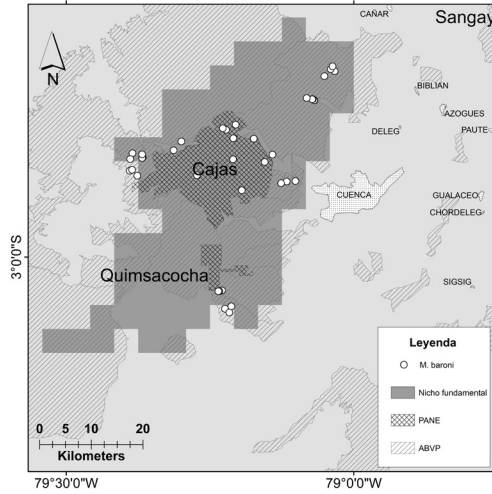
Los modelos ejecutados nos dieron las áreas de los nichos fundamentales, o las posibles áreas ocupadas por las especies analizadas. Estas fueron sobrepuestas sobre las áreas del SNAP y ABVP y se determinó el porcentaje de territorio que estaría siendo protegido sea por el SNAP o el sistema de las ABVPs (Tabla 4. y Mapas 1 a 4.). Estos resultados nos muestran que solo las áreas de *M. baroni* estarían relativamente protegidas por el sistema de ABVP (18,3 % por el SNAP y 67 % por ABVP).

**Tabla 4. Porcentaje de nichos fundamentales predichos bajo protección**

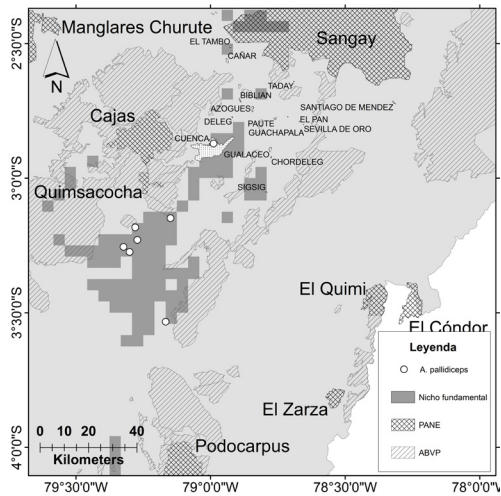
Especie	Área total de nicho fundamental (más de 10° percentil) Ha	Área bajo protección (SNAP)		Área bajo protección (Bosque protector)	
		Ha	%	Ha	%
<i>A. pallidiceps</i>	165.866,50	11.703,60	7,0	24.020,90	14,5
<i>M. baroni</i>	177.154,10	32.453,60	18,3	118.762,90	67,0
<i>P. albipectus</i>	900.340,30	90.324,50	10,0	48.194,60	5,4
<i>P. orcesi</i>	356.068,50	7.415,90	2,1	48.980,00	13,8

## Mapas de distribución actual y nichos fundamentales

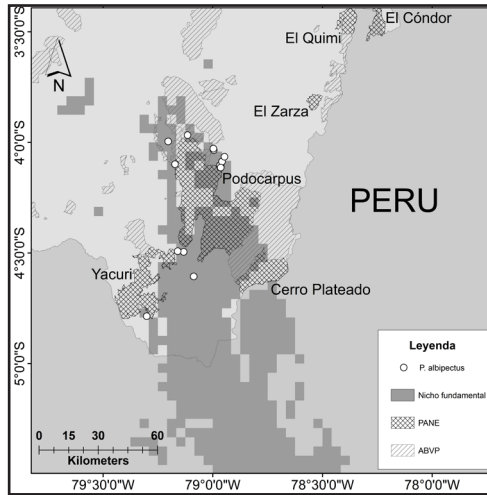
### Mapa 1 *Metallura baroni*



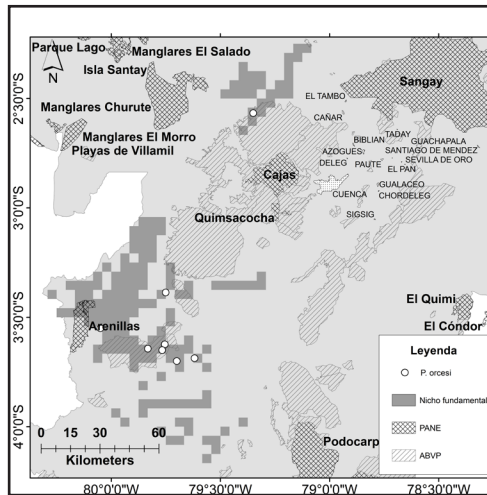
### Mapa 2 *Atlapetes pallidiceps*



**Mapa 3 *Pyrrhura albipectus***



**Mapa 4 *Pyrrhura orcesi***

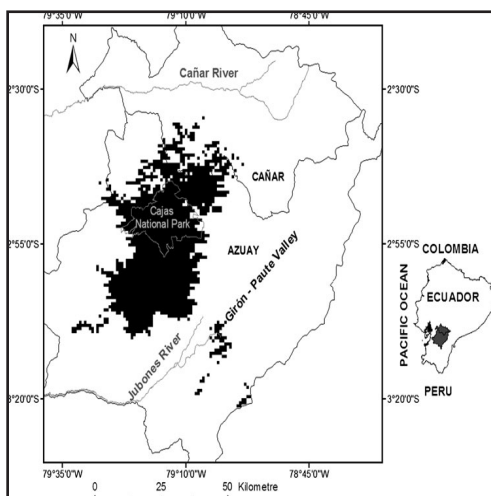


## Discusión

Los modelos de MAXENT han mostrado variados resultados de confianza y claridad. Sin embargo la metodología para crear los mapas de distribución usando el algoritmo de máxima entropía de MAXENT es muy alentadora; es un programa de fácil manejo y puede usar varias capas de información para correr los modelos.

### *Metallura baroni*

#### Mapa 5 Resultados de Tinoco et al. (2009)



Los resultados obtenidos para *Metallura baroni* muestran que estadísticamente es el mejor modelo. El mapa de nicho fundamental (Mapa 1) predicho se comparó con el estudio realizado por Tinoco et al. (2009) para esta especie (Mapa 5) siendo muy similar a pesar de que su modelo usaba 68 registros independientes, mientras que el utilizado en este estudio solamente tiene 18 registros independientes.



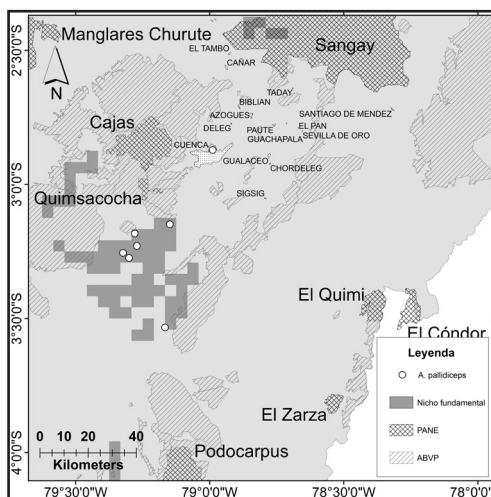
Este modelo funcionó mejor sin la capa de vegetación. Debido a que *M. baroni* es un generalista respecto del hábitat dentro de su rango de distribución (Tinoco et al. 2009). No es sorprendente que el hábitat no haya influido positivamente en la generación del modelo.

***Atlapetes pallidiceps***



El modelo para *A. pallidiceps* mostró buenos resultados. Este modelo funcionó mejor con la vegetación incluida. De acuerdo a Krabbe (2004), esta especie tiene una preferencia marcada por matorrales, lo que influiría en su distribución.

### Mapa 6 Nicho fundamental de *Atlapetes pallidiceps* sin punto extraño



### *Pyrrhura albipectus*

Este modelo no aportó resultados confiables; tenía bajos niveles de confianza porque los resultados de nicho fundamental se extendieron mucho más allá de los registros de la base de datos (el nicho realizado). Esta especie es generalista en cuanto a ocupación del hábitat (BirdLife Internacional 2012b), lo que explica por qué el modelo funcionó mejor sin los datos de vegetación. BirdLife Internacional (2012b) incluye además, dentro del área

de distribución de esta especie, a áreas de Podocarpus, Cordillera del Cóndor y Cordillera de Cutucú, donde no se cuenta con registros en la base de datos utilizada, lo que significa que el modelo está incompleto. También recientemente una pequeña población ha sido encontrada en Perú (Navarrete 2003).



### ***Pyrrhura orcesi***

Este modelo fue mejor con la inclusión de la vegetación, y se compara favorablemente con lo que BirdLife Internacional (2012c) describe de la especie en relación con su distribución, que se encuentra en las estribaciones occidentales de la cordillera de los Andes en el Sur Oeste del Ecuador y habita el bosque tropical muy húmedo. El modelo generado en este estudio predijo esto, y se encuentra su nicho fundamental dentro estas áreas. Como es una especie de hábitat restringido, se espera que los datos de vegetación afecten su modelo de distribución.



## **Parques nacionales y áreas de bosque y vegetación protectora**

Usando los datos de nicho fundamental podemos hacer un primer acercamiento hacia la cantidad del área de nichos fundamentales que están bajo protección estatal. Como el modelo de *Pyrrhura albipectus* fue poco confiable, no ha sido considerado profundamente en este análisis, pero la UICN dice que el Parque Nacional Podocarpus es una de las áreas más importantes por la presencia de esta especie (BirdLife Internacional 2012b).

BirdLife Internacional (2012a) sugiere que tenemos que cuidar el manejo del área de distribución de *Metallura baroni* y los resultados sugieren que esta especie está muy bien protegida en cuanto al área bajo protección. Tiene un rango restringido pero la mayoría está adentro del sistema de protección, especialmente ABVP. Entonces lo más importante para la conservación de esta especie



será monitorear y asegurar el correcto funcionamiento de las ABVP en donde se encuentra.

Este no es el caso para *Atlapetes pallidiceps*; solo el 7,0% de su nicho fundamental predicho está dentro la Sistema Nacional de Áreas Protegidas, y no hay registros reales actuales en áreas protegidas. Mientras este modelo tiene buenos niveles de confianza, realmente no muestra la situación real de esta ave – se encuentra únicamente en el área de Yunguilla en la reserva privada del mismo nombre, que actualmente se encuentra bajo altas presiones antropogénicas y biológicas. Los esfuerzos para su protección continúan en esta reserva, y su población está creciendo (Krabbe et al. 2010), lo que le deja en un grado de estatus de amenaza menor. Cuando llegue a su punto de saturación, necesitaremos encontrar sitios de dispersión adecuados para asegurar el crecimiento continuo de la población de esta especie.

Investigaciones bibliográficas demuestran que *Pyrrhura orcesi* también ha sido encontrado en el área de ABVP río Arenillas, presa Tahuin, y en la cordillera Chilla, en la ABVP Casacay, estas dos áreas están dentro el nicho fundamental predicho aunque en las bases de datos usadas no hay registros en estas áreas. Sin embargo su posible rango de distribución de acuerdo al modelo es mucho más amplio y solo 15,8% de su nicho fundamental está bajo algún tipo de protección.

Con este pequeño estudio podemos concluir cautelosamente que las especies de aves más importantes del Sur del Ecuador, siendo el único lugar del mundo donde se encuentran, no están adecuadamente protegidas dentro de las 1.841.000 hectáreas del SNAP y ABVPs.

Estas áreas no cubren las necesidades de conservación de al menos dos de las cuatro especies verdaderamente ecuatorianas analizadas en este estudio.

## **Modelos de nicho fundamental y MAXENT**

El método de modelación MAXENT es bastante eficaz, pero para su correcto funcionamiento se requieren de datos confiables y para que los modelos sean bastante robustos deben tener una cantidad suficiente de datos (Graham et al. 2007). Esto lo demuestra el análisis realizado con los registros de *Pyrrhura orcesi*; cuando no tenemos registros representativos de las áreas de ocupación, los modelos no mostrarán los nichos fundamentales reales (Scheldeman & Zonneveld 2010)(2010). De la misma manera, cuando tenemos puntos extraños o errados en la ubicación de los registros, como lo sucedido con *Atlapetes pallidiceps*, que mostró una localización errónea en la base de datos, equivocó la predicción de los nichos fundamentales, situación que fue notada gracias a la experiencia del equipo investigador. La modelación con vegetación produjo resultados lógicos, y se cree que su uso sería clave en cuanto a modelar áreas de importancia para la biodiversidad en general. Sin embargo el mapa usado en este caso fue de Sierra et al. (1999) que es de gran escala, y para modelar al nivel que se requiere se necesitarán datos mucho más finos o con mejor resolución.

## **Conclusiones**

Los modelos producidos por MAXENT fueron bastantes confiables, aunque como todo modelo su calidad depende de los datos usados. Con más especies dentro del modelo y con una capa de cobertura de vegetación más precisa, se podrían modelar los nichos fundamentales de las especies con más confianza, aunque para cada especie se requiere hacer una investigación profunda para asegurar que los resultados del modelo sean lógicos. Con más especies dentro del modelo se podría averiguar si las áreas protegidas cumplen con la Constitución vigente en el Ecuador y protegen la biodiversidad en general, aunque los resultados obtenidos en este estudio sugieren que no protegen dos especies de las cuatro investigadas en este artículo.

## **Agradecimientos**

Queremos agradecer a la Universidad del Azuay, por su apoyo vía Fondos UDA, a Vinicio Santillán por su ayuda con el SIG, y a todos los dueños de la información biológica, que han liberado sus datos para que pudiéramos usarlos.

## Referencias

- BirdLife Internacional, 2012a. *Metallura baroni*. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2. Available at: <http://www.iucnredlist.org/details/106002055/0> [Accessed March 7, 2013].
- BirdLife Internacional, 2012b. *Pyrrhura albipectus*. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2. Available at: <http://www.iucnredlist.org/details/106001601/0> [Accessed June 3, 2013].
- BirdLife Internacional, 2012c. Threatened Birds of the World. *IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2012.2. Available at: <http://www.iucnredlist.org/details/106001599/0> [Accessed March 6, 2013].
- Brito, D. & Grelle, C.E. V, 2006. Estimating Minimum Area of Suitable Habitat and Viable Population Size for the Northern Muriqui (*Brachyteles hypoxanthus*). *Biodiversity & Conservation*, 15(13), pp.4197–4210. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10531-005-3575-1>.
- Cuesta-Camacho, F. et al., 2006. *Identificación de vacíos y prioridades de conservación para la biodiversidad terrestre del Ecuador Continental*, Quito.
- Elith, J. et al., 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), pp.129–151. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x/full> [Accessed July 14, 2012].

- Gatti, A., Brito, D. & Mendes, S.L., 2011. How many lowland tapirs ( *Tapirus terrestris* ) are needed in Atlantic Forest fragments to ensure long-term persistence? *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 46(2), pp.77–84. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01650521.2011.562086>.
- Graham, C.H. et al., 2007. The influence of spatial errors in species occurrence data used in distribution models. *Journal of Applied Ecology*, 45(1), pp.239–247. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2664.2007.01408.x> [Accessed March 12, 2012].
- Graham, C.H. & Hijmans, R.J., 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography*, 15, pp.578–587. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1466-8238.2006.00257.x/full> [Accessed December 26, 2012].
- Hutchinson, M.F. & Bunting, A.H., 1987. Methods of generation of weather sequences. In *Agricultural environments. Characterization, classification and mapping*. CAB International, pp. 149–157. Available at: <http://www.cabdirect.org/sci-hub.org/abstracts/19880713542.html?resultNumber=5&q=do:“Agricultural+environments.+Characterization,+classification+AND+mapping”> [Accessed March 4, 2013].
- Instituto Nazca de Investigaciones Marinas et al., 2007. *Prioridades para la conservación de la Biodiversidad en el Ecuador continental*, Quito, Ecuador: Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional.

