

ANTOLOGÍA DE ENSAYOS DE LAS CIENCIAS DE LA VIDA

Oswaldo Báez Tobar

OPCIÓN

***ANTOLOGÍA
DE ENSAYOS
DE LAS
CIENCIAS
DE LA VIDA***

Oswaldo Báez Tobar

ANTOLOGÍA DE ENSAYOS DE CIENCIAS DE LA VIDA

Autor: Oswaldo Báez Tobar

ISBN: 978-9942-782-28-1

Diseño e Impresión: Periódico Opción

Quito – Ecuador

2021

*A mi amada esposa
Nelly Almeida Miranda de Báez,
compañera durante 50 años de mi vida.*

ÍNDICE

INDICE	5
PRESENTACIÓN	9
PREFACIO	13
INTRODUCCIÓN	17
• Precisiones sobre la ciencia y el conocimiento científico	19
• El ensayo y su aporte a la difusión a la ciencia y la cultura	33
CIENCIA Y SOCIEDAD	41
• Pensamiento científico y desarrollo social	43
• La unidad de la naturaleza y la ciencia en la ecología moderna	47
DIVERSIDAD BIOLÓGICA	49
• Testimonio de la vida antigua en el Ecuador	51
• Evidencias de la biodiversidad del Ecuador se conservan en los herbarios y museos y en el portal BioWeb de la Universidad Católica	55

-
- Principales herbarios y museos de historia natural del Ecuador 63
 - Sobre el origen de las serpientes y las adaptaciones de las culebras “caracoleras” 73
 - El Museo Antropológico de la Universidad Central del Ecuador: testimonio de culturas aborígenes 85

ECOLOGÍA Y AMBIENTE 93

- Nuevo pensamiento ambiental, visión desde la ecología y las ciencias sociales. 95
- Humboldt y su visión de la región tropical y andina de Sudamérica 105
- Las Galápagos: archipiélago del Ecuador y excepcional patrimonio natural 115
- Incidencia del cambio climático en mares y océanos 127
- La desglaciación en los Andes tropicales 135
- De Florida a Yucatán: visión del paisaje ecológico terrestre y marino 143

CIENCIAS BIOLÓGICAS Y SOCIEDAD 151

- Influencia de la teoría de la evolución en el pensamiento moderno 153
- Las manos: una maravilla de la evolución 157
- El determinismo biológico: antiguos y nuevos rostros 165

BIOLOGÍA Y GENÉTICA MOLECULAR	175
• ADN, ARN y vacunas de ARN mensajero	177
• El genoma bajo la lupa	187
• Edición de genes entre la realidad y la ficción	197
• Epigenética: la activación y desactivación de genes	205

PRESENTACIÓN

Para el periódico Opción, es motivo de profunda satisfacción presentar este nuevo trabajo del Oswaldo Báez, destacado docente universitario, investigador y comunicador científico, editor de la sección Ciencia de nuestro medio de comunicación.

Antología de ensayos de ciencias de la vida, es una selección de artículos publicados en nuestro medio de comunicación y replicados en otros medios nacionales y extranjeros, que reunidos en este texto lo ponemos a consideración de nuestros lectores, de la juventud, de la comunidad científica y de quienes tengan interés por conocer tan importantes temas.

Están escritos con la característica erudición y prolijidad de un gran maestro, con la generosidad de un científico con profunda sensibilidad social, que tiene el propósito y compromiso de llegar a amplios sectores de la sociedad, consciente del valor que tiene el conocimiento científico en la formación integral del ser humano y en su rol como sujetos del desarrollo y transformación social. *Antología de ensayos de ciencias de la vida*, es un aporte a la formación de una conciencia científica de los pueblos.

Esta es la tercera publicación de los trabajos de periodismo científico elaborados por el Dr. Oswaldo Báez. Antes aparecieron

los libros *Ecología, Medio Ambiente y Cambio Climático* (2011) y *Ensayos Biológicos y Sociales* (2016) publicados por Ediciones Opción

Desde noviembre del año 2005, fecha desde la cual Oswaldo nos honra con sus aportes en el Periódico Opción, ha publicado más de doscientos artículos, con las temáticas: "Evolución, Medio ambiente y cambio climático, Ecología y conservación de la Naturaleza, Biología molecular y genética, Diversidad biológica del Ecuador, Biología y sociedad, Instituciones y eventos científicos, Personalidades científicas, Libros y revistas"

Antología de ensayos de ciencias de la vida, contiene veinte artículos de gran actualidad en la ciencia biológica, de la ecología, medio ambiente, de genética molecular y sus repercusiones en la sociedad, precedidos por una introducción con dos artículos magistrales: "Precisiones sobre la ciencia y el conocimiento científico" y "El ensayo y su aporte a la difusión a la ciencia y la cultura". Sin duda, los lectores podrán adentrarse en el fascinante mundo de las ciencias de la vida.

Con la publicación de esta obra, queremos reiterar el profundo respeto y reconocimiento a Oswaldo Báez Tobar, por su gran tenacidad y entrega a la docencia, la investigación y difusión científica, por su enorme sensibilidad social, por enseñar tanto y sin descanso, por ser un ejemplo nítido de lo que es la vocación de maestro, por su amor a su profesión, tan fuerte como el amor a su querida esposa y compañera de vida Nelly Almeida Miranda, a quien Oswaldo dedica esta obra por su invalorable ayuda intelectual y moral.

Queremos también agradecer a Christian Báez, sobrino de Oswaldo, quien asumió con mucha voluntad y cariño la culmina-

ción de la selección y ordenamiento temático del libro.

Ramiro Vinueza Puente
Director del Periódico Opción
Octubre 2021

PREFACIO

El ensayo científico cumple con el propósito de informar, comunicar y difundir ciencia a la vez que suscitar el análisis y la reflexión de cuestiones trascendentes y con ello promover la cultura científica en la sociedad. El ensayo recupera los aportes de los científicos a través del tiempo; sintetiza el conocimiento actual con rigurosidad científica, tanto en la presentación de los conceptos como en la articulación con las teorías científicas. Genera convergencia de conocimientos de varias disciplinas para esclarecer los problemas en forma ágil, sencilla y amigable con el lector; pues el ensayo exige precisión, claridad y elegancia de estilo, así, el ensayo logra una simbiosis entre la profundidad de ciencia y la belleza de la palabra.

El ensayo científico refleja el estado del conocimiento y del pensamiento en el tiempo en el que fue escrito. Tiene la virtud de superar las limitaciones del tratado didáctico, la frialdad del artículo científico, que, al incluir muchos datos y términos especializados hace difícil la comprensión para personas no iniciadas en la materia.

El desarrollo y prestigio hegemónico de las ciencias físicas tuvo su máxima expresión en el siglo XX, pero las ciencias biológicas ganaron espacio en las recientes décadas, hasta alcanzar una destacada posición en el ámbito intelectual, económico, social

y político, al punto que en la actualidad se han convertido en las ciencias más trascendentes. Se afirma con toda razón que el Siglo XXI es el “siglo de las ciencias de la vida” lo cual ha llevado a profundizar en la historia, la filosofía y la sociología de las ciencias biológicas.

No cabe duda, en la ciencia como en la conciencia individual y social los temas referentes a los seres vivientes pasaron a dominar la discusión en todos los ámbitos, porque la biología concierne a todos y en todas partes; eso explica su presencia en la academia, en los medios de comunicación y en todos los espacios de reflexión social y política – entendida ésta en el mejor sentido de la palabra-.

Los ensayos biológicos que forman esta **Antología** fueron escritos entre los años 2006 y 2021 con el elevado propósito de difundir temas científico-biológicos de especial interés público, a la vez que analizar sus implicaciones y repercusiones tanto para las personas como para la sociedad. Abordaron diversos tópicos de las ciencias de la vida sustentados en la biología molecular, genética, biología evolutiva, ecología y biología de la conservación. Se publicaron originalmente en el quincenario *Opción* que tuvo el acierto de instituir la sección de Ciencia por el valor que tiene la difusión y divulgación del conocimiento científico en la formación integral del ser humano y el desarrollo social. En la mencionada sección se publicaron ensayos científicos con visión integral y contextualizada, tratando de tender un puente con la comunidad, con el propósito de comunicar los avances científicos y a la vez contribuir al fortalecimiento de una cultura científica. De la edición impresa y digital de *Opción* fueron reproducidos en otros medios nacionales y extranjeros.

La presente obra es una selección de los estudios y ensayos

que mayor recepción tuvieron en la academia como en las organizaciones sociales; están agrupados por categorías temáticas para facilitar su lectura y comprensión. Fueron escritos con rigurosidad científica y con elegancia estilística. Surgieron por el interés de vincular mi actividad docente con la sociedad, en una suerte de cátedra abierta y extensión universitaria. Se enmarcaron la divulgación de la ciencia y el periodismo científico. Fueron elaborados con el mayor respeto a la ciencia y a la palabra, con honestidad intelectual y ética social.

O. B. T.

Quito, 10 agosto 2021.