- Krabbe, N., 2004. Pale-headed Brush-finch *Atlapetes pallidiceps*: notes on population size, habitat, vocalizations, feeding, interference competition and conservation. *Bird Conservation International*, 14(02), pp.77–86. Available at: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0959270904000115](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0959270904000115) [Accessed March 5, 2013].
- Krabbe, N., Juiña, M. & Sornoza, A.F., 2010. Marked population increase in Pale-headed Brush-finch *Atlapetes pallidiceps* in response to cowbird control. *Journal of Ornithology*, 152(2), pp.219–222. Available at: <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s10336-010-0567-z> [Accessed March 7, 2013].
- Margules, C.R. & Pressey, R.L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, 405(6783), pp.243–253. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10821285>.
- Mateo, R., Felicísimo, Á. & Muñoz, J., 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia ...*, pp.217–240. Available at: [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2011000200008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-078X2011000200008&script=sci_arttext) [Accessed September 11, 2012].
- Navarrete, L., 2003. Neotropical Notebook: White-breasted parakeet *Pyrrhura albipectus*: a new record for Peru. *Cotinga*, 19, p.79.
- Organo del Gobierno del Ecuador, 1977. *Registro Oficial*, Ecuador. Available at: <http://web.ambiente.gob.ec/sites/default/files/archivos/PUBLICACIONES/BIODIVERSIDAD/RegistroOficialAcuerdosMinisteriales/cajas.pdf>.

- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190(3-4), pp.231–259. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030438000500267X> [Accessed March 8, 2012].
- Scheldeman, X. & Zonneveld, M. Van, 2010. *Training Manual on Spatial Analysis of Plant Diversity and Distribution*, Rome, Italy: Bioversity Internacional. Available at: [http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/1431\\_Training\\_manual\\_on\\_spatial\\_analysis\\_of\\_plant\\_diversity\\_and\\_distribution.final.pdf](http://www.bioversityinternational.org/fileadmin/bioversity/publications/pdfs/1431_Training_manual_on_spatial_analysis_of_plant_diversity_and_distribution.final.pdf).
- Sierra, R., Campos, F. & Chamberlin, J., 1999. *Areas Prioritarias Para La Conservacion De La Biodiversidad En El Ecuador Continental: Un Estudio Basado En La Biodiversidad De Ecosistemas Y Su Ornitofauna*, Quito: Ministerio de Medio Ambiente, Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, EcoCiencia y Wildlife Conservation Society.
- Stober, S.S., 2010. Ecuador: Mother Nature's Utopia. *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, 6(2), pp.229–240. Available at: <http://ijs.cgpublisher.com/product/pub.41/prod.656>.
- Tinoco, B.A. et al., 2009. Distribution, ecology and conservation of an endangered Andean hummingbird: the Violet-throated Metaltail ( *Metallura baroni* ). *Bird Conservation International*, 19(01), pp.63–76. Available at: [http://www.journals.cambridge.org/abstract\\_S0959270908007703](http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0959270908007703) [Accessed March 5, 2013].

Valutis, L., 2000. The Nature Conservancy's approach to prioritizing conservation action. *Environmental Science Policy*, 3(6), pp.341–346. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1462901100001118>.

Wielgus, R.B., 2002. Minimum viable population and reserve sizes for naturally regulated grizzly bears in British Columbia. *Biological Conservation*, 106(3), pp.381–388. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320701002658>.

### **Notas:**

1 Área en la zona sur (el área total del parque es 517.765 Ha).





[http://www.ecured.cu/index.php/Oso\\_de\\_Anteojos](http://www.ecured.cu/index.php/Oso_de_Anteojos)

# **SELECCIÓN DE INDICADORES APROPIADOS PARA DIAGNOSTICAR Y DETERMINAR TENDENCIAS EN LOS ECOSISTEMAS**

**Zárate, Edwin; Siddons, David**

Escuela de Biología, Ecología y Gestión  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Universidad del Azuay  
Correspondencia: ezárate@uazuay.edu.ec;  
dsiddons@uazuay.edu.ec

## Resumen

Los indicadores son medidas referenciales que muestran el desenvolvimiento de un proceso o la evaluación de una situación dada. Sin embargo, se ha determinado que los indicadores ecológicos de uso tradicional, como la riqueza y abundancia de especies no explican las tendencias de los ecosistemas, debido a que estos presentan una gran heterogeneidad y están sujetos a constantes cambios de origen antrópico y natural. Con el desarrollo de la ciencia se han buscado y se están aplicando nuevos indicadores que presentan varias ventajas en relación con los indicadores tradicionales. Este trabajo realiza una revisión de los indicadores y criterios que deben ser considerados al momento de tomar decisiones técnicas, políticas, y al momento de diseñar un programa de investigación y monitoreo de ecosistemas naturales.

**Palabras claves:** Indicadores ecológicos, monitoreo de ecosistemas, modelización, gradientes de estrés, especies sucedáneas.

## Abstract

Indicators are referential measures that show the development of a process or the evaluation of a given situation. However it has been demonstrated that the traditionally used ecological indicators, such as species richness and abundance do not explain the tendencies of ecosystems given that they present high heterogeneity and are subject to constant anthropic and natural change. With the development of the science new indicators have been sought and applied which offer several advantages over traditional indicators. This paper presents a review of indicators and criteria which should be considered when taking technical and political decisions or designing research and monitoring programs in natural ecosystems.

**Keywords:** Ecological indicators, ecosystem monitoring, modeling, stress gradients, surrogate species.

## Introducción

Los indicadores son medidas referenciales que muestran de manera cualitativa o cuantitativa el desenvolvimiento de un proceso o la evaluación de una situación dada. Cualquier indicador debe poseer características como: precisión, confiabilidad, ser demostrables y, sobre todo, fáciles de obtener. Estos indicadores deben posibilitar precisar la magnitud, intensidad, evolución y pronóstico de cambios o efectos de cambios en el ámbito de estudio. En biología y afines dos términos frecuentemente están usados indistintamente: indicadores ambientales e indicadores ecológicos, aunque los posteriores realmente son un subconjunto de indicadores dentro de los indicadores ambientales (Niemi & McDonald 2004).

Los indicadores ambientales engloban una cantidad grande de elementos ligados a impactos relacionados con actividades humanas, y sirven para detectar cambios a escalas tanto pequeñas como a nivel planetario. Son muy utilizados para la toma de decisiones y para el diseño de acciones de control ambiental; como los índices de sustentabilidad ambiental (ESI, por sus siglas en inglés) que han sido desarrollados para establecer comparaciones de condiciones ambientales internacionales y trabajan principalmente en cinco categorías: sistemas ambientales, reducción de tensiones ambientales, reducción de la vulnerabilidad humana, capacidad social e institucional, y custodia o control global (World Economic Forum 2002).

Los indicadores ecológicos, correctamente definidos, constituyen un subconjunto de los indicadores ambientales,

son las características medibles de la estructura (ej. genética, poblaciones, comunidades, patrones de paisaje), composición (ej. genética, poblaciones, comunidades, y tipos de paisaje), o funcionamiento (ej. genética, demográfica/ historia de vida, ecosistemas y patrones de disturbio de paisaje) de sistemas ecológicos (Niemi & McDonald 2004). Estos indicadores pueden ser subdivididos en categorías como condiciones bióticas, características físicas y químicas, procesos ecológicos y disturbio natural o antropogénico o divididos en indicadores ecológicos de estado, como variables de respuesta (ej., macroinvertebrados, anfibios, aves,) e indicadores de presión como factores de estrés (ej. concentraciones de fósforo y nitrógeno, sustancias tóxicas, fluctuaciones climáticas, cambios de caudales de agua). Sin embargo, según Niemi y McDonald (2004), el rol principal de los indicadores ecológicos es medir las respuestas de los sistemas ecológicos a disturbios antropogénicos y no necesariamente medir los factores estresantes específicos.

La información obtenida de los indicadores ecológicos puede ser usada para pronosticar las condiciones ambientales, como diagnóstico de las causas de cambios ambientales, medir la eficacia de actividades de remediación implementadas, y para diseñar actividades de restauración o prevención de impactos. La complejidad y los costos aumentan si aumentan las escalas espaciales y temporales y también cuando se trata de especificar más las relaciones entre el indicador y el factor de estrés, lo que constituye un reto importante para los científicos(Niemi & McDonald 2004).

Para el uso eficaz de indicadores se requiere la clara definición de objetivos, escalas espaciales y temporales,

variabilidad estadística, precisión y exactitud de los indicadores, enlaces con estresores específicos, además de acoplamiento con indicadores sociales y económicos. También deben ser sensibles a los cambios producidos por actividades humanas y predecir si existieran cambios en ecosistemas no intervenidos o que se encuentran en buen estado de conservación. Es importante también considerar los costos de los programas de monitoreo (Niemi & McDonald 2004).

Los indicadores ecológicos generalmente son desarrollados por científicos, y que en los últimos años han mejorado y/o aumentado por la incorporación de tecnología como técnicas moleculares, sistemas computacionales como sistemas de información geográfica y bases de datos; sin embargo estos muchas veces no son entendidos y los promotores y políticos necesitan que los indicadores sean entendidos por el público en general (Niemi & McDonald 2004).

Si bien los indicadores deben cumplir con varios requisitos (rendimiento científico, relevancia política, aceptación del público), el criterio final de elección es el que permita responder a la pregunta planteada y contar con la base científica subyacente (Niemi & McDonald 2004). Los costos de los sistemas de monitoreo e investigación con métodos tradicionales y que miden muchas variables, pueden ser muy costosos. Por lo que en la actualidad existe una tendencia a incorporar técnicas cada vez más sofisticadas que miden parámetros ambientales y que tienen una amplia aplicabilidad a través del tiempo, espacio y organización biológica (Cottingham 2002). Estos nuevos indicadores incluyen variables de respuestas novedosas y nueva tecnología; por ejemplo, índices de integridad

biológica (Karr et al. 1986), diversidad funcional (Mason & Mouillot 2013; Schleuter et al. 2010; Tilman 2001), análisis de pigmentos (Hill 2013), análisis genéticos (técnicas moleculares) (Ujvari & Belov 2011; O'Brien 1994), patrones de distribución y movilidad de especies (Halloy & Barratt 2007), y bioacústica (Blumstein et al. 2011; Acevedo & Villanueva-Rivera 2006).

Las preguntas, metas y objetivos de los proyectos de investigación y monitoreo determinan los indicadores ecológicos que deben ser usados, que pueden ir desde el nivel genético de individuos al nivel de paisaje o hasta el mundo entero.

### **Factor de estrés vs. variables de respuesta**

Las dificultades que presenta el uso de indicadores incluye: encontrar indicadores que a su vez reflejen con precisión los efectos de los factores de estrés, separar los factores de origen antropogénico de aquellos que son de disturbios o cambios naturales, y medir o cuantificar los efectos de factores de estrés que presentan toxicidad a los indicadores.

Una buena opción para cuantificar las respuestas de indicadores frente al estrés es mezclar experimentos de laboratorio con experimentos de campo. Sin embargo esto solo ha funcionado cuando recién se inicia en la construcción del indicador en un sitio dado; pero a medida que se aplica el indicador a escalas espaciales más grandes o en sitios no debidamente caracterizados, se suele necesitar enfoques adicionales. Enfoques estadísticos multivariados, nuevas técnicas de modelado, y/o agregación de otros indicadores, brindan valiosas

perspectivas en el comportamiento de los indicadores (Niemi et al. 2004).

Los experimentos controlados en laboratorio y de campo, para los factores de estrés susceptibles de manipulación (ej. sustancias tóxicas, nutrientes, turbidez), no son aptos para todos los factores de estrés. Para los factores de estrés de gran escala, tales como la introducción de especies exóticas, el cambio climático, la pérdida de hábitat, o cambios en el paisaje como la fragmentación, que no son fácilmente susceptibles de manipulación, son necesarios diseños experimentales de campo que permitan tener respuestas adecuadas frente a las gradientes de afección relacionadas con los diferentes factores de estrés y frente a los niveles de estrés que se podrían presentar, de tal forma que se permita entender la acción del factor perturbador con la respuesta ecológica (Danz et al. 2005). Por lo que acoplar los enfoques de los métodos de laboratorio y de campo es esencial para el futuro desarrollo de indicadores de respuesta apropiados (Niemi et al. 2004)

## **Múltiples factores de estrés**

En todos los ecosistemas el estrés se origina por la presencia combinada de perturbaciones de origen antropogénico y natural. Las de origen antropogénico principalmente se deben al cambio de usos de suelo, destrucción de hábitat y la contaminación por actividades productivas, mientras que las de origen natural podemos decir son eventos climáticos inusuales o extremos, aunque también podemos agregar al calentamiento climático como un efecto combinado; pero de escala global y que se manifiesta de formas aún desconocida en cada una de las regiones del planeta.

Lógicamente estas perturbaciones deberían ser estudiadas por separado para apreciar sus efectos individuales; pero es muy complicado, hasta imposible, excepto a escalas pequeñas o muy locales. Muchas veces se presentan efectos sinérgicos o antagónicos sobre las respuestas biológicas que hace la caracterización de los efectos de múltiples factores de estrés en cualquier ecosistema una de las tareas más difíciles que enfrentan los científicos hoy en día. Por lo que esclarecer los diversos efectos probablemente requerirá una combinación de experimentos controlados de laboratorio, estudios a gran escala sobre las gradientes multidimensionales de estrés, y la modelización detallada de las respuestas de los ecosistemas y el cambio (Niemi et al. 2004)

Por estas dificultades, en las últimas décadas se ha incrementado el uso de indicadores novedosos que ofrezcan la posibilidad de representar efectos individuales y sinérgicos de los factores de estrés, entre los que podremos mencionar a los biomarcadores que representan respuestas funcionales, fisiológicas o bioquímicas a nivel celular o interacciones moleculares que un organismo, una población o una comunidad refleja frente a agentes de estrés potencial, sea químico, físico o biológico (Toro-Restrepo 2011). Aunque a mayor nivel de organización la sensibilidad, especificidad y precisión de las respuestas medidas a través de los biomarcadores suelen disminuir, la relevancia ecológica de los mismos aumenta (Bozo et al. 2007).

Muchas de estas especies han sido consideradas como indicadoras por ser carismáticas, por tanto han despertado estados de alerta en la sociedad preocupada por su



conservación, lo que ha sido aprovechado para generar proyectos de manejo y conservación. Existen varios tipos de especies sucedáneas siendo las más conocidas las especies indicadoras, banderas, paraguas, y claves (Noss 1990; Isasi-Catalá 2011).

## **Las especies como indicadores ecológicos**

Debido a la dificultad de medir la biodiversidad de algún ecosistema, o comparar un área de otra, a nivel de especies, los indicadores ecológicos más comunes son las denominadas especies sucedáneas o indicadoras de algún estado del hábitat o la biodiversidad (Isasi-Catalá 2011; Lewandowski et al. 2010). Estas están usadas como indicadoras del estado de los ecosistemas y/o sus componentes bajo el supuesto que el buen estado de sus poblaciones están encadenadas con la presencia de un gran número de especies de otros taxones relacionados y con hábitats en buen estado de conservación (Noss 1990; Lewandowski et al. 2010).

Debido a que existe una confusión en sus definiciones, alcances y en muchos casos no está verdaderamente comprobado su funcionamiento como indicadoras (Favreau et al. 2006), se ha generado una polémica en cuanto a su uso. Algunos autores defienden su utilidad como herramientas de seguimiento y para resolver problemas de conservación, mientras que otros mencionan que son solo símbolos y no resuelven los verdaderos problemas de conservación en los sistemas biológicos naturales, porque no se está de acuerdo en lo que realmente indican, por falta de exactitud y porque aún no se resuelve cuáles son las mejores especies indicadoras (Simberloff 1998). Sin

embargo, su uso es común gracias a sus características de sensibilidad frente a factores de estrés y pueden ser utilizadas para estimar las condiciones ambientales o el estado de otras especies. Según su uso pueden ser clasificadas como: i) indicadoras de cambios ambientales o de salud de los ecosistemas, ii) indicadoras de cambios poblacionales, iii) e indicadoras de alta biodiversidad.