INTRODUCCIÓN

PRECISIONES SOBRE LA CIENCIA Y EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En el marco de la comunicación científica se impone la necesidad de hacer algunas consideraciones teóricas sobre la ciencia y el conocimiento científico con el propósito de clarificar ideas y conceptos esenciales. La difusión y divulgación científica requieren además de una terminología adecuada, ya que a veces se la emplea con bastante ligereza e imprecisión, lo cual genera distorsiones en la comprensión de temas científicos. El presente trabajo tiene la finalidad de contribuir a la clarificación de los conceptos y de los términos de uso más frecuente. Con este propósito iniciamos formulando las siguientes preguntas: ¿Qué es la ciencia? ¿Qué caracteriza al conocimiento científico? ¿Qué diferencia al conocimiento científico de otras formas de conocimientos?

¿Qué es la Ciencia?

He aquí algunas definiciones:

“La ciencia es el conocimiento ordenado de los fenómenos naturales y de las relaciones que existen entre ellos”. (W. C. Dampier, historiador de la ciencia).

“La ciencia es la búsqueda de las relaciones de las cosas” (H. Ellis, psicólogo y médico).

“La ciencia es el conocimiento no de las cosas sino de sus relaciones” (Henri Poincaré, matemático francés).

“La ciencia natural es el intento de comprender la naturaleza por medio de conceptos exactos” (G.F. Bernhard Riemann, matemático alemán).

“La ciencia es el proceso que hace el conocimiento” (Charles Singer, historiador de la medicina).

“La ciencia puede caracterizarse como un conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. Por medio de la investigación científica, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta” (Mario Bunge, filósofo de la ciencia).

“La ciencia es la actividad organizada del hombre para comprender el mundo que le rodea” (Luis Romo-Saltos, científico ecuatoriano).

“Conjunto de conocimientos racionales, ciertos y probables obtenidos metódicamente, sistematizados y verificables que hacen referencia a objetos de una misma naturaleza”. Mario Tamayo y Tamayo, catedrático e investigador.

Las definiciones de ciencia podrían ser catalogadas en tres tipos: **a)** las que definen a la ciencia como el conjunto de conocimientos (Dampier, Bunge, Tamayo y Tamayo), **b)** las que definen como el proceso que conduce al conocimiento organizado (Singer, Remhard Riemann, Romo-Saltos), **c)** las que la definen como la

búsqueda de las relaciones entre las cosas (H. Ellis, Poincaré).

De esto se desprende que hay distintas conceptualizaciones de la ciencia:

a) Como un cuerpo de conocimientos; **b)** Como el proceso de elaboración de los conocimientos; y, **c)** Como el establecimiento de las relaciones entre las cosas.

Pero ¿cuál de estos puntos de vista es correcto? En verdad, todos son correctos. La ciencia es un cuerpo de conocimientos y a la vez también un proceso que conduce al conocimiento; pues, el conocimiento científico actual es un producto social e histórico elaborado por hombres y mujeres preparados en diferentes ámbitos del saber y que emplean procesos ordenados con el propósito de generar nuevos conocimientos y establecer relaciones lógicas entre ellos.

Con el propósito de verificar esta dualidad en la actividad científica transcribimos lo que expresara Mashall Walker al respecto de la Química: *“La química actual es un rascacielos en construcción; los primeros treinta pisos están terminados y en uso constante, mientras que el piso trigésimo primero está en construcción; y corresponde a la investigación actual. Se han cambiado muchos muros divisorios en los pisos inferiores, desde su construcción; y se harán otros cambios en el futuro. Pero cuando se estudia química ahora, se estudia la construcción tal como se encuentra en la actualidad. Es bien sabido que la estructura era diferente en el pasado y que será modificada en cierta forma en el futuro... Todos los químicos han transitado en ese mismo edificio y sus trabajos han pasado a formar parte de la estructura misma, a tal punto que será difícil separar sus contribuciones”*.

El conocimiento humano: clasificación

Si la ciencia es un conjunto de conocimientos, se podría inferir que la ciencia registra e incorpora todo tipo de conocimientos. Ciertamente no es así. Al conocimiento humano, amplio y diverso se lo ha catalogado en cuatro categorías: Conocimiento empírico, conocimiento filosófico, conocimiento teológico y conocimiento científico.

- Conocimiento empírico: Es el conocimiento obtenido mediante observaciones repetidas, frecuentemente al acaso; es el conocimiento del pueblo o conocimiento vulgar. Se caracteriza por la poca certeza sobre el fundamento científico que posee, es asistemático, carente de método. Se basa en las experiencias cotidianas y se transmite de persona a persona: “las heladas dañan los cultivos”, “la manzanilla cura el dolor de estómago”, etc.
- Conocimiento filosófico: Difiere del conocimiento científico por el método y por el objetivo de la investigación. La filosofía es la búsqueda constante de sentido, justificación, posibilidades e interpretaciones de todo cuanto envuelve al ser humano. Filosofar es interrogar por los hechos y problemas que están en torno al ser humano en el contexto histórico. Los filósofos se preguntan: ¿Qué es la materia? ¿Qué es la libertad? ¿Cuál es el sentido de la vida humana?
- Conocimiento teológico o teología: Es un conjunto de verdades reveladas por la divinidad, por lo tanto no son el resultado de la investigación, sino del estudio de los textos sagrados y se basan en el dogma de

fe y en la autoridad: Dios creó el universo, las plantas, los animales y al hombre. Todo está determinado por la voluntad divina, etc.

- Conocimiento científico: Se basa en conocimientos y experiencias anteriores, pero no los acepta a priori, ni porque provienen de alguna autoridad humana por notable que esta sea. Para que un hecho sea considerado como verdad científica debe ser verificado y comprobado mediante el método científico. Afirma Mario Bunge: "El conocimiento científico es conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable, pero no infalible. Es un producto de la actividad humana en la comunidad social y comunidad científica. Por medio de la investigación científica el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo, que es cada vez más amplia, profunda y exacta".

Isaac Newton al referirse a sus grandes contribuciones científicas había expresado: "*Si he podido ver más lejos, es porque he podido erigirme sobre los hombros de gigantes*". Hasta la obra de un genio se basa en los descubrimientos y contribuciones de otras personas que le precedieron.

Cualidades del conocimiento científico

Tres cualidades básicas caracterizan al conocimiento científico: Objetividad, racionalidad y sistematicidad.

- Objetividad, puesto que la ciencia se basa en los hechos reales y concretos, no cabe en la ciencia subjetividad o fantasía.

- Racionalidad, porque la ciencia está formada por conceptos, juicios, razonamientos; se expresa en principios, leyes y teorías. La ciencia es la mejor expresión de la razón.
- Sistemática, por cuanto la ciencia no es un cuerpo anárquico, o desorganizado de conocimientos; por el contrario, la ciencia está integrada por un conjunto orgánico, integrado, sistematizado de conocimientos.

Según Luis Romo-Saltos *“El conocimiento científico está constituido de hechos y principios firmemente establecidos y aceptados por la gran mayoría de las personas que forman la comunidad científica”*. Y enfatiza *“El conocimiento científico no es únicamente la suma de todas las observaciones, lectura de instrumentos, o de datos que se acumulan en el curso de la experimentación. Todo este agregado de información que debe ser reproducible y confiable sería totalmente incomprensible si no fuera por el concurso de ciertos principios de ordenación que se recogen en las hipótesis y teorías que son la parte esencial del contenido cognoscitivo de la Ciencia”*.

Según Mario Bunge, el conocimiento científico es fáctico, trascendente, analítico, especializado, claro y preciso, comunicable, verificable, metódico, sistemático, general, legal, explicativo, predictivo, abierto y útil. Estos atributos se explican a continuación:

- Fáctico, porque parte de hechos reales y objetivos.
- Trascendente, porque partiendo de los hechos llega más allá de ellos, los modifica y transforma para convertirlos en otros nuevos.
- Analítico, porque la ciencia descompone (pero tam-

bién compone) los objetos de estudio.

- Parte del todo, para llegar a los elementos que lo constituyen en última instancia; por cierto la ciencia tampoco puede ignorar la síntesis.
- Especializado, como consecuencia de la cualidad anterior; y del desarrollo de las ciencias, estas se dividen y especializan cada vez en nuevas y numerosas disciplinas científicas. (La Biología, una de las ciencias naturales más dinámicas y progresistas, ha creado en los años recientes la biología celular; la biología molecular; la genética, la evolución, la biogeografía, la biofísica, y otras).
- Claro y preciso, ya que la ciencia se expresa mediante un lenguaje propio, estricto y mediante símbolos, a la vez registra fenómenos con precisión cada vez mayor.
- Comunicable, dado que no es patrimonio privado, sino que se ofrece a toda persona que tenga interés y capacidad para entender la ciencia.
- Verificable, a través de la observación y experimentación.
- Metódico, porque no recurre al azar ni a la casualidad, el conocimiento científico es producto de la investigación planificada.
- Sistemático, ya que contiene un cuerpo coherente, lógicamente integrado.
- General, puesto que integra los hechos y casos parti-

culares en conceptos y principios generales.

- Legal, porque busca establecer leyes de la naturaleza y la cultura y las aplica.
- Explicativo, por cuanto la ciencia pretende explicar el mayor número de hechos en término de leyes y principios.
- Predictivo, por cuanto todo conocimiento científico explica un hecho o fenómeno no solo en el presente, sino en el pasado y en el futuro, siempre que se presenten similares condiciones.
- Abierto, en cuanto no es dogmático ni irrefutable o absoluto. El conocimiento científico no es definitivo, sino cambiante, dinámico, susceptible de perfeccionamiento.
- Útil, pues la civilización actual es científico-tecnológica. Los conocimientos científicos son útiles en todos los ámbitos del desenvolvimiento humano. La tecnología moderna es esencialmente ciencia aplicada; así la Ingeniería es física y química aplicada, la Medicina es biología aplicada.

Romo-Saltos destaca la estructura y el origen del conocimiento científico como producto de la comunidad de hombres y mujeres de ciencia: *“La ciencia es un sistema conceptual y social. Se afirma que es conceptual porque en el nivel abstracto sus componentes son los conceptos y las proposiciones que se relacionan entre sí lógicamente para constituir el sistema hipotético deductivo. La ciencia es al mismo tiempo un sistema social por su íntima relación con el*

desenvolvimiento de la humanidad, porque para hacer Ciencia se requiere del concurso del hombre en asociación con otros hombres que constituyen la comunidad científica”.

Mario Bunge concluye: *“La ciencia se nos aparece como la más deslumbrante y maravillosa de las estrellas de la cultura cuando la consideramos como un bien en sí mismo, esto es como un sistema de ideas establecidas provisionalmente (conocimiento científico) y como una actividad productora de nuevas ideas (investigación científica)”.*

Precisión de términos de uso frecuente

Conceptos científicos: Son construcciones lógicas que formulan los científicos, están expresadas de modo que manifiestan hechos o fenómenos de la naturaleza y que son reconocidos por la comunidad científica en las diferentes ramas del saber:

- Hipótesis: “Es una proposición que se plantea interinamente para explicar la naturaleza de un fenómeno o servir de guía en el curso de una investigación y está siempre sujeta a comprobación empírica” (Romo-Saltos). Las hipótesis guían la observación y experimentación.
- Ley: “Una ley científica es la descripción de una relación de uniformidad invariable de la Naturaleza en el espacio y en el tiempo en un grado de alta generalidad” (Romo-Saltos). Las leyes científicas permiten predecir hechos de la naturaleza.
- Teoría: Explicación sistemática de determinados aspectos de la realidad. Está compuesta por los prin-

principios, leyes de orden general, tiene como fin explicar algún tipo de fenómeno o fenómenos. “Es el producto de la capacidad intelectual del hombre que incluye la teorización e interpretación de la realidad. Una teoría es una estructura cognoscitiva sistemática interpretativa de las leyes naturales. Así es como las leyes y la teoría constituye los elementos pilares de la organización cognoscitiva de la Ciencia. Las leyes predicen hechos particulares, una teoría predice leyes” (Romo-Saltos).

- Investigación científica: Proceso ordenado de actividades encaminadas a ampliar y profundizar los conocimientos de la realidad. “La meta final de la investigación científica es descubrir las regularidades (leyes) de la realidad y utilizarlas para explicar, predecir o retrodecir hechos” (Bunge).
- Método científico: Proceso ordenado con la finalidad de llegar al conocimiento de la realidad natural y social. “El método científico es el producto de la evolución gradual del pensamiento humano que ha servido de instrumento para asegurar el desenvolvimiento de la capacidad conceptual del hombre” (Romo-Saltos).
- Paradigma científico: Es un modelo teórico que abarca un ámbito específico de la ciencia y que goza de aceptación general. Comprende un conjunto de conceptos, principios y leyes referentes a un área importante de la ciencia aceptado por la comunidad científica y que -conforme al avance de la ciencia-, puede ser reemplazado por otro más explicativo de

la realidad.

Conclusiones y reflexiones finales

El conocimiento humano es muy amplio y diverso, pero el conocimiento científico se diferencia de otros tipos de conocimiento porque surge del acuerdo y consenso entre los científicos, se desarrolla a partir de descubrimientos y conocimientos anteriores -pues el conocimiento no se crea *de novo*. Es un conocimiento sometido a comprobación rigurosa; es acumulativo y universal, no es patrimonio de ningún país ni grupo humano; es un bien en sí mismo, ha tenido y tiene innumerables aplicaciones, lo cual constituye la ciencia aplicada a problemas concretos de la vida individual y social. La ciencia busca la organización sistemática del conocimiento de la realidad. Explica los hechos y fenómenos de la naturaleza; formula leyes generales y teorías, con todo lo cual busca explicar por qué ocurren los hechos y sucesos observados, pues la ciencia no se limita a describirlos.

En cuanto a las definiciones de ciencia se puede concluir que son múltiples y valiosos por intentos por lograr mayor o menor grado de precisión; pero ninguna es una definición completa o perfecta, porque cada una obedece al particular enfoque de cada científico. La ciencia es tan compleja que no puede ser expresada en un enunciado, por más lúcido que este sea. En el presente ensayo se transcriben varias definiciones que pueden ser adecuadas para diferentes propósitos de los interesados en profundizar las cuestiones teóricas de las ciencias de la naturaleza, desde cuya visión se aborda el presente análisis.

A continuación se citan algunos ejemplos que podrían ayudar a precisar el ámbito de distintos niveles del conocimiento, como concepto, ley y teoría: La constitución atómico-molecular de

la materia, la estructura en doble hélice de la molécula del ADN, la evolución de los organismos son conceptos científicos que expresan verdades científicas aceptadas en forma general. Las leyes de la herencia formuladas por Gregorio Mendel y reconfirmadas por muchos genetistas constituyen un buen ejemplo de leyes que se cumplen en la transmisión de los caracteres biológicos de los seres vivos: plantas, animales y en seres humanos. La teoría atómica, la teoría de la relatividad en física; la teoría celular, la teoría de la herencia, la teoría de la evolución, son ejemplos de teorías científicas del más alto grado de generalización. El término teoría se refiere a un cuerpo de conocimientos, un conjunto bien estructurado de explicaciones y principios relacionados entre sí con el propósito de explicar hechos de la naturaleza. Este es el significado real del término teoría en el ámbito de la ciencia.

Cabe advertir que con bastante ligereza se emplea el término teoría en el lenguaje cotidiano cuando se dice: eso es solo una “teoría” o también: mi “teoría” sobre tal asunto es la siguiente (esto es, o puede ser, una aseveración o conjetura carente de evidencias objetivas; por lo tanto, eso no es una teoría tal como se entiende en el ámbito de la ciencia). El término teoría no debe ser empleado como un sinónimo de hipótesis, porque es erróneo. Es preciso tener claridad en el significado de los términos científicos; el presente trabajo busca contribuir a ese alto propósito. Para su elaboración fue necesario acudir a varias fuentes del más alto reconocimiento, en especial a las obras de Mario Bunge (1919-2020), físico y filósofo de la ciencia argentino, profesor de la Universidad de Buenos Aires; y de Luis Romo-Saltos (1925-2014), físico-químico y conocedor profundo de la filosofía de la ciencia, fue un ilustre profesor e investigador de la Universidad Central del Ecuador y la ESPE.

Referencias

- Hardin, G. 1969. Biología: sus principios e implicaciones. México. Centro Regional de Ayuda Técnica.
- Bunge, M. 1976. La Ciencia, su método y su filosofía. Buenos Aires, Ediciones Siglo Veinte.
- Romo-Saltos, L. 1984. Ciencia: Filosofía y Método. Quito, Editorial Universitaria, UCE.
- Romo-Saltos, L. 2007. Filosofía de la Ciencia. Quito, Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana., Benjamín Carrión.
- Walker, M. 1963. El Pensamiento Científico. México, Editorial Grijalbo, S. A.
- Tamayo y Tamayo, M. 1994. El proceso de la investigación científica. 3ª. Edición. México. Limusa, Noriega Editores.
- Ruiz, R., Ayala, F. 1998. El Método en las Ciencias. Epistemología y darwinismo. México, Fondo de Cultura Económica.

EL ENSAYO Y SU APOORTE A LA DIFUSIÓN A LA CIENCIA Y LA CULTURA

El ensayo científico es un escrito entre científico y estilístico. Busca reflejar el estado del conocimiento y el pensamiento en un período determinado; tiene la virtud de superar la frialdad del artículo científico de difícil comprensión para la persona no especialista en la materia; cumple con el propósito de difundir y divulgar temas de ciencia y con ello promover la cultura científica en la sociedad, a la vez que suscitar reflexiones sobre temas trascendentes. Destaca los aportes científicos provenientes de la observación y experimentación planificada, como de las teorías científicas que los sustentan; ofrece al lector información científica de alto nivel pero en forma sencilla, cálida y atrayente. El ensayo exige rigor científico, claridad y elegancia de estilo.