Inicialmente estas especies fueron utilizadas para señalar problemas de contaminación o toxicidad dada su sensibilidad, los primeros indicadores fueron los líquenes, invertebrados y peces (Isasi-Catalá 2011). Su uso se ha expandido para medir la salud de ecosistemas, esencialmente para caracterizar resultados de otras actividades antropogénicas como la pérdida de hábitats, donde son muy utilizadas las aves, insectos y briofitas.

Los cambios de poblaciones dentro de un ecosistema pueden ser difíciles de medir debido a que algunas especies no se prestan para contar y medir fácilmente. Indicadores más fáciles de cuantificar pueden ser utilizados para estimar las variaciones de otras poblaciones de especies con las que coexisten, debido al solapamiento de nichos, porque pertenecen al mismo gremio o grupo funcional, o porque están muy relacionadas debido a relaciones mutualistas o predador-presa (Noss 1990; Isasi-Catalá 2011).

Las especies indicadoras de biodiversidad son consideradas como tal debido a que los patrones de distribución de éstas ocupan áreas con alta riqueza de especies, especificidad de hábitat, y cuya presencia es un buen estimador de especies simpátricas. Dentro de este grupo destacan las aves, mariposas, escarabajos, briofitas y plantas vasculares (Isasi-Catalá 2011).

## Especies bandera

Estas especies son carismáticas y son las que despiertan los estados de alerta y preocupación de la sociedad y de los gobiernos. Son pocos los atributos que tienen como indicadores en sí pero son de gran utilidad al momento de atraer donantes y fondos gubernamentales para la implementación de programas de conservación, aunque su uso puede mejorar si son sensibles a algún tipo de perturbación. Los mejores ejemplos son el lobo (*Canis lupus*), tapir (*Tapirus spp*), puma (*Puma concolor*) y el panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*).



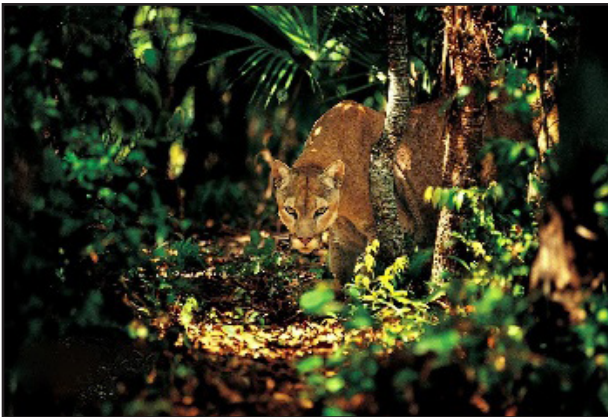
*Canis lupus*

<http://www.art.com/products/p14420725-sa-i3024572/jim-and-jamie-dutcher-eight-week-old-gray-wolf-pups-canis-lupus-spar-with-each-other.htm>



*Juvenile-Bairds-tapir*

<http://www.arkive.org/bairds-tapir/tapirus-bairdii/image-G115385.html>



*Puma\_\_(Puma\_concolor)\_Wallpaper\_uhlt1*

[http://www.scenicreflections.com/media/281378/Puma\\_\\_\(Puma\\_concolor\)\\_Wallpaper/](http://www.scenicreflections.com/media/281378/Puma__(Puma_concolor)_Wallpaper/)

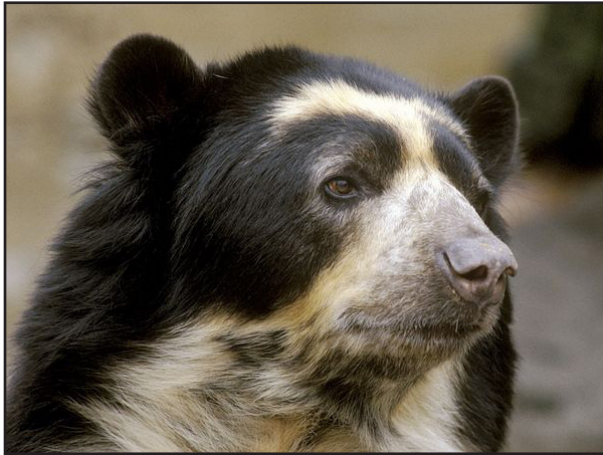


**800px-Grosser\_Panda**

[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Grosser\\_Panda.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Grosser_Panda.JPG)

## **Especies Paraguas**

Estas especies son seleccionadas como tal ya que requieren de grandes extensiones de terreno para el mantenimiento de poblaciones mínimas viables, por lo que garantizar la conservación de éstas supone la conservación de otras especies simpátricas del mismo gremio y que comparten los mismos hábitats (Favreau et al. 2006). Han sido muy utilizadas para el diseño y delimitación de áreas protegidas, como es el caso, en parte, del parque Nacional Llanganates y el área de distribución del oso andino (*Tremarctos ornatus*)(Josse et al. 2000). En algunos casos las áreas requeridas para proteger estas especies son demasiados grandes por lo que no se ha podido proteger todo lo necesario, como es el caso del oso pardo (*Ursus arctos*) ya que sería el costo muy alto y podría, por ejemplo, abarcar el 34 % de todo el estado de Idaho EEUU. (Noss 1990).



*Tremarctos ornatus*

<http://animals.nationalgeographic.com/animals/mammals/spectacled-bear/>



*ursus\_arctos\_beringianus1*

[http://www.bearsoftheworld.net/kamchatka\\_brown\\_bears.asp](http://www.bearsoftheworld.net/kamchatka_brown_bears.asp)

Estas especies, debido a sus amplios rangos de distribución, ofrecen la posibilidad del establecimiento de corredores biológicos para conectar reservas relativamente aisladas. En general las especies consideradas en este tipo son grandes, sensibles a perturbaciones antropogénicas, y con largos tiempos generacionales, como es el caso de las aves carnívoras grandes. Este también es el caso del oso andino (*Tremarctos ornatus*) que ha sido propuesto como especie paraguas para el diseño de corredores para que integren áreas protegidas en los Andes de Sudamérica (Yerena 1994).

### **Especies clave**

Estas especies son las que ejercen influencia no solo sobre otras poblaciones, sino también sobre la estructura y función de los sistemas naturales (Simberloff 1998). Estas son capaces de controlar poblaciones con potenciales de volverse plagas, permitir que otras especies se desarrollen, modificar ecosistemas (como el caso de los castores, que crean represas), y proveer de recursos. Sin embargo, para que las especies claves sean sucedáneas deben tener otras características como presentar una sensibilidad estable a las perturbaciones ambientales (Isasi-Catalá 2011).

El valor de las especies sucedáneas en el monitoreo, evaluación y conservación de ecosistemas es difícil de manejar, y estas especies pueden presentar, no solo una de las características manifestadas, sino varias, por lo que se debe tomar en cuenta muy bien los objetivos que se persiguen para seleccionar alguna especie como sucedánea.

## **Escalas espaciales y temporales**

Es necesario considerar que en la naturaleza existe una gran heterogeneidad y presupone que su funcionamiento está explicado por procesos que se llevan a cabo en diferentes escalas espacio-temporales, y que los procesos ecológicos son dependientes de la escala (Galicia & Zarco 2002). Por ende, el entendimiento y explicación de la dinámica y estructura de los ecosistemas requiere de conocimientos de fenómenos que ocurren en diferentes escalas espacio-temporales (Holling 1992).

Para determinar tendencias o patrones que suceden en la naturaleza se requieren de indicadores y métodos con poder de generalización a estas diferentes escalas, lo que constituye un reto grande ya que se necesita desarrollar técnicas de muestreo y modelización apropiados. Los métodos tradicionales (hipotético - deductivo) han tenido enfoques reduccionistas ya que se pensaba que el entendimiento de una de las partes de la naturaleza ofrece la comprensión de la misma como un todo y ha concebido una naturaleza, estática y homogénea (Galicia & Zarco 2002). Estos estudios realizados a escalas locales sí han servido para establecer relaciones causa-efecto de algunos procesos ecológicos y han servido para iniciar la construcción de un determinado indicador, pero a medida que este indicador se aplica a escalas espaciales más grandes para determinar tendencias o patrones, a veces debido a la heterogeneidad innata de la naturaleza no presta el servicio adecuado y más bien se manifiesta como un indicador aislado, por lo que se necesitan enfoques adicionales que pueden incluir estadísticas multivariados, nuevas técnicas de modelado o agregación de varios indicadores (Niemi & McDonald 2004; Niemi et al. 2004).



Sin embargo, debido a la falta de recursos la mayoría de programas de monitoreo de ecosistemas son establecidos en sitios estratégicos a una escala pequeña y se obtienen tendencias solo de estos sitios que a menudo son aislados. La mayoría de esta información sirve para medir variabilidad temporal y relaciones mecanicistas en el sitio de trabajo. Por la falta de recursos los investigadores, hoy en día, están obligados a integrar una selección de indicadores ecológicos en su diseño inicial del estudio para facilitar la inferencia de tendencias a escalas más grandes, con datos obtenidos de experimentos ubicados en lugares estratégicos (Niemi et al. 2004).

## **Conclusiones**

Las preguntas, las metas y los objetivos de los proyectos de investigación y monitoreo son los que determinan los indicadores ecológicos que deben ser usados. Que pueden ir desde el nivel genético a nivel de paisaje. Sin embargo, los criterios finales para escoger los indicadores son los que respondan a la pregunta planteada y que tengan el respaldo científico subyacente.

Las escalas espaciales y temporales son aspectos que hoy en día no se pueden descuidar. Los cambios que se dan en la naturaleza y sus respuestas pueden suceder muy lentamente y muchas veces las respuestas no son mecanicistas ni lineales, por lo que establecer procesos de investigación y monitoreo es fundamental. Sobre todo para determinar las tendencias y adaptaciones del medio frente a cambios climáticos y disturbios.

Se requiere hacer énfasis que en los últimos años existe un cambio de métodos y variables a ser medidos al

momento de diseñar estudios y programas de monitoreo. Antes se daba mucho énfasis a la riqueza y abundancia de las especies y se consideraba que estas variables eran las más importantes y que podían dar respuestas a las preguntas planteadas. Sin embargo hoy se da mayor importancia a nuevos indicadores que ofrecen ventajas en la precisión de las respuestas frente al cumplimiento de objetivos, y respuestas a las preguntas planteadas. Por ejemplo los estudios de diversidad funcional de los ecosistemas, que depende de la ocupación de nichos por parte de las especies; la estructura de comunidades y patrones de distribución de las especies, ya que depende de la disponibilidad de recursos e interacciones bióticas; estudio de interacciones y dinámica de ecosistemas, como los procesos de polinización, dispersión de semillas, uso de recursos; uso de biomarcadores al momento de establecer los efectos de agentes estresantes que ingresan a los ecosistemas; estudios moleculares para establecer efectos de toxicidad, aislamiento, hibridación y pérdida de variabilidad genética de poblaciones.

Debemos estar claros que el buen funcionamiento o el equilibrio de la naturaleza provee los servicios ecosistémicos y que el monitoreo de éstos debe iniciar con el monitoreo de indicadores de la integridad de los ecosistemas y no solamente el monitoreo de los servicios como tales, que puede tener solo una visión utilitaria, como cantidad y calidad de agua, tipo y cantidad de madera de un bosque, entre otros. Esto es importante considerar para que se refleje en las decisiones técnicas, políticas, y al momento de diseñar programas de investigación por parte de universidades e institutos de investigación.

## Bibliografía

- Acevedo, M. A. & Villanueva-Rivera, L.J., 2006. Using Automated Digital Recording Systems as Effective Tools for the Monitoring of Birds and Amphibians. *Wildlife Society Bulletin*, 34(1), pp.211–214. Available at: [http://doi.wiley.com/10.2193/0091-7648\(2006\)34\[211:UADRSA\]2.0.CO;2](http://doi.wiley.com/10.2193/0091-7648(2006)34[211:UADRSA]2.0.CO;2) [Accessed April 15, 2012].
- Blumstein, D. T. et al., 2011. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), pp.758–767. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2664.2011.01993.x> [Accessed March 20, 2014].
- Bozo, L. et al., 2007. Biomarcadores de contaminación química en comunidades microbianas. *Interciencia*, 32(1), pp.8–13. Available at: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442007000100004&lng=es&nrm=iso&tng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000100004&lng=es&nrm=iso&tng=es) [Accessed April 16, 2014].
- Cottingham, K.L., 2002. Tackling Biocomplexity: The Role of People, Tools, and Scale. *BioScience*, 52(9), p.793. Available at: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Tackling+Biocomplexity+:+The+Role+of+People+,+Tools+,+and+Scale#3> [Accessed April 23, 2014].
- Danz, N. P. et al., 2005. Environmentally stratified sampling design for the development of Great Lakes environmental indicators. *Environmental monitoring and assessment*, 102(1-3), pp.41–65.
- Favreau, J. M. et al., 2006. Recommendations for Assessing the Effectiveness of Surrogate Species Approaches. *Biodiversity and Conservation*, 15(12), pp.3949–3969.

- Galicia, L. & Zarco, A. E., 2002. El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología. *Ciencias*, (67), pp.34–40.
- Halloy, S. R. P. & Barratt, B. I. P., 2007. Patterns of abundance and morphology as indicators of ecosystem status: A meta-analysis. *Ecological Complexity*, 4(3), pp.128–147. Available at:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1476945X0700058X> [Accessed April 23, 2014].
- Hill, M. J., 2013. Vegetation index suites as indicators of vegetation state in grassland and savanna: An analysis with simulated SENTINEL 2 data for a North American transect. *Remote Sensing of Environment*, 137, pp.94–111. Available at:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425713001971> [Accessed April 7, 2014].
- Holling, C. S., 1992. Cross-Scale Morphology, Geometry, and Dynamics of Ecosystems. *Ecological Monographs*, 62(4), p.447. Available at:  
<http://www.jstor.org/stable/2937313?origin=crossref> [Accessed April 16, 2014].
- Isasi-Catalá, E., 2011. LOS CONCEPTOS DE ESPECIES INDICADORAS , Y ABUSO EN ECOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN. *Interciencia*, 36, pp.31–38.
- Josse, C., Mena Vásconez, P. & Medina, G. eds., 2000. La biodiversidad de los Páramos. Serie Páramo 7. Serie Pára., Quito: GTP/Abya Yala.
- Karr, J. R. et al., 1986. Assessing biological integrity in running waters: A Method and its Rationale. *Illinois Natural History Survey Special Publication* 5, p.28. Available at:  
[http://limnoreferences.missouristate.edu/assets/limnoreferences/Karr\\_et\\_al.\\_1986.pdf](http://limnoreferences.missouristate.edu/assets/limnoreferences/Karr_et_al._1986.pdf) [Accessed April 23, 2014].

- Lewandowski, A. S., Noss, R. F. & Parsons, D. R., 2010. The effectiveness of surrogate taxa for the representation of biodiversity. *Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology*, 24(5), pp.1367–77. Available at:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20455907> [Accessed March 20, 2012].
- Mason, N. W. H. & Mouillot, D., 2013. Functional Diversity Measures. In E.-C. S. A. Levin, ed. *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*. Academic Press, pp. 597–608. Available at:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123847195003567>.
- Niemi, G. et al., 2004. Rationale for a New Generation of Indicators for Coastal Waters. *Environmental Health Perspectives*, 112(9), pp.979–986. Available at:  
<http://www.ehponline.org/ambra-doi-resolver/10.1289/ehp.6903> [Accessed March 20, 2014].
- Niemi, G. J. & McDonald, M. E., 2004. APPLICATION OF ECOLOGICAL INDICATORS\*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), pp.89–111.
- Noss, R. F., 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology*, 4(4), pp.355–364. Available at:  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.1990.tb00309.x/abstract> [Accessed March 22, 2012].
- O'Brien, S. J., 1994. A role for molecular genetics in biological conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 91(13), pp.5748–5755.
- Schleuter, D. et al., 2010. A user's guide to functional diversity indices. *Ecological Monographs*, 80(3), pp.469–484.