El ensayo científico tiene la virtud de incorporar varias disciplinas del conocimiento y generar convergencias; presenta una visión histórica y a la vez actual de la temática que aborda; emplea el lenguaje de la ciencia, se ajusta a las reglas del discurso científico, pero con un matiz didáctico-pedagógico para privilegiar la com-

prensión.

El ensayista establece un diálogo con el lector y consigo mismo para afianzar sus tesis. "Escribe con, desde y para una época". En su doble aspecto de estilista y pensador destaca la fuerza de su pensamiento. El ensayo científico requiere precisión, elegancia, claridad, y armonía. El arte de escribir ensayos científicos es el producto de un largo esfuerzo. (1) La función del buen ensayo es divulgar la ciencia pero sin vulgarizarla. Escribir ensayos científicos es un arte, se nutre de la ciencia y de la estilística. Un ensayo es el producto de una lectura de la realidad hecha con rigurosidad y respaldo de fuentes bibliográficas; plantea una tesis, la reafirma, refuta o niega. Esto, según la conceptualización teórica del autor; con ello contribuye a enriquecer el pensamiento científico de una determinada rama de la ciencia. (2)

Cultores de la ciencia, el ensayo y la divulgación científica.

Entre los científicos que han realizado aportes a la divulgación científica se debe mencionar a Carl Sagan, Isaac Asimov y Stephen Hawking (fallecido hace poco) en astronomía y astrofísica; Richard Dawkins, Richard Levontin, Sephen J. Gould, James D. Watson y Eduard O. Wilson en biología; Félix Rodríguez de la Fuente y Jaques Costeau en zoología y fauna mundial; Raquel Carson en ecología y conservación.

En el Ecuador se debe destacar las contribuciones de: Plutarco Naranjo+, Rodrigo Fierro y Eduardo Estrella+ en ciencias biomédicas; Misael Acosta Solís+, Eugenia del Pino, Fernando Ortiz Crespo+, Tjitte de Vries, César Paz y Miño, Patricio Mena Vásconez, Juan Manuel Carrión, Andrés Vallejo Espinosa, Santiago Ron, Juan Freile en ciencias biológicas, además de otros científicos jóvenes. Se debe mencionar las publicaciones institucionales como: Desa-

fío, Revista de Divulgación de la Ciencia y Tecnología de Ecuador, que editó por varios años la SENACYT y Nuestra Ciencia, revista anual de divulgación científica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (17 números publicados), revista Ecuador Terra Incógnita, así como en algunos periódicos, en especial diario El Comercio, tanto en sus ediciones impresas como digitales.

El ensayo en las ciencias biológicas.

El desarrollo y prestigio hegemónico de las ciencias físicas tuvo su máxima expresión en el siglo XX, pero las ciencias biológicas ganaron espacio en las últimas décadas de siglo anterior y del presente, hasta alcanzar una destacada posición en el ámbito intelectual, económico, social y político, al punto de constituirse en las ciencias más trascendentes; se afirma con toda razón que el siglo XXI es el “siglo de las ciencias de la vida”. El desarrollo actual de las ciencias biológicas ha motivado también el interés por profundizar en la historia, la filosofía y la sociología de estas ciencias. En la ciencia como en la conciencia individual y social los temas referentes a los seres vivos pasaron a dominar la discusión en todos los ámbitos, porque la biología concierne a todos y en todas partes; eso explica su presencia en la academia, en los medios de comunicación y en todos los espacios de reflexión social y política – entendida esta en el mejor sentido de la palabra-.

Mi aporte a la divulgación de las ciencias biológicas

Los ensayos biológicos de mi autoría fueron escritos entre 1982 y 2018; cumplieron la elevada función de difundir temas científico-biológicos y reflexionar sobre sus implicaciones y repercusiones para la sociedad. Abordaron variados tópicos de las ciencias de la vida sustentados en la biología molecular, genética, biología

evolutiva, ecología y conservación de la biodiversidad, siempre vinculados con el ser humano y con la sociedad.

Al cumplir 35 años del quehacer en la apasionante tarea de cultivar y difundir las ciencias de la vida estimo oportuno dar una mirada retrospectiva, que pongo a consideración de los amables lectores. Todos los ensayos o mejor micro ensayos (hasta la fecha más de 250) han sido publicados en varios medios de reconocida presencia en el Ecuador como: la revista Cultural de diario *El Comercio*, revista *Suma* del diario *Hoy*, diario *Expreso*, Boletín *Natura*, revistas *Nueva*, *Impulso 2000*, *Diners*, *Cátedra*, *Educación y Economía* de la Universidad Central, revista *Imbabura* del Núcleo de la Casa de la Cultura Ecuatoriana y otros.

En los últimos 13 años se han publicado regularmente en el quincenario **Opción**, que tuvo el acierto de instituir la página de Ciencia por el valor que tiene el conocimiento científico en la formación integral del ser humano como en su desarrollo social y político. De **Opción** estos trabajos subieron a la Red Voltaire de Francia, desde cuya plataforma se reprodujeron en espacios académicos en América Latina y España (Universidad de Santiago de Compostela entre otras); se publicaron también en la revista digital EcuadorLibreRed y se reprodujeron en otros medios nacionales e internacionales. Una selección de artículos dio origen a dos libros: *Reflexiones sobre Ecología, Medio Ambiente y Cambio Climático* (2011) ISBN: 978-9942-03-473-1 y *Ensayos Biológicos y Sociales* (2016) ISBN: 978-9942-14-013-5.

A partir del 2015 algunos ensayos se han publicado en la revista *América Latina en Movimiento* de la Agencia Latinoamericana de Información ALAI, y en varios medios digitales de América Latina y España: Noticias de América Latina y El Caribe; Biodiversidad en América Latina; revista *Cambio Político*; El Independiente; revista

El Ecuatoriano (de los ecuatorianos residentes en España), además en Facebook y otros. Hasta la fecha se registran unas 300.000 consultas.

Todos los escritos fueron elaborados con el mayor respeto a la ciencia y a la palabra, con honestidad intelectual y ética social; se inspiraron en el alto propósito de fomentar la conciencia del valor del conocimiento científico para el desarrollo individual y social; se enmarcaron en el periodismo científico, la divulgación de las ciencias de la vida, así como en el análisis teórico de los temas biológicos y sus implicaciones sociales y políticas. Surgieron por el interés de vincular mi actividad académica con la sociedad en una suerte de cátedra abierta por mi vocación inquebrantable por la biología y la enseñanza.

Breve revisión de los ensayos y artículos publicados

A continuación se incluye una pequeña lista que ejemplifica lo enunciado en esta nota retrospectiva.

- *Diario El Comercio: La tortuga gigante de Galápagos. Quito rebasa los límites del crecimiento. Se reduce el patrimonio genético de la Tierra.*
- *Revista Líderes: El Ecuador está en la ruta de la certificación forestal.*
- *Diario Hoy: Salarios, alimentación y salud. ¿Renace el socialdarwinismo? Galápagos: las encantadas. Trágica noche del mastodonte. Se extinguen los bosques occidentales del Ecuador.*
- *Diario Expreso: Ecuador el país de la megadiversidad*

biológica.

- Boletín Natura y Diario El Mercurio de Cuenca: *Las causas de la crisis ecológica.*
- Boletín Natura: *Las ecorregiones del Ecuador.*
- Boletín Natura-WWF Noticias: *La hora del manglar.*
- Boletín de la Red Latinoamericana de Bosques-Fundación Natura: *La certificación forestal se impone en el Ecuador.*
- Boletín Cero Carbono: *La certificación forestal impone un nuevo paradigma en la administración de los bosques y plantaciones forestales.*
- Mercurio de Manta: *La conservación de los últimos bosques occidentales: objetivo estratégico.*
- Revista Nueva: *El debate ecológico. Pesticidas veneno mortal. Crónica de El Niño terrible. Dialéctica de la Naturaleza y Dialéctica de la Sociedad.*
- Revista Impulso 2000: *De monos desnudos...a genes egoístas.*
- Revista Diners: *Galápagos en la cresta de la ola. La declaración de Santa Marta. Certificación forestal una alternativa a la destrucción.*
- Quincenario Opción: Desde el primer artículo que apareció en noviembre de 2005, se han publicado

cerca de 200 artículos en los siguientes ejes temáticos: Evolución, Medio ambiente y cambio climático, Ecología y conservación de la Naturaleza, Biología molecular y genética, Diversidad biológica del Ecuador, Biología y sociedad, Instituciones y eventos científicos, Personalidades científica, Libros y revistas.

- Revista *América Latina en Movimiento*, ALA: *Galápagos, tesoro natural del Ecuador. Humboldt y su visión de la región tropical y andina de Sudamérica*. (Hasta la fecha suman 13 artículos). (3)

La Red francesa Voltaire www.volairenet.org mantiene en línea 47 artículos publicados entre el 2005-2010, de entre ellos constan como más leídos:

- *La Teoría de la evolución biológica en el pensamiento moderno.*
- *El pensamiento científico y el desarrollo social.*
- *El Origen de las Especies, obra fundamental de Darwin.*
- *Una travesía por el maravilloso mundo de los seres vivos.*
- *Análisis de la sociobiología y sus implicaciones sociales.*
- *La unidad de la naturaleza y la ciencia en la ecología moderna.* (4)

Esta breve reseña busca ofrecer una visión panorámica de los microensayos y artículos de divulgación que han despertado especial interés de los lectores, lo cual a la vez ha constituido el estímulo para continuar con esta apasionante tarea. Al concluir esta breve reflexión me permito reproducir una hermosa expresión de

Mario Bunge, filósofo latinoamericano de la ciencia, que ha guiado mi quehacer en la academia y el periodismo de divulgación científica: “La ciencia es flor, herramienta y arma, porque ayuda a vivir, a gozar de la vida y a luchar por ella”.

CIENCIA Y SOCIEDAD

PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y DESARROLLO SOCIAL

La sociedad actual está cada vez más ligada a la ciencia y la tecnología. La vida moderna requiere cada vez más de aportes tecnológicos, sustentados en las ciencias exactas y naturales. En efecto, toda actividad individual, familiar, regional o nacional se desarrolla vinculada a la tecnología: la vivienda, la alimentación, la salud, la provisión de energía, el saneamiento ambiental, la producción agropecuaria, la industria y las telecomunicaciones, la informática y todo tipo de servicios que demanda la sociedad contemporánea, son factibles gracias a los conocimientos generados en las ciencias básicas y aplicados por nuevas tecnologías.

Sin embargo de la incuestionable dependencia que existe entre la ciencia y tecnología y el desarrollo, en nuestro país no se asigna a las ciencias la importancia y valoración social que requiere el desarrollo nacional. Aún se considera como una actividad reservada a los científicos en los círculos universitarios y politécnicos o los centros de investigación estatales y privados. Esta percepción no ha favorecido la valoración social de las ciencias ni el desarrollo científico y tecnológico. El Estado ecuatoriano en los últimos años ha relegado al sector científico-tecnológico a un plano muy secun-

dario en la planificación y en el presupuesto estatal, y por tanto también a la difusión y enseñanza de las ciencias.

En nuestra sociedad aún subyacen manifestaciones de providencialismo, de fatalismo conformista, de creencias, supersticiones y de ninguna credibilidad; por lo mismo se vuelve imperativo promover una transformación en la mentalidad individual y en el cuerpo social a través de razonamiento lógico, análisis y reflexión que se ejercita en el aprendizaje de las ciencias exactas y naturales y se traduce en nuevas y mejores formas de pensar y actuar.

Es necesario, por lo tanto, formar a la actual generación en el marco de un nuevo paradigma en el cual la educación científica constituya uno de los ejes principales; pues solo ésta asegura que los futuros ciudadanos sean capaces de interpretar eventos naturales e insertarse en un mundo cada vez más tecnificado, y a la vez analizar los fenómenos sociales con objetividad y racionalidad, mas no como hechos providenciales o determinísticos, lo cual es terreno propicio para todo tipo de engaños.

Por el desarrollo humano integral y por la necesidad de fortalecer la sociedad es imperativo que el Estado incorpore entre las prioridades nacionales el mejoramiento de la calidad de la educación con una mejor formación científica que viabilice la incorporación de los jóvenes al mundo moderno, cada vez más exigente en cuanto a conocimientos actualizados y a sus aplicaciones; en caso contrario, se ampliará la brecha con el mundo globalizado al que tenemos que enfrentar.

La ciencia moderna revela el estado actual del conocimiento científico, registra verdades probadas aunque no absolutas ni infalibles, pues el conocimiento se incrementa y perfecciona en forma permanente. La ciencia no tiene respuestas a todos los pro-

blemas, pero el camino de la investigación científica es la mejor aproximación al conocimiento de la realidad, por lo mismo, una buena ciencia es infinitamente más confiable que cualquier otra forma de entender los procesos que se operan en todos los sistemas naturales y artificiales.

La difusión y enseñanza de las ciencias, que es la socialización del conocimiento científico, tiene como objetivo crear confianza en las ciencias, y a la vez afianzar el pensamiento reflexivo y crítico, y desarrollan la actitud científica, para que las decisiones y las acciones sean resultado del conocimiento cierto y la razón. Para ello no solo que se debe enseñar buena ciencia, sino también enseñar a actuar en forma consecuente con ella.

Aprender es apropiarse del conocimiento para desarrollar nuevas y mejores formas de comportamiento individual y social. El joven que luego de aprovechar varios cursos de ciencias naturales y educación ambiental quema los árboles y arroja basura a la calle, no actúa en forma consecuente con lo que aprendió; el médico que advierte del peligro del hábito de fumar, pero que fuma ante su paciente, no es consecuente con su formación científica. Es importante por lo mismo lograr una consecuencia en el pensar y el actuar. Este cambio es el gran desafío de la educación y de la sociedad contemporánea.

Frente al preocupante “retorno de los brujos” se impone una alerta ciudadana orientada a advertir a jóvenes y adultos el peligro que entraña la proliferación de cultores de pseudociencias, ciencias deformadas, falsificadas... y otras manifestaciones subculturales que pretenden erigirse en ciencia auténtica o suplantarla con oscuros intereses. Por la salud mental de los niños y jóvenes y de la sociedad en general, es necesario denunciar con firmeza a los cultores del espiritismo, las “ciencias ocultas”, a mentalistas y

clarividentes, hechiceros y toda suerte de fanáticos, embaucadores y charlatanes que tanto mal hacen a la sociedad y han cegado la vida de muchos ecuatorianos. Los científicos, los educadores y los medios de comunicación tienen un papel importante de orientadores y guías de la sociedad.

La ciencia auténtica, que es la gran aventura del ser humano y la más noble realización del intelecto debe estar al servicio de los más altos propósitos como son el desarrollo humano integral, la justicia, la paz, la conservación de la naturaleza y el medio ambiente... De ahí la enorme importancia de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en general y de las ciencias de la naturaleza en particular; porque es el camino apropiado para inculcar en la mente de los niños y jóvenes la confianza en la verdad y en el conocimiento científico; y para alejar de su mente y del cuerpo social toda sombra de pensamiento y conducta irracional. En esto radica la importancia y la necesidad de la ciencia en la formación integral y liberación del ser humano, de frente a la nueva sociedad del conocimiento que todos deberíamos comprometernos a construir.

Por otra parte, el desarrollo científico y tecnológico, que es el motor del progreso social, debe constituir uno de los objetivos de la agenda del desarrollo, lo cual requiere el posicionamiento adecuado de la ciencia y tecnología por la sociedad nacional, en particular por las élites gubernamentales y empresariales y por la clase política.

LA UNIDAD DE LA NATURALEZA Y LA CIENCIA EN LA ECOLOGÍA MODERNA

La Ecología es una ciencia entre vieja y nueva. En varias obras de filósofos y pensadores de la antigüedad se esbozan ya algunas ideas de carácter ecológico en el tratamiento de las relaciones entre hombre y naturaleza. Empero, la Ecología como ciencia dotada de un cuerpo de conocimientos definido y una metodología propia es una ciencia de formación reciente.

De la raíz griega 'oikos', que significa casa, lugar donde se vive, la palabra 'ecología' fue adoptada por Ernest Haeckel en 1869, quien definió a la Ecología como la ciencia que estudia las relaciones entre el organismo y su medio ambiente. Según Haeckel, la Ecología debía entenderse como el conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza.

Eugene Odum, prominente ecólogo norteamericano, define a la Ecología como el estudio de la estructura y la función de la naturaleza. Para Ramón Margalef, reconocido ecólogo español, la Ecología en sentido estricto es la biología de los ecosistemas, describe la naturaleza en términos de materia, energía y organización.

La evolución histórica de la Ecología revela uno de los procesos más apasionantes de la historia de las ciencias. A partir de Haeckel se inició la construcción teórica de la ciencia ecológica, la cual tuvo un desenvolvimiento diferente al de otras Ciencias Naturales en cuyo desarrollo primó la orientación analítica y cierta forma también reduccionista. La Ecología, en cambio, siguió un camino diferente: es una ciencia de síntesis o ciencia holística, ya que busca comprender el sistema en su conjunto mediante la interrelación entre los elementos del todo. En esa tendencia se inscribe la Ecología con un gran valor epistemológico, al propiciar la síntesis del conocimiento de la naturaleza y del ser humano dentro de ella.

La Ecología inicialmente fue una ciencia descriptiva de las especies vegetales y animales en su medio natural; el enfoque orientado a cada especie en particular dió origen a la Autoecología, y en forma más reciente la Ecología de Poblaciones y Comunidades; esta última aborda el estudio de las interrelaciones entre organismos de diferentes especies, las cuales forman la “comunidad biológica” o biocenosis. Por este medio se llegó a entender el funcionamiento de las comunidades vivientes a través de sus procesos naturales: cadenas alimenticias, pirámides energéticas, dinámicas poblacionales y sus interacciones.