Available at:

<http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/08-2225.1>  
[Accessed August 16, 2013].

Simberloff, D., 1998. Flagships, umbrellas, and keystones: Is single-species management passe in the landscape era? In *Biological Conservation*. pp. 247–257.

Tilman, D., 2001. Functional diversity S. A. Levin, ed. *Encyclopedia of Biodiversity*, 3(3), pp.109–120. Available at:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-59702009000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702009000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt).

Toro-Restrepo, B., 2011. Uso de los Biomarcadores en la Evaluación de la Contaminación. *Luna Azul*, (32), pp.121–127. Available at:  
[http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul32\\_09.pdf](http://200.21.104.25/lunazul/downloads/Lunazul32_09.pdf)  
[Accessed April 16, 2014].

Ujvari, B. & Belov, K., 2011. Major histocompatibility complex (MHC) markers in conservation biology. *International journal of molecular sciences*, 12(8), pp.5168–86. Available at:  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3179158&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> [Accessed March 27, 2014].

World Economic Forum, 2002. 2002 Environmental Sustainability Index. Annu. Meet., Global Leaders of Tomorrow Environment Task Force, World Economic Forum. Yale Center for Environmental Law and Policy, Yale University. Center for International Earth Science Information Network, Columbia University., p.82. Available at:  
[http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/esi/ESI2002\\_21MAR02a.pdf](http://sedac.ciesin.columbia.edu/es/esi/ESI2002_21MAR02a.pdf) [Accessed April 23, 2014].

Yerena, E., 1994. *Corredores Ecológicos en los Andes de Venezuela*, Caracas: Editorial Torino.



<http://www.forosecuador.ec/forum/ecuador/viajes-y-turismo/2020-parque-nacional-cajas-cuenca>

## **EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y EL AMBIENTE**

**Delgado, Omar; Martínez, Julia**  
Correspondencia: [odelgado@uazuay.edu.ec](mailto:odelgado@uazuay.edu.ec),  
[jumartinez@uazuay.edu.ec](mailto:jumartinez@uazuay.edu.ec)

## **RESUMEN**

En el presente documento se hace un análisis y reflexión sobre la gestión del ambiente y su transversalidad en la planificación como un caso puntual en el cantón Cuenca. Resulta en los tiempos actuales imposible hablar de organización territorial sin considerar y analizar sus componentes, sin conocer el comportamiento de la población, los asentamientos humanos, el medio físico, biótico, las relaciones ya sean productivas, comerciales, los servicios que son de primera necesidad (agua potable y saneamiento), su cultura, patrimonio, en general sus potencialidades y sus problemas. El ordenamiento territorial se torna imprescindible para dirigir o guiar la actuación de la población, fijándonos como principios de conducta el respeto a la vida, a la naturaleza, el uso de los recursos manteniendo el equilibrio y su capacidad de regeneración.

En la actualidad se habla de un ordenamiento ecológico, creemos que este concepto se aplica en buena medida al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca –PDOT- formulado en el cantón Cuenca que consideró el componente ambiental en todo el proceso de formulación, desde el diagnóstico hasta la planificación resultante.

**Palabras clave.-** Cuenca, ambiente, ordenamiento territorial



# LAND USE REGULATIONS AND THE ENVIRONMENT

## ABSTRACT

This paper is an analysis and reflection on environmental management and its transversal condition in planning as a specific case in the Canton Cuenca. It is impossible in current times to speak of territorial organization without considering and analyzing its components, without knowing the behavior of the population, the human settlements, the environment, the biotic environment, the productive or business relations, the utility services (water and sanitation), its culture, heritage, and in general its potential and its problems. Land use planning becomes essential to direct or guide the actions of people, setting as principles of ethical behavior respect for life, nature, the use of resources while maintaining balance and its ability to regenerate.

Today we speak of an ecological system. We believe that this concept applies largely to the Development Plan and Land Use planning of the Canton of Cuenca-PDO. This was made in the canton of Cuenca considering the environmental component through the entire development process, from the diagnosis to the resulting planning.

**Keywords:** Cuenca, Environment, Land-Use regulations

## INTRODUCCIÓN

Una de las formas de planificar el uso y ocupación del suelo es a través del ordenamiento territorial concebido como la identificación, distribución y organización de las actividades humanas en el territorio, de acuerdo con las prioridades determinadas.

La gestión del ambiente no puede estar desvinculada de la gestión del territorio, de los recursos naturales de manera integral, lo que implica romper la lógica sectorial para ser tratados como un todo. La ordenación del territorio es una función de la administración pública, de carácter integral. (Gómez Orea, 2012).

Si bien el ambiente abarca los componentes físicos, químicos, biológicos, perceptuales, socioeconómicos, culturales; el territorio es el escenario en el cual se desenvuelven e interactúan, por lo tanto la responsabilidad es territorial (gobiernos seccionales, sociedad en general) en el manejo del ambiente, de los recursos naturales, hídricos, calidad ambiental, recursos forestales, biodiversidad y mineros.

La Constitución de la República del Ecuador garantiza que los conceptos descritos se apliquen, a través de un conjunto de artículos que establecen los derechos y responsabilidades de la población y de la naturaleza, como es el derecho de la población a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza (Art. 66, literal 27); y de la naturaleza a través de los deberes de la población a respetar los derechos de la naturaleza, a preservar el

ambiente sano, a utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (Art. 83, numeral 6). Un principio fundamental es el que se establece en el Art. 395, literal 2, el cual expresa: “Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional, así mismo la gestión del patrimonio natural y ecosistemas, se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley (Art. 404).

A partir de estos preceptos se construye el ordenamiento territorial cantonal, se lo concibe como la oportunidad de proteger los recursos naturales y solucionar los problemas socio- territoriales que a lo largo de las últimas décadas se han manifestado con una alteración ecológica, ambiental y social. Se ha implantado un modelo de consumo abusivo de los recursos naturales sin tener en cuenta el equilibrio ecológico de regeneración, los campos se han despoblado, la población ha emigrado generando en las ciudades un crecimiento poblacional desordenado.

## **LA EXPERIENCIA DEL PDOT DEL CANTÓN CUENCA**

El PDOT del cantón Cuenca incorpora el eje ambiental de manera transversal a lo largo de todo el proceso de su formulación, éste se manifiesta desde el diagnóstico, el planteamiento de una visión a largo plazo que propende a un desarrollo integrado, articulado entre el territorio, sus potencialidades y vocación.

La finalidad del PDOT del cantón Cuenca es:

“Lograr una relación armónica entre la población y el territorio: equilibrada y sostenible, segura, favorecedora de la calidad de vida de la población, potenciando las aptitudes y actitudes de la población, aprovechando adecuadamente los recursos del territorio, planteando alianzas estratégicas y territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo; fomentando la participación activa de la ciudadanía, diseñando y adoptando instrumentos y procedimientos de gestión que permitan ejecutar acciones integrales y que articulen un desarrollo integral del territorio en el contexto local, regional, nacional y mundial”, (PDOT – 2011).

Para articular el eje ambiental en el PDOT se partió del conocimiento del medio a detalle, sobre la base de la información del medio inerte, con la colaboración de la empresa ETAPA-EP, DIFORPA, INAMHI. Se contó con datos relacionados con las precipitaciones, nubosidad, temperatura, infraestructura de saneamiento, agua potable, telecomunicaciones, tipos de bosque, diversidad, endemismo.

Otros factores previos a establecer el diagnóstico fueron la calidad del aire, del agua. Se levantó la información relacionada con la oferta del recurso hídrico estableciendo ríos, quebradas, áreas de humedales. También se realizó un estudio a detalle de la geomorfología del cantón, sus formas, pendientes, la geología, tipos de suelo; se evaluó la aptitud del mismo para distintos usos como por ejemplo el forestal, cultivos, etc.

**Cuadro N° 1**  
**Cantón Cuenca: Cobertura vegetal y uso del suelo**

<b>Tipo de cobertura</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Cuerpo de agua natural	1968,9	0,54
Agua artificial	44,4	< 0,01
Ríos	132,4	0,04
Área urbana continua	2900,5	0,79
Área urbana discontinua	3859,1	1,05
Área industrial y comercial	163,1	0,04
Aeropuertos	33,5	< 0,01
Área de verde urbano	41,4	< 0,01
Área de deporte y tiempo libre	51,6	< 0,01
Área quemada	2318,3	0,63
Arbustos	43956,7	11,99
Bosque natural	83116,9	22,68
Bosque pluvial subalpino	4499,9	1,23
Área cultivada	6987,1	1,91
Cultivo ciclo corto	11988,4	3,27
Cultivos anuales	217,3	0,06
Cultivos multianuales	6523,3	1,78
Páramo de pajonal	88496,1	24,14
Páramo sobre roca desnuda	16230,9	4,43
Humedales	13357,2	3,64
Pastizal	25571,3	6,98
Pastizal cultivado	22663,8	6,18
Suelo degradado	3385,9	0,92
Caminos	943,9	0,26
Nube	26686,6	7,28
Sombra	394,5	0,11
<b>TOTAL</b>	<b>366533,0</b>	<b>100</b>

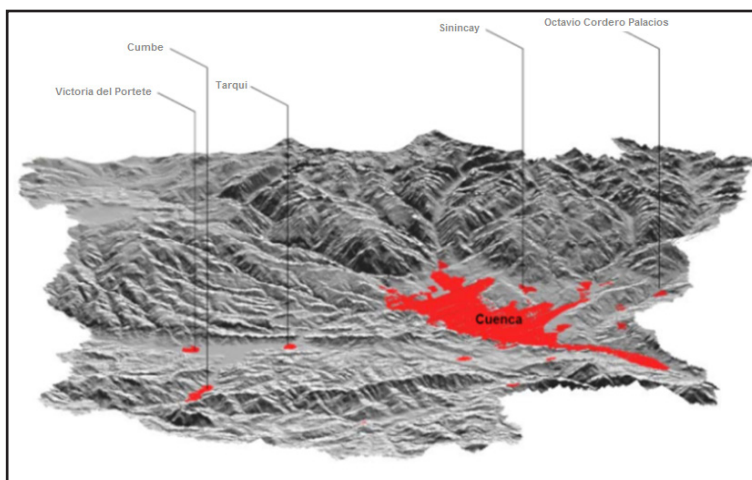
Fuente: Cobertura vegetal a partir de imágenes satélite  
RapidEye, 2009 - 2010

Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011



Otro factor ambiental analizado y que forma parte del diagnóstico del ordenamiento territorial es el paisaje que, en términos generales, indica que el cantón Cuenca cuenta con una belleza paisajística y escénica de excepcionales características. Está enmarcado en la cordillera occidental del Sur de los Andes ecuatorianos.

**Figura N° 1**  
**Aspecto del relieve del cantón Cuenca desde la vertiente amazónica**



La gran mayoría de zonas paisajísticamente valiosas por sus características naturales deben ser convenientemente protegidas y gestionadas.

De manera sectorial se estudió a la población y sus actividades, así como los equipamientos, infraestructura, riesgos, patrimonio cultural y el componente social. Sobre este marco se establecieron, de manera participativa con la ciudadanía, los principales problemas en el cantón y sus potencialidades.

Los riesgos en el territorio cantonal también fueron analizados, según el proyecto PRECUPA (Prevención de la cuenca del Paute, 1995) los riesgos identificados son los siguientes:

**Cuadro N° 2  
Detalle de riesgos en el cantón Cuenca**

<b>Riesgos PRECUPA</b>	<b>ha</b>
Deslizamientos	3574,2
Geológicamente inestables	1062,0
Márgenes de protección	844,8
Protección natural	733,8
Limitación topográfica	403,4
Derrumbes	317,3
Inundación	119,0

Fuente: PRECUPA

Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011

Con relación al patrimonio se evaluaron los bienes patrimoniales tangibles, los cuales comprenden: restos arqueológicos, edificaciones patrimoniales, museos, centros de arte, galerías, zoológicos.

En lo que tiene que ver con el aspecto económico se hace un análisis del sector agropecuario en el cual se determina que en el cantón hay predominio de la economía de subsistencia, un sector primario con niveles bajos de producción y productividad. En las empresas pequeñas y medianas se concluye que tienen un bajo nivel de competitividad, falta de suelo industrial. La concentración de la industria, comercio y servicios se ubica principalmente en el área urbana de Cuenca. El sector turístico ha guiado sus esfuerzos a promocionar la cultura y tradiciones de la



ciudad, en tanto que hay una carencia de promoción de sus recursos naturales.

De manera general se analizaron los sistemas de asentamientos humanos e infraestructuras, se evaluaron las infraestructuras, telecomunicaciones, energía, agua y saneamiento ambiental, manejo de desechos sólidos, vivienda, equipamientos.

El PDOT contempló en su elaboración los componentes del ambiente, al inicio de manera sectorial, pero su evaluación y manejo posterior fue integral.

## **UNIDADES AMBIENTALES**

Los estudios sectoriales desarrollados y el levantamiento a detalle de información primaria y secundaria del medio circundante, consideraron criterios ecológicos, científicos, culturales, paisajísticos, funcionales y productivos; sirvieron para establecer las unidades ambientales, las mismas que son entendidas como: “Porciones del territorio homogéneas que se comportan como la proyección externa de un ecosistema que subyace, y se adoptan como unidades básicas en el diagnóstico del medio físico a lo largo de todo el proceso de toma de decisiones. (PDOT, 2011)”. A partir de las unidades ambientales se pudo definir las categorías de ordenación del territorio, que son la base para la formulación de los usos y ocupación del suelo.

Con las unidades ambientales se realiza una lectura del medio, es decir, se pretende entender el sistema territorial conformado por los elementos y procesos del medio

natural con el propósito de comprender e interpretar el estado del territorio, para identificar las actividades que pueden darse en él y que constituyen el sustento del desarrollo económico, social y ambiental, generando empleo, riqueza, cuidado ambiental, lo que lleva a una mejor calidad de vida.

Las unidades ambientales en el cantón Cuenca se encuentran definidas por la cobertura vegetal en combinación con las pendientes (porcentaje); atendiendo a criterios ecológicos, científicos, culturales, paisajísticos, funcionales y productivos. A su vez la información de la cobertura vegetal fue validada en el terreno y la delimitación de cada unidad se efectuó sobre imágenes de satélite de resolución espacial de 1m, 2,5m y 5m.

**Cuadro N° 3**  
**Unidades ambientales (UA) en el cantón Cuenca**

Sistema satelital	Resolución espacial	Fecha
Ikonos	1 m, fusión multiespectral con pancromática	2008.01.10 (*000)
		2008.03.27 (*001)
		2009.09.13 (*.002, *003)
Spot	2,5 m, banda pancromática	2006
RapidEye	5 m, bandas multiespectrales	2009, 2010

Fuente: Imágenes satélite Ikonos, 2008 – 2009; Spot 2006; Rapid Eye 2009 - 2010

Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011

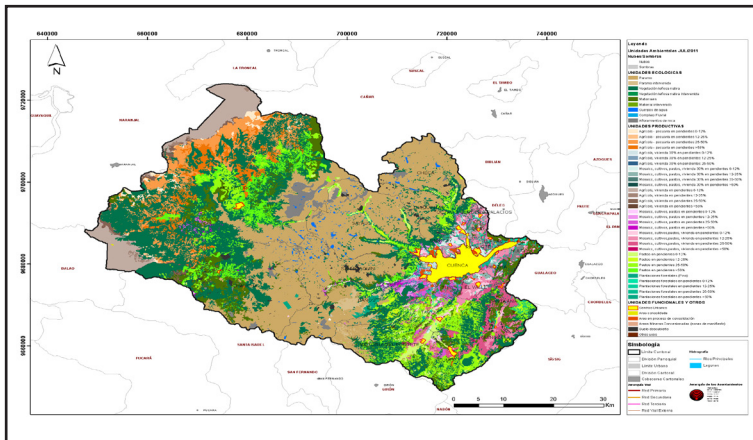
En el cantón Cuenca existen 47 unidades ambientales valoradas con criterios ecológicos y científicos, las mismas que se detallan a continuación:

## Cuadro N° 4 Unidades ambientales (UA) según criterio

Criterio	Número UA
Ecológico	24
Científico-culturales	3
Productivo	16
Funcional	4
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>

**Elaboración:** I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011

## Mapa N° 2 Cantón Cuenca: Unidades ambientales



Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011

Para la determinación del valor de las unidades ambientales, es decir, para establecer el grado de excelencia de la unidad ambiental, se utilizaron los siguientes criterios:

- Valor ecológico.- Se da por los méritos señalados por indicadores de carácter ecológico, como biodiversidad,

integridad, evolución, rareza, representación, tamaño, etc. Incluye el grado de contaminación en sentido físico: materiales o energía (ruido, vibraciones, temperatura, radiaciones); y biológico como presencia de flora o fauna exótica.