Este atractivo enfoque enriqueció el conocimiento de las comunidades vivientes, sin embargo pronto fue necesario buscar una entidad más abarcadora para los estudios ecológicos: así surgió el sistema ecológico o ecosistema.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA

TESTIMONIOS DE LA VIDA ANTIGUA EN EL ECUADOR

Con el afán de reconstruir la vida antigua en la región tropical y
Andina de lo que ahora forma parte del territorio ecuatoriano
ofrecemos una visión panorámica del registro fósil que se exhibe
en las colecciones paleontológicas de los museos de historia natu-
ral del Ecuador:

Visión de historia de la vida en la Tierra

En la sala principal del Museo de Historia Natural “Gustavo
Orcés” de la Escuela Politécnica Nacional en Quito se puede ad-
mirar la magnífica exhibición de la historia evolutiva de la vida en
las diferentes eras geológicas de la Tierra: Proterozoica, Paleozoica,
Mesozoica y Cenozoica y cada uno de sus períodos. Una magnífica
pintura mural resume la historia de la vida en sus más diversas for-
mas, las cuales han sido reconstruidas a partir de los fósiles; a la vez
que se exhiben piezas auténticas como la del mastodonte *Haplo-
mastodon chimborazae*, megaterio *Glossoterium wegneri*, tigre de
dientes de sable *Smilodon*... que datan del Pleistoceno. Además las
reconstrucciones del bosque petrificado de Puyango ubicado en-
tre las provincias de El Oro y Loja; los hallazgos y recuperación de

piezas paleontológicas del cantón Bolívar en la provincia del Carchi; o como se habría hecho en Alangasí y la quebrada de Chalán en la provincia de Chimborazo, que, con Santa Elena, son los principales yacimientos fosilíferos del Ecuador. (El nombre de “Gustavo Orcés” que lleva el museo se debe al primer zoólogo ecuatoriano quien trabajó en la Escuela Politécnica y en la Universidad Central del Ecuador y es el referente científico de los zoólogos del país).

Tras las huella del pasado

El Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales ubicado en el parque La Carolina de Quito exhibe una interesante muestra de la megafauna del Pleistoceno, cuyo mayor representante es una réplica completa y en tamaño real del mastodonte *Haplomastodon chimborazeae*, de 6 m de largo y 3 de alto. El ejemplar que se exhibe en el museo ha sido reconstruido a base de las piezas encontradas en Bolívar, provincia del Carchi, por el equipo de paleontólogos de las universidades de Florencia y Pisa, y el equipo de técnicos de MECN entre 1989 y 1997. En este período encontraron fósiles de mastodontes, milodontes, y microfósiles de roedores y otros mamíferos, de una antigüedad estimada entre 20 y 10 mil años, con lo cual se enriqueció el patrimonio paleontológico de país. El museo expone fósiles de aminitas, troncos fosilizados.

Encuentro con el perezoso gigante

En la reciente visita a la provincia de Santa Elena fue grato visitar el pequeño museo Arqueológico y Paleontológico, de la Universidad Peninsular UPSE que está conformado por una colección de fósiles de grandes mamíferos así como testimonios de la presencia de seres humanos en la región sur litoral. A partir de los primeros hallazgos en el año 2003 la UPSE estableció un programa de investigación, rescate y difusión de rico patrimonio arqueológico.

co y paleontológico.

Lo más relevante de la muestra es la megafauna del Pleistoceno conformada por varios especímenes que testimonian la existencia de los grandes mamíferos que vivieron en Sudamérica entre 50.000 y 8.000 años. La leyenda de los gigantes de Sumpá que fue relatada por Cieza de León en sus Crónicas del Perú (1553) se vuelve realidad en el museo denominado MEGATERIO (Bestia Gigante). La verdadera historia está aquí... Al recorrer la sala del museo el visitante se puede maravillar con el megaterio gigante casi completo, de la especie *Eremotherium laurillardi*, enorme xenarctro o edentado de la familia Megatheridae de 4-6m de alto y 4 ó 5 toneladas de peso. Este fue nuestro sorprendente encuentro con el milodón o perezoso gigante que habíamos conocido por la literatura científica; es mucho más grande que el milodón que habitó en la región andina.

En el museo se exhiben varias piezas del mastodonte de la Costa *Stegomastodon*, fue un gran proboscideo de la familia Gomphoteriidae que habría tenido 4 toneladas. El museo exhibe también piezas del carapacho del armadillo gigante *Glyptodon* de la familia Glyptodontidae; de los équidos nativos de América *Hippidium*, un caballo de aproximadamente 400 kilogramos, *Equus santa-elenaei* un caballo más reciente emparentado con el caballo actual; *Macrauchenia* una gran bestia parecida a la llama o al camello pero con una trompa más grande que la del tapir de 1 tonelada de peso; el camélido antecesor de la llama actual *Paleolama*, entre otros.

Todas las piezas paleontológicas proceden de depósitos fosilíferos de la región peninsular de Santa Elena que fue el hábitat de una abundante megafauna. Los fósiles tienen color oscuro por estar impregnados de brea; pues fueron extraídos de campos hi-

drocarbúrferos de la península de Santa Elena. (Los yacimientos de la península fueron los primeros en ser explotados en el país y continúan produciendo desde aquella época, por lo que también continúa operando la refinería de La Libertad).

Aproximación paleoecológica regional

Las características de la fauna antigua y la demanda de alimentos para los grandes herbívoros llevan a imaginar las condiciones ecológicas de la península de Santa Elena en el Pleistoceno; pues habría sido una enorme llanura cubierta de vegetación herbácea y una gran sabana cubierta de gramíneas, arbustos y árboles que en conjunto habrían conformado un ecosistema bastante productivo. Cambios climáticos fuertes debieron ser determinantes para la sustitución de esa exuberante vegetación por la vegetación actual de la península de Santa Elena que es de tipo matorral desértico y subdesértico tropical y monte espinoso tropical. Ese debió ser el escenario ecológico que sustentó a los grandes mamíferos antiguos cuyos testimonios fósiles exhibe el museo Megaterio de la UPSE.

***EVIDENCIAS DE LA BIODIVERSIDAD
DEL ECUADOR SE CONSERVAN
EN LOS HERBARIOS Y MUSEOS
Y EN EL PORTAL BIOWEB
DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA***

Los herbarios y museos de historia natural son instituciones fundamentales en el quehacer científico del país: son depositarios de colecciones científicas de gran valor para la ciencia y la cultura, guardan la memoria de las investigaciones científicas realizadas por naturalistas y viajeros en décadas pasadas, así como por científicos contemporáneos, por lo mismo son parte del patrimonio histórico y cultural del país. Conservan plantas herborizadas, animales embalsamados o naturalizados, hongos, fósiles, rocas y minerales científicamente clasificados, técnicamente preservados y organizados para el uso de los investigadores y estudiantes de diferentes ramas de las ciencias naturales en sus estudios botánicos, zoológicos, paleontológicos y geológicos, como también para la difusión mediante exposiciones permanentes y exposiciones temáticas temporales.

Los herbarios y museos proponen y ejecutan proyectos de

investigación en los ámbitos de su competencia científica, tanto por iniciativa propia como por convenios con otras instituciones nacionales e internacionales, con lo cual apoyan el fortalecimiento académico y el desarrollo de la ciencia, a la vez que la vinculación con la comunidad científica internacional; publican artículos científicos en revistas del país y del exterior; imparten conferencias, cursos y seminarios, ofrecen asesoría científica y técnica a la vez que facilitan el entrenamiento de jóvenes investigadores. En el presente trabajo se hace referencia al herbario, museo de zoología y al fungario de la PUCE por ser las entidades científicas que sustentan el portal BioWebEcuador:

- Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, QCA.

Conserva colecciones botánicas como referente histórico de la flora ecuatoriana. Ofrece a investigadores y estudiantes nacionales y extranjeros facilidades para el trabajo de investigación botánica, mediante la identificación taxonómica y localización de especies en el territorio ecuatoriano. A la fecha es uno de los más grandes del país, constituye un importante referente de la flora del Ecuador. Las principales colecciones son de angiospermas 190.000 especímenes, gimnospermas 269, pteridofitas 25.000, briofitas 6.829, líquenes 2000. Conserva 421 especímenes tipo. Comparte información botánica con 143 herbarios nacionales e internacionales. Mantiene cooperación científica con el Herbario Aarhus de Dinamarca (AAU), Missouri Botanical Garden, USA, (MO) y otros. (1) En años recientes ha desarrollado métodos moleculares para determinación sistemática de las plantas. El Herbario QCA tiene una estructura y organización conforme a las normas y estándares internacionales para su funcionamiento; es considerado un herbario seguro

y confiable para conservar las colecciones. Directora Katya Romolerux Ph.D.

- Museo de Zoología QCAZ, PUCE.

El Museo de Zoología QCAZ de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador tuvo un importante desarrollo en las décadas: 1980 a 2010, período en el que incrementó en forma muy significativo sus colecciones de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. A través del Centro de Biodiversidad y Ambiente hasta el año 2010 se han publicado 20 títulos referentes a la taxonomía, biogeografía, conservación de los vertebrados. (2). La sección de Invertebrados conserva dos millones de especímenes siendo la colección de insectos la más completa de la fauna entomológica y científicamente avalada.

- Fungario QCAM, PUCE.

Conserva más de 7300 especímenes de hongos del Ecuador. El Reino Fungi es el menos conocido entre los reinos del mundo viviente, no obstante que los hongos tienen mucha importancia en el funcionamiento de vida en la Tierra.

Breve historia de BioWebEcuador

BioWebEcuador tiene una historia reciente. Tiene como antecedente FaunaWebEcuador que se conformó y puso al servicio de la comunidad científica nacional e internacional, como de los estudiantes de ciencias biológicas la página Web de la fauna de vertebrados del Ecuador, de acceso libre con información actuali-

zada de anfibios, reptiles y mamíferos. (3)

Según Santiago Ron, el año 2008 se organizó FaunaWebEcuador gracias al apoyo de la PUCE, la SENESCYT y la Fundación JRS; se materializó la iniciativa “Arca de Noé”, importante programa para inventariar la biodiversidad del país. Parte de este programa fue FaunaWebEcuador, “fue necesario dedicar cuatro años de intenso trabajo para lograr una plataforma estable y con una estructura que permita el ingreso y administración eficientes de la información a múltiples niveles: taxonómico, bibliográfico, ecológico entre otros”. (4)

FaunaWebEcuador es un ejemplo pionero en el país de publicación en línea de bases de datos sobre biodiversidad; permite libre acceso a listas actualizadas de especies, más de 50 mil registros geográficos, 20 mil fotografías, sinopsis completa de especies, libros en formato PDF con la información de todas las especies de anfibios y reptiles del Ecuador. La política de apertura en el manejo de información de FaunaWebEcuador está inspirada en un principio fundamental: el acceso gratuito y abierto a las creaciones intelectuales es el mejor incentivo para el desarrollo del pensamiento y conocimiento de una sociedad -puntualiza Ron- al explicar la filosofía de la plataforma.

BIOWEB ECUADOR

En la actualidad la PUCE mantiene la plataforma BIOWEB ECUADOR, es el principal repositorio de la información referente a la biodiversidad del Ecuador, pues permite el acceso a una base de datos de casi 470.000 especímenes de flora, fauna y hongos y ofrece acceso a una enorme biblioteca de elementos multimedia y 210.000 imágenes.

Portales de BioWebEcuador:

- DataWebEcuador es la mayor base de datos de las colecciones biológicas del Ecuador; referentes a flora, fauna y hongos; permite el acceso directo a datos e imágenes de cientos de miles de especímenes. DataWebEcuador está conformado por: Información general, DataWebNúmeros, Proveedores, Uso de datos, y mapas de especies. Contiene el registro de colecciones del Herbario QCA, Museo de Zoología QCAZ, y Fungario de la PUCE. El equipo de DataWebEcuador está constituido por científicos y personal de apoyo; la coordinación está a cargo de Santiago Ron Ph.D., Omar Torres Carvajal Ph. D.
- FaunaWebEcuador: Incluye listas actualizadas de anfibios, reptiles y mamíferos; 50 mil registros geográficos, 20 mil fotografías, descripciones completas de especies. Más adelante se incluye información más amplia de este portal.
- FloraWebEcuador que se halla en etapa de desarrollo, a partir de las colecciones del Herbario QCA que conserva 230.000 especímenes de flora ecuatoriana y mundial catalogados e ingresados en una base de datos electrónica. La directora del Herbario QCA es Katya Romoleroux Ph.D.
- FungiWebEcuador es un portal de libre acceso dedicado específicamente a la publicación de la biodiversidad del Ecuador; tiene la misión de ofrecer información sobre los macrohongos que se encuentran depositados en el Fungario de la PUCE, QCAM.

Contiene la lista actualizada de especies, distribución geográfica, identificación y taxonomía del Reino Fungi y la Guía didáctica Hongos del Ecuador de 498 páginas: FungiEcuador.pdf. Coordinadora editorial María Eugenia Ordóñez.

BIOWEB Ecuador es una herramienta para descubrir, administrar y publicar información sobre la biodiversidad del Ecuador; da acceso en línea a bases de datos y especímenes digitalizados de fauna y flora de colecciones ecuatorianas. Es una plataforma colaborativa desarrollada por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y cuenta con la participación del Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional y el Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO. El objetivo de BIOWEB es promover el conocimiento de la biodiversidad para facilitar su investigación, manejo y protección.

FaunaWebEcuador es la enciclopedia virtual más grande de la fauna ecuatoriana; “un esfuerzo educativo liderado por un equipo de científicos ecuatorianos para dar acceso abierto e irrestricto a información biológica de la fauna del Ecuador”. Tiene los componentes: AnfibiaWebEcuador, ReptiliaWebEcuador y MammaliaWebEcuador que contienen listas completas y actualizadas de especies; cada especie tiene información referente a distribución geográfica, mapas de distribución, taxonomía, relaciones evolutivas, historia natural, hábitat y estado de conservación; además una sección de identificación en la que se listan las características que le diferencian de especies similares; guías de campo y otros ítems esenciales para el conocimiento de la fauna.

Cada uno de los componentes de FaunaWebEcuador incluye la sección de noticias, estado de conservación, la categorización según criterios de la Lista Roja, a más de una colección multimedia,

con fotografías, grabaciones... que son parte de las colecciones de QCAZ, además de contribuciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales y del Museo "Gustavo Orcés" de la Escuela Politécnica Nacional. (5) Los coordinadores editoriales de FaunaWebEcuador son: Santiago Ron, AnfibiaWeb; Omar Torres-Carvajal, ReptiliaWeb, y Jorge Brito, MammaliaWeb, quienes tienen la colaboración de jóvenes biólogos o estudiantes avanzados de la Escuela de Ciencias Biológicas.

Cabe mencionar que, además de las colecciones, se conserva la información genética en el Banco del Genoma del Museo de Zoología de la PUCE, que tiene la membresía en la Red Global de Biodiversidad Genómica con lo cual se reconoce al Ecuador como uno de los países líderes en la preservación de los recursos genéticos. En las dos últimas décadas el museo ha experimentado un importante crecimiento con el financiamiento propio, así como de la Senescyt.

BioWebEcuador es una extraordinaria forma de enseñar y de aprender importantes aspectos de la diversidad biológica del país en lo que respecta a la fauna, la flora y los hongos; con fines académicos y de aplicación práctica para el manejo y la conservación. Ofrece además acceso directo a las bases de datos:GBIF, Vertnet y Tropicos, para quienes lo requieran. En resumen, un gran avance científico y tecnológico que nos permite la nueva tecnología de la comunicación.

Referencias

- 1.- Herbarios del Ecuador: www.joethejugger.com/Funbotanica/herbarios/pdf Consultado 08/01/2018.
- 2.- Coloma, L. 2010. 40 años de Historia del Área de Vertebrados del QCAZ. En: Nuestra Ciencia. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, PUCE. Quito. No. 12, abril 2010, p.p. 22-26.
- 3.- Báez, O. 2015. Desarrollo de la Biología en el Ecuador en los últimos 50 años. En: Memorias Primer Simposio Historia de las Ciencias en el Ecuador. Comp. Gustavo Pérez Ramírez, Academia Nacional de Historia del Ecuador. Quito, 2015, pp.88-112.
- 4.- Ron, S. 2015. FaunaWebEcuador. En: Nuestra Ciencia, Publicación anual No. 17. Quito.
- 5.- <https://bioweb.bio> Consultado 09-08-2018.

Quito, 19-11-2018.

PRINCIPALES HERBARIOS Y MUSEOS DE HISTORIA NATURAL DEL ECUADOR

Función e importancia de los herbarios y museos

Los herbarios y museos de historia natural son instituciones fundamentales en el quehacer científico del país: son depositarios de colecciones científicas de gran valor para la ciencia y la cultura, guardan la memoria de las investigaciones científicas realizadas por naturalistas y viajeros en décadas pasadas, así como por científicos contemporáneos, por lo mismo son parte del patrimonio histórico y cultural del país. Conservan plantas herborizadas, animales embalsamados o naturalizados, fósiles, rocas y minerales científicamente clasificados, técnicamente preservados y organizados para el uso de los investigadores y estudiantes de diferentes ramas de las ciencias naturales, en sus estudios botánicos, zoológicos, paleontológicos y geológicos, como también para la difusión y educación a través de exposiciones permanentes y exposiciones temáticas temporales.