- Valor científico-cultural.- Se refiere a los méritos de la unidad desde el punto de vista de la ciencia o la cultura.
- Valor paisajístico.- Toma en consideración la excelencia plástica, olfativa o táctil de la unidad, que se produce por indicadores de percepción sensorial a) positivos: complejidad de la textura (del tejido paisajístico), presencia de agua limpia y corriente, espectacularidad estacional, colorido, ruidos naturales de las frondas o de animales salvajes, posibilidad de observar animales silvestres, etc., y b) negativos: suciedad, presencia de edificios o instalaciones discordantes, ruidos desagradables, etc.
- Valor productivo.- Es una expresión de la capacidad en cuanto recurso: fijación de energía solar por unidad de superficie y de tiempo, que generalmente se traduce al potencial de producir biomasa, y en tal caso viene indicado por la presencia de microclimas, la calidad de los suelos, disponibilidad de agua y calidad de ésta para el riego (salinidad, alcalinidad, etc.), presencia de infraestructuras de producción, etc.
- Valor funcional.- Representado por la acción funcional que presenta determinado uso del suelo como un aporte en pro de un beneficio ecológico o ambiental.

- Valor global.- Se obtiene por agregación de los valores parciales, estandarizados sobre una escala homogénea de valor (de 1 a 5), mediante suma ponderada.

**Valoración ambiental total.-** Recogiendo este acumulado de valores cualitativos y cuantitativos obtenemos una valoración total de cada una de las unidades ambientales identificadas en el territorio y que se determina por el promedio del conjunto de valores asignados a los diferentes criterios de valoración, explicados anteriormente.

De esta valoración total se deducen las siguientes conclusiones:

- Las unidades ambientales denominadas, de acuerdo a un criterio general, como páramo presentan un alto valor ecológico al ser consideradas sistemas naturales complejos y variados de alta montaña, los cuales se encuentran por encima del límite superior de los bosques alto andinos, y que proporcionan funciones ecológicas que no cuentan con un mercado. Este es el caso de la regulación hídrica, que el páramo ofrece o de la protección del suelo, a más de una abundante biodiversidad existente en la zona.
- Si bien no se cobra por servicios ambientales, sin embargo la población ubicada en cotas inferiores a la de los páramos se beneficia del funcionamiento de los mismos ya sea por el abastecimiento de agua potable para el consumo humano o agua para el riego de sus plantaciones. Los beneficios económicos que se derivan de estas funciones del páramo podrían verse

aumentados, por ejemplo, mediante la aplicación de una política de aumento de la cobertura boscosa.

- Desde el punto de vista sociocultural estas áreas han jugado un papel relevante respecto de la relación hombre – montaña, como lugar sagrado y de gran valor en mitos y leyendas, presentando estas unidades un alto valor científico cultural.
- De igual manera, en esta zona se encuentran el Parque Nacional Cajas que está ubicado 30 km al occidente de la ciudad de Cuenca. Tiene una superficie de 28.544 hectáreas y cuenta con más de 250 lagos y lagunas. Fue declarado Parque Nacional el 5 noviembre de 1996, por su riqueza en la flora y fauna. El Cajas es el hogar de un gran número de animales endémicos y en peligro de extinción. También se encuentra la reserva ecológica de Mazán; que tiene una alta valoración ambiental, como se muestra en el cuadro N° 5:

Como ejemplo citamos, a continuación, la valoración de las unidades ambientales definidas como páramo:

## Cuadro N° 5

### Unidades ambientales definidas como páramo

#### Cantón Cuenca: Valoración de unidades ambientales

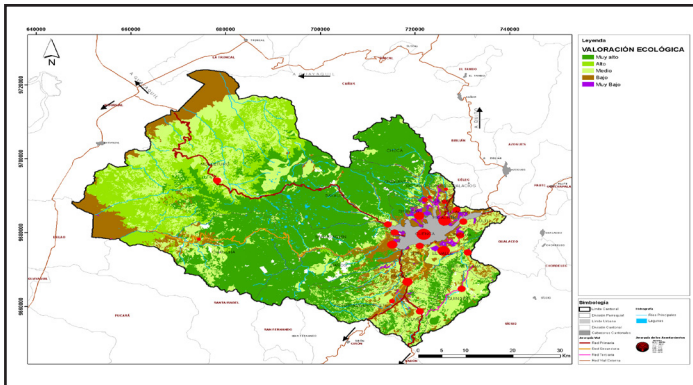
Unidades ambientales			Valor ecológico	Valor productivo	Valor paisajístico	Valor científico	Valor funcional	Valor de conservación
Unidades definidas por criterios ecológicos								
112	Páramo	Páramo herbáceo de pajonal - Dominado por especies en forma de penacho con abundancia de Calamagrostis intermedia (pojo) y Paspalum bouplandianum con relicto forestales de pino (pinus pántula), localizado entre los 3.200 y 4.000 m. s. n. m.	5	3	5	5	5	4,6
113		Páramo intervenido - Dominado por gramíneas de los géneros: Festuca, Calamagrostis y Stipa, y, especies aisladas de género Pinus y pasto, localizado entre los 3.200 y 4.000 m. s. n. m.	3	4	3	3	3	3,2
114		Páramo herbáceo de almohadilla - Con predominio de Plantago rigida, Xenoplyllanthusale y Azorella multífida, localizado entre los 3.000 y 4.500 m. s. n. m.	5	3	5	5	5	4,6
Unidades ambientales			Valor ecológico	Valor productivo	Valor paisajístico	Valor científico cultural	Valor funcional	Valor de conservación total
Unidades definidas por criterios ecológicos								
115	Áreas	Parque Nacional Cajas	5	3	5	5	5	4,6
116	protegidas	Bosque de Mazán	5	5	5	5	5	5

Fuente: I. Municipalidad de Cuenca  
Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca-PDOT 2011

A partir de la valoración se generan los mapas temáticos para cada uno de los criterios de valoración.

### Mapa N° 3

#### Cantón Cuenca: Valoración ecológica



Fuente: I. Municipalidad de Cuenca  
Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011

## **DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA<sup>1</sup>**

La capacidad de acogida constituye la relación del medio físico con las actividades humanas y se refiere al grado de idoneidad, al uso que puede darse al medio, considerando su fragilidad y su potencialidad.

La capacidad de acogida también puede ser vista desde el lado de la oferta y la demanda. La capacidad de acogida representa la “oferta” de territorio para las actividades, las cuales “demandan” un lugar para su emplazamiento.

En general existen varias opciones metodológicas para la determinación de la capacidad de acogida, sin embargo para el presente trabajo se ha utilizado una matriz de doble entrada, disponiendo en una de ellas de las unidades ambientales, y en la otra a las actividades que se pretenden ordenar; las casillas de cruce registrarán mediante códigos numéricos el grado de idoneidad de la unidad ambiental para la actividad correspondiente.

**Cuadro N° 6**  
**Cantón Cuenca: Capacidad de acogida**

<b>Código</b>	<b>Significado</b>
0	No aplica
1	Actividad incompatible
2	Actividad compatible con fuertes limitaciones
3	Actividad con limitaciones
4	Actividad sin limitaciones
5	Actividad vocacional a introducir

Fuente: I. Municipalidad de Cuenca  
Elaboración: I. Municipalidad de Cuenca – PDOT 2011

---

1 Municipalidad de Cuenca, PDOT, 2011



Del análisis realizado se ha obtenido un total de 47 unidades ambientales, a las cuales se las ha relacionado con 70 actividades, lo que da como resultado 5880 combinaciones de actividades, con el siguiente detalle:

- 2769, es decir el 47,09%, corresponden a relaciones estimadas como incompatibles entre una determinada actividad y el medio.
- 789 cruces, esto es el 13,42% del total de 5880, pertenecen a relaciones vistas como actividad compatible con fuertes limitaciones.
- 889 cruces, que representan el 15,12% pertenecen a relaciones de compatibilidad con limitaciones entre la actividad y el medio.
- 432 cruces, que equivalen al 7,35%, corresponden a relaciones calificadas de compatibilidad sin limitaciones entre la actividad y el medio.
- 217 cruces, que representan el 3,69%, pertenecen a relaciones calificadas como actividades vocacionales entre la actividad y el medio.
- Finalmente 784 cruces que representan el 13,33% del total, la determinación de relaciones no procede, es decir no tiene sentido en la unidad correspondiente.



en la mayoría de casos, pensar que estas actividades se puedan hacer sin tener una norma regulatoria que proteja a la naturaleza, que proteja el ambiente de los efluentes que se generan, es imposible. Es por esta razón que en el mundo entero se han dado grandes pasos a favor del ambiente, a través de convenios internacionales<sup>2</sup> se pretende frenar la contaminación, se propende a que la industria utilice alternativas de producción más limpia a través de incentivos, se planifica el territorio en función de sus potencialidades y vocaciones.

Con el afán de proteger la naturaleza, el ambiente, en general a los seres vivos y su entorno, la legislación ecuatoriana cuenta en su carta magna con las regulaciones necesarias para defender, preservar y proteger la naturaleza, asimismo a través del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización – COOTAD- se asigna a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales las competencias que les permiten planificar y ordenar el territorio de su jurisdicción, la Ley de Gestión Ambiental faculta a los GAD municipales a dictar políticas en favor de su entorno y regular las actividades que pueden generar impactos.

El ordenamiento del territorio se convierte en un ordenamiento ecológico ya que incluye en su análisis la vocación en función de sus recursos naturales, sus potencialidades y problemas, la distribución de la población y las actividades económicas predominantes, toma en consideración los impactos ambientales que podrían presentarse por efecto de nuevos asentamientos, infraestructuras, equipamientos, por lo que, a través del ordenamiento territorial les distribuye adecuadamente.

---

2 Protocolo de Kioto, 1997

Si bien el ordenamiento se rige por varios ejes de acción, uno de los que debe ser considerado en los planes que se ejecuten es el que busque ordenar el territorio con una política ambiental que propenda a lograr la protección del ambiente, la preservación de los recursos, además que regule las actividades de uso y ocupación del suelo y las actividades productivas de manera sustentable y sostenible en el tiempo, que le permita prevenir riesgos naturales y tecnológicos a través de la puesta en orden de las actividades, de la ubicación misma del ser humano.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Gómez Orea, Domingo; Ordenación Territorial, Tercera Edición, Ediciones Mundi- Prensa, Madrid 2013

Gómez Orea, Domingo; Ordenamiento Territorial: Una aproximación conceptual y su aplicación al cantón Cuenca – Ecuador, Universidad del Azuay. Universidad y Verdad N° 57, abril 2012

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca, 2011

Malo González, Claudio; Ordenamiento territorial y descentralización, Universidad del Azuay. Universidad Verdad N° 57, abril 2012

Constitución de la República del Ecuador, 2008

Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización COOTAD, 2010

Gómez Villarino, Alejandro; Estudio de paisaje del cantón Cuenca, PDOT 2011

Navarrete López, Guillermo; Ley general de equilibrio ecológico y protección al ambiente, uclm.es. Consultado 15 de marzo de 2014.



<http://www.latarde.com.ec/2013/06/06/exceso-de-vehiculos-en-cuenca-se-debe-a-la-capacidad-de-adquisicion/>

## **MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA**

**Chester Sellers; Daniela Ballari; Diego Pacheco;  
Omar Delgado**

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE RÉGIMEN  
SECCIONAL DEL ECUADOR,  
UNIVERSIDAD DEL AZUAY.

AV. 24 DE MAYO 7-77 Y HERNÁN MALO,  
CUENCA, AZUAY

[csellers@uazuay.edu.ec](mailto:csellers@uazuay.edu.ec), [dballari@uazuay.edu.ec](mailto:dballari@uazuay.edu.ec),  
[dpacheco@azuay.edu.ec](mailto:dpacheco@azuay.edu.ec), [odelgado@uazuay.edu.ec](mailto:odelgado@uazuay.edu.ec)

## Resumen

La contaminación del aire es una constante amenaza para la salud humana y el ambiente, por lo que se requiere de la definición de políticas respecto a la prevención, control y mitigación de los impactos de la contaminación.

El GAD Municipal del cantón Cuenca y en particular la Empresa Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV-EP), disponen de una estación de monitoreo continuo de agentes contaminantes atmosféricos. En este artículo se describe el registro, procesamiento y publicación de datos correspondientes a los agentes contaminantes aéreos registrados en esta estación, mediante la utilización de servicios estándar (SOS, SWE), para proporcionar el acceso a la información que se registra.

Los resultados se presentan en una plataforma base para la gestión, monitoreo (gráficos estadísticos del comportamiento de la variable contaminante en un periodo de tiempo determinado) y publicación de los contaminantes atmosféricos de la ciudad (O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>), además del índice general de calidad ambiental ICAG.

**Palabras clave:** Contaminantes atmosféricos, Cuenca, Sensor Observation Service, Sensor Web Enablement Service, Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tulas), Agencia de Protección ambiental (EPA), Contaminación del aire.

## **Abstract**

Air pollution is a constant threat to human health and the environment, so it requires the definition of policies concerning the prevention, control and mitigation of the impacts of pollution.

The Municipality GAD of Cuenca and particularly the Municipal Mobility, Traffic and Transportation organization for Cuenca (EMOV-EP) have a continuous monitoring station for air pollutants. This article describes the recording, processing and publication of data for air pollutants recorded at this station, using standard services (SOS, SWE) to provide access to information that is recorded.

The results are presented in a base platform for managing, monitoring (statistical graphs of the behavior of contaminating variables in a given period of time), publication of the City air pollutants related to (O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>) plus a overall environmental quality index AQI.

**Keywords:** Air pollutants, Cuenca, Sensor Observation Service, Sensor Web Enablement Service, Secondary Unified Text of Environmental Legislation (Tulas), Environmental Protection Agency (EPA), Air Pollution. “

## 1 INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental vinculada a la planificación urbana, en los últimos tiempos, ha cobrado real importancia, con lo que se quiere contrarrestar los problemas socioeconómicos generados por los cambios de formas de vida, migración campo-ciudad, construcción de infraestructura de manera indiscriminada y un fenómeno creciente que es el tráfico vehicular con índices de crecimiento en la ciudad de Cuenca de aproximadamente 10000 vehículos por año. Todo esto ha generado un desequilibrio ambiental, fomentando la pérdida de cobertura vegetal, el hacinamiento, emisiones al aire, agua y suelo, en general impactos ambientales nocivos para la población.

Específicamente en relación con la calidad del aire, de acuerdo al Plan Nacional de Calidad del Aire (MAE, 2010), existen pocas investigaciones que se hayan realizado y que vinculen las emisiones a la atmósfera con la salud de la población, mucho menos con el comportamiento social y económico.

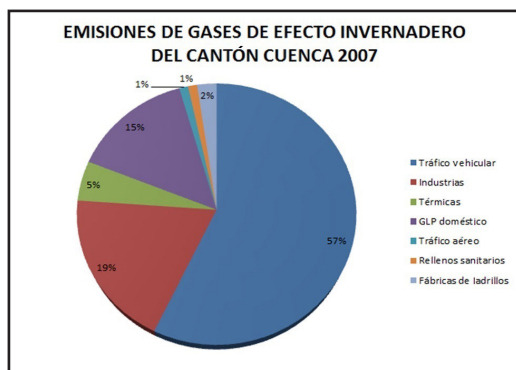
Hay diversas fuentes de emisión al ambiente, sin embargo las fuentes móviles (tráfico) son las principales, pues las afecciones a la salud son evidentes por ser cercanas a la población y se desarrollan en las partes urbanas de las ciudades.

El tráfico vehicular produce emisiones ya sea a través del motor, desgaste de neumáticos, movimiento del material particulado asentado en la capa de rodadura de las vías, los cuales contaminan el aire.



De acuerdo con estudios realizados en la ciudad de Cuenca, la densidad del tráfico en el centro histórico está sobre los 10.000 vehículos por día y en las vías de acceso como la Av. España, y por el sector de la parroquia San Sebastián, la densidad de tráfico está sobre los 30.000 vehículos por día, lo cual nos lleva a establecer que el tráfico por estas calles es alto y en incremento. En el gráfico N° 1 se observan las principales fuentes que producen emisiones al aire.

**Gráfico N° 1**



Fuente: Comisión de gestión ambiental del GAD de Cuenca.

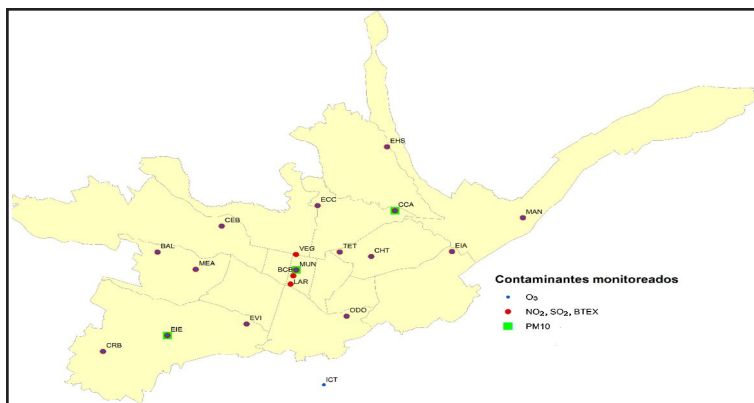
Como se puede observar el 57% de las emisiones de gases de efecto invernadero es producida por el tráfico vehicular, además se ha establecido que aproximadamente en el año 2007 se han emitido 1'000.000 Ton de CO<sub>2</sub>, en el año 2009: 1'072.700 Ton, es decir, se produce 2,28 kg de CO<sub>2</sub> por habitante por año (2009). La emisión de gases al ambiente se manifiesta por los procesos de combustión de los combustibles, tal es el caso de la producción de dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el cual se presenta por la oxidación del nitrógeno en los combustibles, provocando un gas de color café rojizo, irritante y tóxico para los ojos y pulmones.

Otro de los componentes que se presentan es el material particulado en forma de humo y hollín (PM2,5), el cual afecta las fachadas de las edificaciones emplazadas frente a las vías altamente transitadas.

Ante la problemática analizada, se torna urgente conocer el comportamiento de las emisiones gaseosas, a fin de plantear políticas que contrarresten sus efectos.

La Empresa Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca, EMOV EP, cuenta con una red de monitoreo de la calidad del aire, la misma que está funcionando desde el año 2007. Está formada por una estación automática y 18 estaciones pasivas y, distribuidas en la ciudad, que nos permiten establecer el comportamiento de la calidad del aire de manera continua. En el siguiente mapa se observa la ubicación de las estaciones pasivas.

**Mapa N° 1**  
**Ubicación de las estaciones pasivas de monitoreo de calidad del aire**



Fuente: EMOV – EP, 2012. Elaboración: UDA - IERSE

En tanto que la estación automática de monitoreo en tiempo real de contaminantes atmosféricos, se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca, en los altos del edificio de la Alcaldía (calle Bolívar y Presidente Borrero) y tiene un rango de cobertura efectivo de 4km de radio.

Coordenadas de ubicación de la estación de monitoreo  
continuo: MUN

Datum	Zona UTM	X (mE)	Y (mN)
WGS84	17M	721 895.66	9'679 548.85

Sistema de coordenadas: Proyección Universal Transversa de Mercator – UTM

Datum: World Geodetic System 1984 – WGS84

La información que se genera en las estaciones debe ser conocida por la población y en formatos de fácil manejo y comprensión, es decir, ser amigable. En este marco la empresa EMOV EP suscribe un convenio con la Universidad del Azuay para la elaboración de la plataforma de visualización y publicación del mapa de contaminantes aéreos del área urbana de Cuenca.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo de la investigación fue: “**Desarrollar un mecanismo para gestionar y publicar la información registrada en la estación de monitoreo continuo de agentes contaminantes atmosféricos para beneficio de autoridades locales, técnicos y la sociedad civil en general**”, a través de:

- La sistematización de la información recogida por la estación de monitoreo en tiempo real.

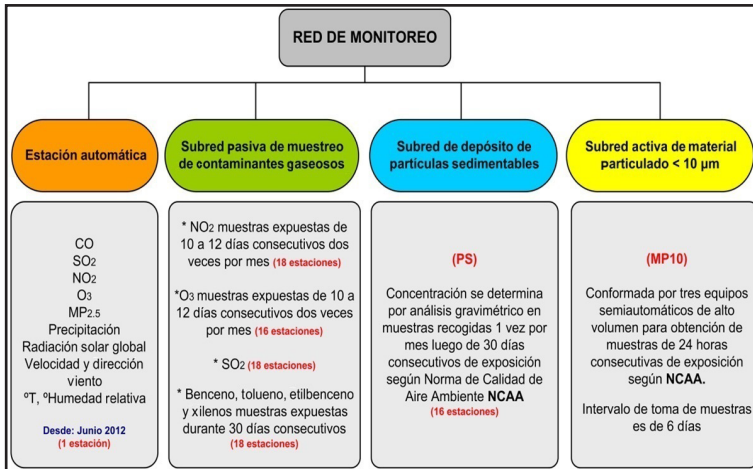
- Transformación y tratamiento de los datos adquiridos por la estación de monitoreo en tiempo real, para la generación de índices utilizando parámetros proporcionados por la EPA (Environmental Protection Agency).
- Publicación de los índices de calidad de aire generados a partir de la estación de monitoreo en tiempo real, a través de un visor de mapas.

El trabajo se desarrolló con la generación de un índice general de la calidad aire (IGCA) y la publicación de dicha información en la web por medios que sean de fácil acceso, comprensión y que sea de provecho para la sociedad.

Para la generación del IGCA se utiliza la normativa nacional Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA, n.d.) y la normativa internacional proporcionada por Environmental Protection Agency (EPA) (EPA - Environmental Protection Agency, 1999). Para la publicación de la información se utiliza el servicio estándar Sensor Observation Service (SOS) del Open Geospatial Consortium (OGC) que proporciona acceso estructurado y estándar a la información registrada por sensores (Bröring, Stasch, & Echterhoff, 2012).

### **3 MONITOREO**

Cómo se explicó en la introducción, en la ciudad de Cuenca, se monitorea la calidad del aire a través de redes de monitoreo (pasivas y automática), las cuales se resumen en tres subredes de monitoreo y una estación de monitoreo continuo.



- Subred pasiva de muestreo de contaminantes gaseosos: En esta subred se monitorea NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos en 18 estaciones, en tanto que el O<sub>3</sub> se monitorea en 16 estaciones. El muestreo de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> se realiza dos veces por mes, tras exposiciones continuas de 10 a 12 días. El benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos se monitorea una vez por mes con muestras expuestas durante 30 días consecutivos.
- Subred de depósito de partículas sedimentables (PS): Esta subred está conformada por 16 estaciones. Se monitorea una vez por mes con muestras de 30 días consecutivos de exposición.
- Subred activa de material particulado (MP10): Conformada por tres equipos semiautomáticos, el muestro se realiza por 24 horas con intervalos de 6 días.

- Estación de monitoreo continuo: En esta estación se registran los siguientes elementos CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MP2.5 con muestras cada 1 segundo. Adicionalmente puede registrar precipitación, radiación solar global, velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa.

### **3.1 Período de medición**

En la ciudad de Cuenca se monitorea la calidad del aire a través de las subredes, desde el año 2007 y con la estación de monitoreo continuo desde junio de 2012.

### **3.2 Publicación de información**

Los registros de las mediciones en las subredes se publican anualmente en el Informe de Calidad del Aire, de la Empresa Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV-EP), anteriormente Cuencaire, en formatos impresos. Los registros de la estación de monitoreo continuo todavía no han sido publicados, razón por la cual desde la Universidad del Azuay se planteó a la EMOV la publicación de la información a través de un aplicativo web.

## **4 TRATAMIENTO DE DATOS**

### *Corrección de datos con información local*

Los elementos registrados en la estación de monitoreo continuo MUN: CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, MP2.5, deben ser corregidos, debido a los efectos de presión atmosférica y temperatura ambiente. La ecuación de corrección es la siguiente:

$$C_p = C_o * (760 \text{ mmHg}) / (P_{bl} \text{ mmHg}) * ((273 + t)^\circ\text{K}) / (298^\circ\text{K})$$

Donde:

$C_p$  = concentración promedio observada y corregida

$C_o$  = concentración promedio observada

$P_{bl}$  = presión barométrica local (mm Hg)

$T$  = temperatura de grados Celsius

$^\circ\text{K}$  = temperatura en grados Kelvin

## 4.1 Índice de calidad del aire (ICA)

El cálculo del índice de calidad del aire (ICA) para un tipo de contaminante dado se basa en el valor promedio generado en el período de tiempo consultado del contaminante. Con base en la corrección realizada en la ecuación (1), se procede a calcular el índice de calidad del aire por cada elemento, a partir de la siguiente expresión:

$$ICA = (I_{Hi} - I_{Lo}) / (BP_{Hi} - BP_{Lo}) * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

ICA = Índice de calidad del aire.

$C_p$  = concentración promedio observada y corregida

$BP_{Hi}$  = punto de ruptura mayor o igual a  $C_p$

$BP_{Lo}$  = punto de ruptura menor o igual a  $C_p$

$I_{Hi}$  = valor de correspondiente a  $BP_{Hi}$

$I_{Lo}$  = valor de correspondiente a  $BP_{Lo}$

Los valores para calcular el ICA, se obtienen de la Tabla 1, que corresponde a los valores de referencia de la EPA, agrupados en siete índices. La tabla está conformada por tres columnas, ICA que contiene el rango de valor de 0 a 500 agrupados por índices de posibles valores, COLOR que adopta un determinado color en función de los valores de índice, y la tercera columna corresponde al elemento contaminante en ppb y ppm con las concentraciones mínimas y máximas para cada rango de valores índices ICA, es decir los puntos de ruptura mínimo y máximo.

## 4.2 Índice general de calidad del aire (IGCA)

$$ICA_{O_3} = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} * (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

ICA	COLOR	O3 8h ppb	O3 8h ppm	PM2.5 24h ug/m3	PM2.5 1h ug/m3	CO 8h ppm	SO2 24h ppb	SO2 24h ppm	NO2 1h ppb	NO2 1h ppm
0-50	Verde	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
		59,000	0,059	54,000	15,400	4,400	34,000	0,034	0,000	0,000
51-100	Amarillo	60,000	0,060	55,000	15,500	4,500	35,000	0,035	0,000	0,000
		75,000	0,075	154,000	40,400	9,400	144,000	0,144	0,000	0,000
101-150	Naranja	76,000	0,076	155,000	40,500	9,500	145,000	0,145	0,000	0,000
		95,000	0,095	254,000	65,400	12,400	224,000	0,224	0,000	0,000
151-200	Rojo	95,000	0,095	255,000	65,500	12,500	225,000	0,225	0,000	0,000
		115,000	0,115	354,000	150,400	15,400	304,000	0,304	0,000	0,000
201-300	Purpura	116,000	0,116	355,000	150,500	15,500	305,000	0,305	650,000	0,650
		374,000	0,374	424,000	250,400	30,400	604,000	0,604	1240,000	1,240
301-500	Marrón	--	--	425,000	250,500	30,500	605,000	0,605	1250,000	1,250
				604,000	500,400	50,400	1004,000	1,004	2040,000	2,040

El procedimiento anterior se aplica de igual forma a todos los contaminantes atmosféricos (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM2.5) que son registrados por la estación MUN. Luego, para la determinación del índice de calidad general del aire (IGCA) se procede a evaluar qué elemento contaminante presenta el mayor valor índice (máximo color) y se asume a este como índice general de calidad del aire que representa a todos los elementos registrados. En otras palabras índice máximo de todos los elementos registrados.

Según el grado de contaminación ICA se presenta una codificación por colores, donde cada color corresponde a un rango de valores y peligrosidad de las condiciones de contaminación presentes al momento de la observación. Estos rangos codificados tienen asociados un aviso de las implicaciones generales a la salud, si los hubiere, en caso de exposición (Tabla 4).



Tabla 4.- Consideraciones para la salud en relación al IGCA.

Índice de calidad del aire general		Las condiciones de salud
0 - 50	Bueno	Sin impactos para la salud en este rango
51 - 100	Moderado	Personas inusualmente sensibles deberían considerar su exposición
101 - 150	Desfavorable para grupos sensibles	Los siguientes grupos deberían limitar su exposición * Personas con problemas pulmonares, ejemplo asma * Niños y adultos mayores * Personas activas en exteriores
151 - 200	Desfavorable	Los siguientes grupos deberían limitar la exposición prolongada * Personas con problemas pulmonares, ejemplo asma * Niños y adultos mayores * Personas activas en exteriores El resto de personas debe limitar exposiciones prolongadas en el exterior
201 - 300	Muy desfavorable	Los siguientes grupos deberían limitar la exposición prolongada * Personas con problemas pulmonares, ejemplo asma * Niños y adultos mayores * Personas activas en exteriores El resto de personas debe limitar exposiciones en el exterior
301 - 500	Peligroso	Todos los grupos deben limitar lo más posible su exposición al ambiente

Fuente: (EPA – Environmental Protection Agency, 2009).

### 4.3 Publicación en la web

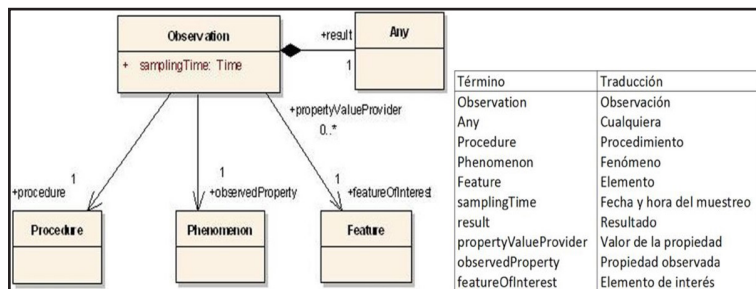
Una vez establecidos los procedimientos para el cálculo del IGCA, la siguiente etapa fue su publicación en la Web, para ello se emplearon las especificaciones del OGC (Open Geospatial Consortium) que establece estándares abiertos e interoperables dentro de los sistemas de información geográfica y la world wide web. Para la publicación del IGCA se emplearon las especificaciones SWE (Sensor Web Enablement) a través de los servicios SOS (Sensor Observation Service), que permiten la integración e interoperabilidad en tiempo real de redes heterogéneas de sensores. Estas especificaciones son útiles para acceder y distribuir de una forma estandarizada datos de sensores que son útiles para la creación de aplicaciones, plataformas y productos relacionados: riesgo de inundaciones, monitoreo de contaminación atmosférica, monitoreo de ruido, medidores

de tensión en puentes, monitoreo cardíaco, móviles, webcams y robots, así como sensores remotos de captura de imágenes sean estos sensores remotos satelitales o aéreos (Bröring et al., 2011; Percivall et al., 2007; Rueda & Gertz, 2008).

El Servicio de Observación de Sensores (SOS) es uno de los servicios web de SWE para consultar los datos de sensores en tiempo real y series temporales de datos. Los datos de los sensores ofrecidos son codificados en XML y comprenden descripciones de los propios sensores, es decir metadatos, que son codificados en el Lenguaje de Modelado de Sensores (SensorML) (Botts & Robin, 2007), mientras que los valores observados son codificados según la especificación de Observaciones y Mediciones (O&M) (Cox, 2010). El servicio web, así como el esquema de las observaciones, son estándares abiertos definidos.

La figura 2 muestra el diagrama UML básico para poder registrar los datos de los sensores en conformidad con la especificación SOS (52°North, n.d.-a, n.d.; Bröring et al., 2011). Esta estructura es fundamental para ser implementada en el esquema de la base de datos.

Figura 2.- Esquema UML general de la base de datos en conformidad con la especificación SOS.



Fuente: (52°North, n.d.-a)

La publicación del IGCA, se llevó a cabo en cinco etapas:



### **Etapa 1.- Almacenamiento de datos**

La captura de datos de los sensores de la estación es cada segundo y se transmiten a un servidor local cada minuto. Los datos se almacenan en formato CSV y XLSX, registrándose el tipo de elemento observado, el intervalo de la captura de la observación, la hora y fecha de la observación, un valor redondeado y el valor crudo observado por el sensor. Los datos almacenados se encuentran en formato RAW, esto significa que las magnitudes y unidades son propias de cada elemento registrado. Estos archivos son almacenados en un repositorio que se encuentra en las oficinas centrales de la EMOV-EP.

### **Etapa 2.- Conexión a servidor**

A través de la Virtual Private Network (VPN) permite la interconexión con el servidor.

### **Etapa 3.- Sincronización de datos**

Los datos son enviados desde una base de datos MySQL a una base de datos PostgreSQL a través de una aplicación realizada en VBNET 2005.

### **Etapa 4.- Tratamiento de los datos**

Los datos tratados sirven para determinar el índice de calidad en función de parámetros de la Environmental Protection Agency (EPA).

## **Etapa 5.-** Publicación de la información

Estos datos son publicados de forma gráfica y a través de un índice se determina el nivel de afectación.

### **4.4 Resultados**

Los resultados se presentan como una plataforma base para la gestión, monitoreo y publicación de los contaminantes atmosféricos de la ciudad. Además de presentar un índice general de calidad del aire (IGCA) e índices por contaminante registrado, también se publican gráficas estadísticas del comportamiento temporal de las variables contaminantes. Los resultados son accesibles en la siguiente dirección web: <http://gis.uazuay.edu.ec/OpenLayers-2.12/sos/>. El servicio SOS es accesible a través de: <http://gis.uazuay.edu.ec:8080/52nSOSv3.5.0/sos>.

La figura 4 muestra el cliente web. En la parte superior del cliente se encuentran los botones de consulta de los cinco contaminantes monitoreados y del índice general de calidad ambiental IGCA. Pulsando sobre los botones de los contaminantes se observa el valor del índice del contaminante del día con una coloración acorde a la leyenda de rangos de la parte inferior. Debajo se observa el mapa de la ciudad de Cuenca con la localización de la estación de monitoreo y su área potencial de 4 km. Al pie y a la derecha de la imagen, se muestran gráficos estadísticos que ayudan a una mejor comprensión de las concentraciones de los contaminantes.

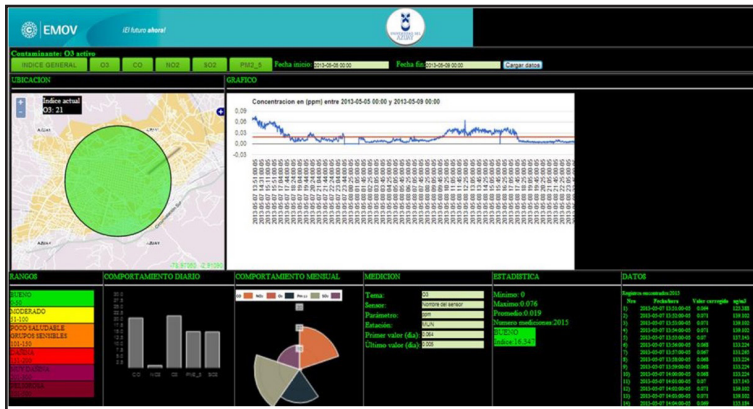


Figura 4.- Plataforma base de monitoreo.

En función del valor IGCA obtenido y según su rango y color, se puede examinar el significado del índice en la tabla de comparaciones. Esta codificación de colores es asociada a un mensaje de alerta indicando las implicaciones a la salud del índice consultado, es decir, los grupos sensibles y las precauciones que se deben tomar (Figura 5).

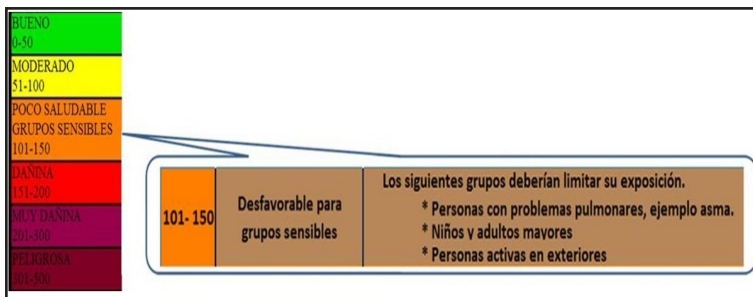


Figura 5. Consulta sobre implicaciones para la salud.

Se presentan también gráficos estadísticos del comportamiento diario y mensual del contaminante.

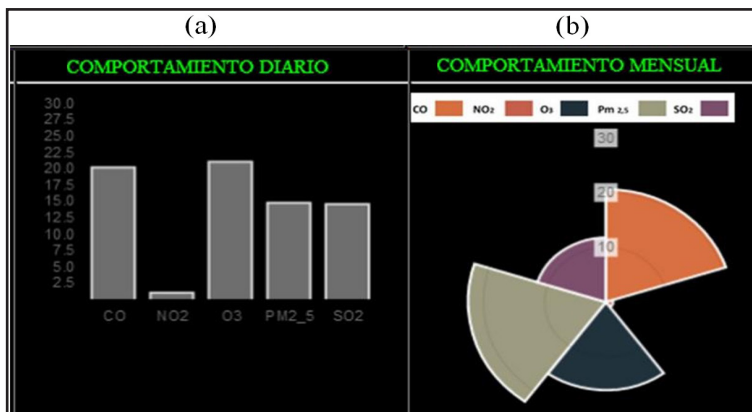


Figura 6. Gráfico estadístico del comportamiento de contaminantes. (a) diario y (b) mensual.

El cliente permite consultar observaciones entre rangos de fechas. Así se personalizan los reportes de acuerdo con las necesidades, pudiendo hacer consulta de registros históricos para establecer las condiciones registradas en un periodo de tiempo pasado. La figura 7.a muestra una gráfica estadística sobre comportamiento de la variable contaminante en un periodo de tiempo consultado. Esta gráfica, a su vez, se asocia a otras dos tablas de datos que muestran las estadísticas de los valores consultados (máximo, mínimo, promedio y número de mediciones) y los datos o valores individuales de cada medición en el periodo de tiempo consultado (Figura 7.b).





de base para futuros desarrollos que mejoren su interface, extiendan las herramientas de gestión de la información, y aumenten las variables a ser monitoreadas, como por ejemplo: temperatura, radiación solar, presión barométrica, precipitación, radiación ultravioleta, ruido, índices de tráfico etc. e inclusive observaciones proporcionadas por los mismos ciudadanos a partir de estaciones meteorológicas hogareñas o dispositivos móviles (información geográfica voluntaria). Esta plataforma presenta el potencial de convertirse en una verdadera herramienta para la gestión ambiental y la toma de decisiones que aseguren el buen vivir de los cuencanos.

## 6 REFERENCIAS

52°North. -a. SOS data model and data base implementation. Retrieved from <https://wiki.52north.org/bin/view/SensorWeb/SosDataModeling>

52°North. -b. Sensor Observation Service - implementation. Retrieved b from <http://52north.org/communities/sensorweb/sos/index.html>

Alcaldía de Cuenca. 2012. Red de Monitoreo EMOV EP. Informe de la calidad del aire, año 2011. Cuenca, Ecuador.

Botts, M., & Robin, A. 2007. OpenGIS Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>. Brunekreef, B., & Holgate, S. T. 2002. Air pollution and health. *The lancet*, 360(9341), 1233-1242. Elsevier. Bröring, A, Echterhoff, J., Jirka, S., Simonis, I., Everding, T., Stasch, C., Liang, S., et al. 2011. New generation sensor web enablement. *Sensors*, 11(3), 2652-2699.

Bröring, A, Stasch, C., & Echterhoff, J. 2012. OGC Sensor Observation Service Interface Standard. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/standards/sos>.

Cox, S. 2011. OGC Observations and Measurements - XML Implementation. Retrieved from <http://www.opengeospatial.org/standards/om>.

EPA - Environmental Protection Agency. 1999. Air Quality Index Reporting; Final Rule - Part 3. Retrieved from [http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/fr\\_notices/airqual.pdf](http://www.epa.gov/ttn/oarpg/t1/fr_notices/airqual.pdf).

EPA - Environmental Protection Agency. 2009. A Guide to Air Quality and Your Health. Retrieved from [http://www.epa.gov/airnow/aji\\_brochure\\_08-09.pdf](http://www.epa.gov/airnow/aji_brochure_08-09.pdf).

Espinoza Molina, A. 2011. Diseño de un sistema de información geográfica para la Red de Monitoreo Ambiental de la ciudad de Cuenca. Quito, 2011. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2042/1/104351.pdf>.

Percivall, G., Reed, C., & Davidson, J. 2007. Open Geospatial Consortium Inc. OGC White Paper OGC® Sensor Web Enablement: Overview And High Level Architecture, 1-14.

Rueda, C., & Gertz, M. 2008. Real-Time Integration of Geospatial Raster and Point Data Streams.

Plan Nacional de Calidad del Aire, Ministerio del Ambiente, Ecuador, 2010

Scientific and Statistical Database Management, 0619139, 605-611.

TULSMA. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente. Retrieved from: [http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=125%3Atexto-unificado-de-legislaci%C3%B3n-ambiental-secundaria-del-ministerio-de-ambiente-tulas&lang=es](http://www.quitoambiente.gob.ec/index.php?option=com_k2&view=item&id=125%3Atexto-unificado-de-legislaci%C3%B3n-ambiental-secundaria-del-ministerio-de-ambiente-tulas&lang=es).



## **ECOLOGÍA Y DERECHO: EL AMBIENTE, UN BIEN JURÍDICO PROTEGIDO**

**Franklin Bucheli García. Dr. MDA.**  
Correspondencia: [franklinb@uazuay.edu.ec](mailto:franklinb@uazuay.edu.ec)

## Introducción

Para entender y, sobre todo, aplicar el contenido del derecho ambiental, es necesario primeramente remitirnos al término de ecología que en el año de 1869 por primera vez fue conceptualizado por Ernst Haeckel, como una rama de las ciencias biológicas, cuyo objeto es el estudio de las interrelaciones entre los organismos vivos y su respectivo ambiente físico. La ecología por lo tanto como ciencia es nueva pero como saber es milenaria; sin embargo es recientemente a inicios del siglo XX que esta ciencia en el mundo toma una importancia trascendental debido a los grandes problemas ambientales que afectan a la humanidad.

A partir de 1960 se desarrollan una serie de aplicaciones epistemológicas como las llamadas: ecología social, ecología política, ecología económica, entre otras, que articulan diversos elementos y componentes como son el ambiente humano referido a la cultura y sus necesidades; el ambiente natural que implica los recursos naturales, su manejo, aprovechamiento; y así llegamos hasta la actualidad con una serie de percepciones sobre la ecología, hasta terminar con la interrogante de si se trata de una ciencia natural, humana, ética o una filosofía para el desarrollo humano. Para mi entender la ecología no es excluyente puesto que tiene que ver con la naturaleza, el ser humano, su comportamiento y el desarrollo social. Esta conclusión la he aprendido en el quehacer diario de la gestión ambiental y el manejo de los recursos naturales, realizado bajo una perspectiva ecosistémica, de ahí la importancia de considerar jurídicamente al ecosistema como una unidad de estudio de los organismos vivos (bióticos) y las variables ambientales (abióticos), que producen las interrelaciones hombre, sociedad y ambiente.

Bajo este contexto, el ambiente es la integración de sistemas físicos (clima, aire, suelo y agua), biológicos (flora y fauna) y humanos (características poblacionales). Conceptualmente hay que tener mucho cuidado en el ámbito de aplicación, dado que con definiciones muy amplias corremos el riesgo de incurrir en inseguridad jurídica debido a lo difuso de los elementos, en cambio si estas son muy limitadas segregamos la materia ambiental al punto de no poder aplicar el contenido tutelar de la norma, por ello el desarrollo normativo de los recursos naturales debe contar con una fundamentación técnica que responda a una dinámica y dimensión socio-cultural debidamente caracterizada dado que toda actividad humana se vincula estrechamente con procesos de transformación del ambiente, que lo modifican positiva o negativamente, consciente o inconscientemente, alterando sus características básicas.

De la misma manera, los recursos naturales son los elementos que provee la naturaleza a los seres humanos para satisfacer sus necesidades (alimento, vestido, vivienda, educación, cultura, recreación, etc.), se constituyen además en la fuente de las materias primas (madera, minerales, petróleo, gas, carbón, etc.), que transformadas sirven para producir bienes muy diversos, utilizados por la sociedad para alcanzar su bienestar.

La aplicación de las normas del derecho ambiental está en relación con la clasificación de los recursos naturales, por ello es importante en el manejo de las normas ambientales establecer de qué recurso natural se trata, cómo lo vamos a utilizar, en qué sitio y para qué fines. Doctrinariamente la clasificación de estos recursos ha variado, pero la más aceptada internacionalmente es la siguiente:

- a. **Recursos naturales no renovables:** aquellos que una vez utilizados se agotan, porque no se regeneran. Son inorgánicos y existen en cantidad fija, tales como los minerales, que pueden ser metálicos (hierro, oro, plata, cobre, etc.) y no metálicos (arena, grava, arcillas, piedras, etc.).
- b. **Recursos naturales energéticos:** los que sirven para producir energía y son no renovables agotables, es decir existen en cantidad fija (petróleo, carbón, gas natural, o los radioactivos como el uranio). Los no renovables inagotables, a este tipo pertenece el geotermal, (vapor de agua caliente proveniente del interior de la tierra). Los renovables inagotables: son los que se renuevan continuamente, (hidráulico, eólico, oceánico y el solar).
- c. **Recursos naturales semi renovables:** son de tipo bio-inorgánico y de superficie limitada, (el suelo, por ejemplo).
- d. **Recursos naturales renovables:** son los que tienen la capacidad de regenerarse cuando se los aprovecha adecuadamente, aquí tenemos los fijos y auto-renovables, (clima, agua); y, los variables, (flora, fauna y la pesquería).

Los recursos naturales, como es evidente, representan el mayor capital de la humanidad y de su uso sostenible depende la subsistencia de las sociedades, de ahí la importancia del contenido de la normativa ambiental que garantice su conservación y uso sostenible.

Ahora bien, nuestro país se encuentra inmerso en la problemática ambiental mundial, como es el cambio

climático, la reducción de la capa de ozono, la pérdida y deterioro de tierras, bosques y biodiversidad, el crecimiento urbano desorganizado, la contaminación de la atmósfera, del agua y suelo, la erosión, la contaminación por emisiones de nitrógeno, los riesgos de uso de ciertos productos químicos, desastres naturales y antropogénicos, el traslado transfronterizo de sustancias peligrosas, el crecimiento poblacional desmedido, la degradación paisajística, sistemas de consumo y producción no sustentables, la pobreza, que han dado lugar a una serie de regulaciones jurídicas, las mismas que representan las fuentes materiales del derecho ambiental, por lo mismo es el derecho el llamado, a través de normas y procedimientos, a determinar las soluciones a esta problemática que afecta el mantenimiento y el desarrollo de la vida.

**El derecho ambiental**, es el conjunto de normas provistas de disposiciones preventivas, incentivos y sanciones que rigen las relaciones de los hombres en sociedad y la naturaleza. Estas normas determinan la necesidad de proteger y conservar el ambiente que constituye el bien jurídico protegido<sup>1</sup>. El contenido del Derecho Ambiental surge como un asunto de orden internacional, debido a una serie de problemáticas mundiales que empiezan a expedirse sobre cambios en los ecosistemas y ciertas actividades antrópicas que perjudican la naturaleza. Esto llevó a que los Estados se reunieran en búsquedas de consensos para paliar tales situaciones, y posteriormente cada Estado soberano implementó sus medidas y expidió su normativa ambiental interna.

---

1 Bucheli F., Manual de Gestión Ambiental. IMC/PATRA/BID. 2000.

## **Origen de la normativa ambiental**

En 1968 la Asamblea General de la ONU convocó formalmente, a la “Conferencia Mundial Sobre Medio Ambiente Humano”, la que se celebró en Estocolmo en el año de 1972, con asistencia de 113 representación estatales, más de 400 organizaciones no gubernamentales y casi la totalidad de las organizaciones internacionales gubernamentales. Esta primera “Cumbre de la tierra” constituyó un éxito para la ONU y estableció las bases de la normativa ambiental contemporánea al determinar, entre otros, el derecho a gozar de un ambiente sano y los principios del ecodesarrollo.

Como consecuencia de la Cumbre, en el plano institucional, se estableció el Programa de las Naciones sobre Medio Ambiente (PNUMA), el 15 de diciembre de 1972, su misión es proveer de orientación ejecutiva y actuar como instrumento catalizador para el desarrollo de programas de cooperación internacional en materia ambiental. Fue esta organización la que impulsó, junto con otros organismos especializados de la ONU, la Carta de Derechos y Deberes Económicos de los Estados de 12 de diciembre de 1974; los principios de conducta en el ámbito del ambiente en materia de conservación y utilización armoniosa de los recursos naturales compartidos por dos o más Estados, de 1978, y sobre todo la Carta Mundial de la Naturaleza de 28 de octubre de 1982.

Ciertos doctrinarios consideran esta Conferencia como la partida de nacimiento del derecho ambiental, pero existen una serie de instrumentos jurídicos anteriores a Estocolmo, tal es el caso de la Ley de Protección Ambiental de los E.E. U.U. (NEPA) del año 1969.



En 1980 la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) elaboró la Estrategia Mundial para la Conservación, logrando enriquecer el marco teórico-jurídico de la conservación, toda vez que se introducen por primera vez los conceptos de desarrollo sustentable y participación social en los procesos de gestión de los recursos naturales.

La Conferencia de Río, que se llevó a cabo en 1992, a la que asistieron representantes de 176 Estados y 1.200 organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, produjo dos declaraciones de principios, la una denominada Declaración de Río; y la otra, Principios sobre Bosques; dos convenios internacionales y un programa de acción. La Declaración de Río está compuesta por veinte y siete principios de contenido político- jurídico, que tratan de establecer los criterios en cuya virtud tendrán que hacerse compatibles las exigencias del desarrollo con las de la protección de la naturaleza. Entre los elementos del progreso que contiene esta Declaración cabe citar, en primer lugar, el concepto mismo de desarrollo sostenible, que se lo vincula con la teoría de los derechos humanos. La equidad intergeneracional, que busca a través del desarrollo sostenible satisfacer las necesidades de las generaciones futuras; la solidaridad mundial en un contexto de responsabilidades comunes pero diferenciadas; la tarea esencial de erradicar la pobreza, la aplicación del criterio de precaución. Otro principio importante establecido es el referido a que quien contamina paga; el aporte particular de mujeres, jóvenes, pueblos indígenas y pueblos sometidos a posesión, dominación y ocupación; lo relativo a la paz ecológica, enfatizando que la guerra es el enemigo del desarrollo sostenible, y que la paz, el desarrollo y la protección del ambiente

son interdependientes e inseparables. Asimismo la paz ecológica debe ser también una paz jurídica, en el sentido de que los Estados deben cooperar de buena fe en el derecho internacional. La Declaración también reconoce el derecho de acceder a la información ambiental, así como a los mecanismos judiciales o administrativos que permitan resarcir los daños a las víctimas. Se destaca al sistema jurídico como uno de los factores fundamentales en la teoría y práctica del desarrollo sostenible, en ese sentido, se establece el requerimiento de contar con leyes ambientales eficaces y con criterio realista, evitando con ello una «transferencia» o recepción normativo-ambiental inadecuada entre los países. Se enfatiza en la necesidad de regular el resarcimiento del daño ambiental a las víctimas, a la vez que el control legal internacional sea más expeditivo en materia de responsabilidades. La regulación jurídica referida al traslado o reubicación de sustancias o actividades entre Estados, que puedan afectar el ambiente. Lo relativo al acceso efectivo a los procedimientos judiciales y administrativos. Se establece el requerimiento de llevar a cabo evaluaciones de impacto ambiental en relación con actividades que puedan ocasionar consecuencias ambientales negativas o adversas, debiendo crearse la institucionalidad adecuada dentro de los Estados.

En la práctica esta Declaración, en el caso concreto de nuestro país, se ha constituido en la cimentación jurídica de la legislación ambiental nacional.

También en 1992, otro conclave importante fue la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente (CIAMA), llevada a cabo en Dublín, que reunió a quinientos participantes, entre representantes de cien gobiernos, así como organizaciones internacionales y

no gubernamentales. En ella se sancionó la referida Declaración en la que se establecieron cuatro principios rectores sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible, que rigen para todo el orbe:

- a) El agua dulce es considerada como un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el ambiente.
- b) El aprovechamiento y gestión hídrica deben inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, planificadores y responsables de las decisiones a todo nivel.
- c) La mujer mantiene un rol fundamental para el abastecimiento, gestión y protección del agua.
- d) Determinación del valor económico del agua según sus diversos usos.

En estas premisas se fundamenta la disposición constitucional actual de nuestro país (Art. 12), relativa a considerar al agua no solamente como un recurso sino como un derecho humano esencial para la vida.

En el año 2000 la ONU emite la Declaración del Milenio, por la cual incita a los Estados a propender a la paz y seguridad; a implementar la Agenda 21 adoptada durante la Conferencia de Río de Janeiro de 1992, para alcanzar el desarrollo sostenible; invoca a llevar adelante una “ética de conservación”, tal como poner en vigencia el Protocolo de Kioto antes del año 2023; garantizar el libre acceso a la información sobre la secuencia del genoma humano; y por último implementar acciones para la protección de los bosques. Los temas determinados en esta Declaración buscan conectar la problemática ambiental mundial con una estrategia de reconocimiento y enfrentamiento que

permita en consenso a los países abordarla y, en la medida de lo posible, remediarla.

En el año 2002 se produce la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sustentable. Este documento se caracteriza por poner énfasis en el multilateralismo para el desarrollo de acciones encaminadas a la protección ambiental y el desarrollo sustentable; en otro aspecto de cosas sus postulados tienen un abordaje transdisciplinar, en el sentido de que entrelaza el cuidado del ambiente con muchísimas cuestiones de índole social tales como: pobreza, desnutrición, ocupación extranjera de Estados soberanos, conflictos armados, drogas ilícitas, corrupción, entre los más importantes.

En el año 2009 se promulga el Acuerdo de Copenhague, generado dentro de la XV Conferencia de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, cuyo objetivo fue lograr acuerdos obligatorios para los Estados Partes a partir de 2012, tiempo en el cual expira la vigencia del Protocolo de Kioto, tendientes a la reducción gradual al 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero para el 2050 (respecto del nivel de emisiones de 1990), finalmente se llegaron a acuerdos no vinculantes tales como: los países se comprometen a declarar el nivel de sus emisiones, comunicándolo por medio de informes a la ONU; a reducir emisiones “lo antes posible”; establecer acciones con el fin de que la temperatura planetaria no suba más de cuatro grados. El acuerdo resultó inaplicable porque no se determinaron mecanismos de verificación de la reducción de estas emisiones. En cuanto a mecanismos de financiamiento, se creó un fondo al cual los países desarrollados se comprometieron a aportar 100 millones hasta el año 2020.

## El derecho ambiental y los derechos humanos

La concepción de los derechos humanos establecidos durante el Siglo XX y el desarrollo progresivo de los principios del derecho ambiental a partir de 1970, como una doctrina especializada del derecho, se refiere a derechos principalmente difusos o colectivos, existiendo por lo tanto una estrecha relación entre estos, al punto de considerar al derecho ambiental como un derecho humano. En la actualidad, a pesar de que en la mayoría de las legislaciones de los países se encuentra incorporado el derecho de la población “a vivir en un ambiente sano”, en los tratados de derechos humanos se evidencia una escasa presencia de la normatividad ambiental; sin embargo es menester establecer las razones de la relación de los derechos humanos con el contenido del derecho ambiental, siendo las más relevantes las siguientes:

- a) El derecho al Ambiente es un derecho universal, todos accedemos al ambiente sin importar la condición en la que se encuentre, es decir un derecho de todos, dado que tiene su fundamento mismo en la persona humana, con su sola existencia.
- b) Es un derecho natural, en el sentido que la norma jurídica solamente lo protege, no lo crea, el derecho al ambiente existe *per se*, las normas lo que hacen es reconocerlo.
- c) Es un derecho inherente a la vida, en el sentido de que protege la integridad física, existe un vínculo innegable entre el derecho a un ambiente sano y el derecho a la vida y a esto hay que agregar que la protección del ambiente es indispensable para garantizar el derecho a la vida y la integridad física.

En varios tratados de derechos humanos se encuentran plasmados aunque no de forma directa una serie de derechos ambientales, así tenemos:

En la Declaración Universal de Derechos Humanos del año 1948 desarrollada en París, en Art. 3 se estipula el derecho a la vida, y en el Art. 25 el derecho a la salud y el bienestar.

En el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de Nueva York de 1966, se establecen una serie de obligaciones para los Estados, como las de permitir condiciones de vida digna a los hombres, garantizando la seguridad e higiene en el trabajo. En cuanto a derechos del hombre, se hace mención al aspecto ambiental en cuanto estipula el derecho a vivir adecuadamente. De manera directa existe una estipulación en este Pacto, que obliga a la explotación racional de las riquezas.

El Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos de 1976 reconoce el derecho a la vida y el derecho de las minorías étnicas.

En la Convención sobre Derechos del Niño de 1989 incluyó asuntos como la salud teniendo en cuenta los riesgos de la contaminación ambiental, y determinando el derecho a la información y educación ambiental.

El Convenio 168 de la Organización Internacional del Comercio recoge y hace relación a varias disposiciones relativas al derecho ambiental tales como: la obligación de los Estados de salvaguardar a las personas y su ambiente indígena; realizar evaluaciones ambientales de planes y programas que afecten estas comunidades, previendo el

derecho de estos pueblos a participar en tal proceso; la protección de las riquezas culturales y naturales, las que las consagra como patrimonio común de la humanidad; y el derecho de libre determinación de los pueblos.

## **Aplicación jerárquica del ordenamiento jurídico ambiental**

La mayoría de los sistemas jurídicos de América Latina mantiene una característica, que es la de organizar las normas legales en base a una lógica de ordenamiento jerárquico, teniendo como eje la regulación constitucional, a partir de la cual se desprenderán distintos niveles normativos, en donde los inferiores deben tener relación con los superiores, manteniendo así un principio de jerarquía jurídica. Tradicionalmente este ordenamiento se conoce como la pirámide Kelseniana. En el caso de nuestro país su aplicación a manera de ejemplo funciona así:

**Primer nivel.-** Constitución de la República de 2008: en la que se establecen los Principios; Derechos del Buen Vivir (Ambiente Sano); Derechos de la Naturaleza (Existencia, Conservación, Restauración); Régimen Especial (Galápagos); Naturaleza y Ambiente (Biodiversidad, Patrimonio Natural y Ecosistemas); Recursos Naturales (Suelo, agua); Biosfera, ecología urbana y energías alternativas.

**Segundo nivel.-** Los tratados internacionales ratificados por el país tales como: Convenio de Diversidad Biológica (1992); Convención RAMSAR sobre Humedales de Importancia Internacional (1971); Convenio CITES (1973),

relativo al Tráfico de Especies o elementos derivados de la vida silvestre; Convención para la Declaratoria de Sitios como Patrimonio Cultural o Natural de la Humanidad (UNESCO 1971) entre otros.

**Tercer Nivel.-** Las leyes orgánicas y otras: Código Orgánico Integral Penal (2014); Código de la Salud (2010); Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre (1982); Ley de Biodiversidad (1996); Ley de Conservación y Desarrollo Sustentable de Galápagos (1998); Ley de Gestión Ambiental (1999); Ley de Minería (2009).

**Cuarto Nivel.-** Reglamentos que constituyen normas secundarias necesarias para aplicar las disposiciones establecidas en la ley, como pueden ser Reglamento de Aplicación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre; Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental; Reglamento a la Ley de Agua; Reglamento de Ordenación, Conservación Manejo y Aprovechamiento del Manglar.

**Quinto Nivel.-** Disposiciones reglamentarias contenidas en Decretos Ejecutivos; por mencionar algunos, Decreto 195 del año 1996 mediante el cual se crea el Ministerio del Ambiente; Decreto 3516 del año 2003 que contiene el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

**Sexto Nivel.-** Acuerdos Ministeriales emitidos por el Ministerio del Ambiente para regular una actividad determinada, tal el caso del Acuerdo Ministerial 175 año 2009, que establece las Normas Generales de Emisión para fuentes fijas de combustión y métodos de medición.



**Séptimo Nivel.-** Ordenanzas que son el resultado de los actos legislativos de los gobiernos autónomos descentralizados como municipios y consejos provinciales, como es el caso de la Ordenanza del Subsistema de Evaluación de Impacto Ambiental del cantón Cuenca del año 2009.

De lo anotado podemos destacar que el derecho ambiental se caracteriza por ser un derecho solidario, con interdependencia marcada con los derechos a la vida, a la salud, a la libertad, a la intimidad y con una necesaria simbiosis con el desarrollo económico. Tiene también en su singular teleología la intención de asumir la calidad de vida como valor, calidad de vida que va de la mano con el reconocimiento a la dignidad humana. Su contenido es predominantemente social, pero sin duda constituye también un derecho subjetivo en los ámbitos privado y público. En concordancia con todo se encuentra el principio de equidad intergeneracional, postulado del derecho ambiental y pilar fundamental del paradigma del desarrollo sostenible dado que tanto las generaciones presentes como las venideras tienen igual derecho al uso, goce y aprovechamiento de las bellezas escénicas, recursos naturales y beneficios proporcionados por los ecosistemas (servicios ambientales).

Como objetivos de esta rama del derecho de destacan dos:

Uno general, que tiende a la sustentabilidad y al estado socio-ambiental del derecho; y, otros específicos referidos, entre otros, a la protección de la salud y seguridad humanas, salvaguarda de la biosfera, conservación del patrimonio estético, turístico, paisajístico, prevención, reparación

y represión del daño ambiental, facilidad de acceso a la justicia, transparencia y libre circulación de la información ambiental, eficiencia económica, tutela de la propiedad, conocimiento científico y tecnológico, estabilidad social, democratización de los procesos decisorios ambientales. Por lo mismo la finalidad del derecho ambiental es velar por los intereses colectivos, no individuales sino difusos, sobre bienes de uso y goce de la población en general.

Espero que la elemental descripción de esta disciplina jurídica encargada de tutelar el ambiente sea de utilidad para evitar que la falta de su conocimiento y aplicación degraden la integridad y calidad ambiental del país, así como espero lograr desarrollar en el lector, una conciencia y mística ambientalista, a fin de que se constituyan en efectos multiplicadores de defensa de la naturaleza. “Solo lo que se conoce se ama, y lo que se ama se conserva”.