Los herbarios y museos proponen y ejecutan proyectos de

investigación en los ámbitos de su competencia científica, tanto por iniciativa propia como por convenios con otras instituciones nacionales e internacionales, con lo cual apoyan el fortalecimiento académico y el desarrollo de la ciencia, a la vez que la vinculación con la comunidad científica internacional; publican artículos científicos en revistas del país y del exterior; imparten conferencias, cursos y seminarios, ofrecen asesoría científica y técnica a la vez que facilitan el entrenamiento de jóvenes investigadores.

El presente trabajo es un registro de los principales herbarios y museo del Ecuador con el propósito de hacer conocer su existencia, tipología y función específica, con lo cual se espera contribuir a su mayor valoración por la sociedad.

HERBARIOS

- **Herbario “Padre Luis Sodiro”, QPLS. Quito.**

Forma parte de la Biblioteca Aurelio Espinosa Pólit, de la Compañía de Jesús. En este herbario histórico se conserva una parte de las plantas colectadas por el Padre Luis Sodiro fundado en 1870; una parte de la muestra botánica fue montada entre 1977 y 1985. Esta institución guarda también una valiosa colección de lepidópteros del Ecuador; conformada por 200.000 especímenes pertenecientes a 12.000 especies.

- **Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Central, Quito, Herbario Q**

Fundado en 1860 es el herbario más antiguo del Ecuador; conserva colecciones históricas.

- **Herbario de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, QCA.**

Se fundó en 1971 por el Dr. Bruce Macbride como una dependencia del Departamento de Biología. A la fecha es uno de los más grandes del país, tiene 200.000 ejemplares, que constituyen un importante referente histórico de la flora del Ecuador. Las principales colecciones son de Angiospermas (220.000 especímenes), helechos, palmas, gramíneas, árboles y arbustos del bosque andino y de la Amazonia ecuatoriana, además de briofitas (en especial musgos).

Comparte información botánica con 143 herbarios nacionales e internacionales. Mantiene cooperación científica con el Herbario Aarhus de Dinamarca (AAU), Missouri Botanical Garden, USA, (MO).

- **Herbario Nacional del Ecuador, Quito QCNE.**

El Herbario Nacional (QCNE) se constituyó como una sección del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, fue fundado en 1977 como dependencia del Ministerio de Educación y la Casa de la Cultura Ecuatoriana. A partir de 1987 las colecciones fueron preparadas, archivadas técnicamente. Mediante el Proyecto de Promoción Botánica, PROMOBOT que se ejecutó con fondos del Jardín Botánico de Missouri, el Herbario Nacional tuvo un desarrollo importante. A partir de 1990 se logró un incremento significativo de colecciones; hasta 2018 están catalogadas 243.164 especímenes. Se destaca la sección de Tipos (200), las colecciones de plantas vasculares: pteridofitas y

angiospermas, y las briofitas, líquenes y hongos. Es un centro de alta importancia para estudios de flora ecuatoriana, pues guarda muestras de todo el país. Tiene un programa de intercambio con otros herbarios del mundo. Desde 2017 se transformó en el Herbario Nacional del Ecuador y es la Sección Botánica del Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO que depende del Ministerio del Ambiente.

- **Herbario “Alfredo Paredes” QAP, Universidad Central, Quito.**

Es uno de los herbarios de reciente creación. Se fundó en 1990 en la Escuela de Biología. Es el tercer herbario del país en cuanto al número de ejemplares: tiene más de 80.000 colecciones botánicas procedentes de todas las regiones naturales del Ecuador continental, de preferencia de las áreas protegidas. En el herbario reposan ejemplares de plantas medicinales, musgos, hepáticas, hongos macroscópicos, frutos secos, lianas... Es un herbario de referencia para los estudios de flora ecuatoriana. Está registrado en el *Índex Herbariorum*. Publica la revista *Cinchonia*. (1)

- **Herbario “Reinaldo Espinosa” Universidad de Loja AARNR-UNL**

El herbario “Reinaldo Espinosa” depende del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad de Loja. Contiene una importante muestra de la flora regional del sur del país. Asociado al herbario está el jardín botánico Reinaldo Espinosa que es el más antiguo del Ecuador; pues, se fundó en 1949. Se halla situado en el nudo de convergencia

bioclimática cálido-húmeda de la Amazonia y cálido seco de la vertiente del Pacífico, que ha dado origen a la diversidad florística única de la provincia de Loja. Tiene una muestra representativa de 1383 especies vegetales. Cuenta con las secciones: arboretum, cultivos andinos, medicinales, ornamentales, orquídeas, plantas xerofíticas y huerto de romerillos. Está situado a 7 Km de Loja en la vía a Vilcabamba.

- **Herbario de la Universidad de Guayaquil, GUAY.**

Conserva una importante muestra de la flora de la Costa ecuatoriana y particularmente de la provincia de Guayas, de la región peninsular, de la cordillera de Chongón Colonche y de la Estación de Jauneche. Su constitución se inició en 1959 con la creación de del Instituto Botánico que fue el núcleo académico de la Escuela de Ciencias Naturales.

- **Herbario “Charles Darwin Station”, CDS, Galápagos.**

El Herbario CDS forma parte de la Estación Científica Charles Darwin, ubicada en la Isla Santa Cruz, Galápagos, se inició en 1963, año de la creación de la Estación Científica Charles Darwin.

- **Herbario de Botánica Económica, QUSF, Quito.**

El Herbario de Botánica Económica, pertenece a la Universidad San Francisco de Quito, se creó en 1994.

- **Herbario “Misael Acosta Solís” IMAS, Universidad Técnica del Norte en Ibarra.**

El herbario: “Misael Acosta Solís” pertenece a la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica del Norte, fue fundado en 1997.

Un registro completo de los herbarios del Ecuador se encuentra en la página web: [www.joethejuggler.com/Funbotanica/herbarios/pdf \(2\)](http://www.joethejuggler.com/Funbotanica/herbarios/pdf(2))

MUSEOS DE HISTORIA NATURAL

- **Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales, MECN, Quito.**

Se fundó el 24 de mayo de 1978 con la misión de investigar, inventariar y difundir el conocimiento de la naturaleza del país. Desarrolla investigaciones de la flora, fauna y paleontología. Cuenta con varias colecciones de estudio y de exhibición, entre las cuales se destacan las secciones de entomología, herpetología, mastozoología, paleontología y la sección botánica constituida por el Herbario Nacional del Ecuador, que se describe en el acápite de herbarios. Tanto el Museo como el Herbario forman parte del Instituto Nacional de Biodiversidad INABIO creado el año 2017.

- **Museo de Historia Natural “Gustavo Orcés” Escuela Politécnica Nacional, Quito.**

Forma parte del Instituto de Ciencias Biológicas, realiza investigaciones faunísticas desde la década 1950,

con referencia especial a los vertebrados y a los fósiles del Pleistoceno. Tiene importantes colecciones de peces marinos y de agua dulce, anfibios, reptiles, aves y mamíferos del Ecuador. Ha realizado numerosas contribuciones al conocimiento de la taxonomía, zoogeografía y estado de conservación de la fauna ecuatoriana, que se hallan publicados en revistas nacionales e internacionales.

- **Museo QCAZ, PUCE, Quito.**

El Museo de Zoología, QCAZ de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador tuvo un importante desarrollo en las décadas: 1980 a 2010, período en el que incrementó en forma muy significativo sus colecciones de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. A través del Centro de Biodiversidad y Ambiente hasta el año 2010 se han publicado 20 títulos referentes a la taxonomía, biogeografía, conservación de los vertebrados. (3). En años recientes conformó y puso en servicio la comunidad científica nacional e internacional, como de los estudiantes universitarios la página Web de la fauna de vertebrados del Ecuador, de acceso libre: FaunaWebEcuador, con información actualizada de anfibios, reptiles y mamíferos.

En la actualidad mantiene el portal BOWEB que es el principal repositorio de la información referente a la biodiversidad del Ecuador. Hasta 2017 el portal tiene información de más de 450.000 especímenes de distintas colecciones biológicas del país. Igualmente, mantiene la información genética en el Banco del Genoma del Museo de Zoología de la PUCE, que

ha sido admitido como miembro de la Red Global de Biodiversidad Genómica; lo que es un reconocimiento al Ecuador como uno de los países líderes en la preservación de los recursos genéticos. En las dos últimas décadas el museo ha experimentado un importante crecimiento con el financiamiento propio como de la Senescyt.

La sección de Invertebrados conserva dos millones de especímenes siendo la colección de insectos la más completa de la fauna entomológica y científicamente avalada.

- **Museo de Ciencias Naturales del Colegio Mejía, Quito**

Conserva una importante colección histórica de la fauna de vertebrados del Ecuador. La colección principal es la de aves que se exhibe en la sala principal del museo, luego de la readecuación y montaje museográfico que se realizó en 1982 con fondos asignados por el Banco Central. Es un museo de referencia para estudios fauna ecuatoriana y de educación de estudiantes de diversos niveles de formación.

Colecciones de estudio

Varios institutos y centros de investigación biológica conservan colecciones de estudio que las han formado a través de los años de trabajo de campo; son colecciones de referencia específica según el área de trabajo de cada institución. A continuación se anota a los principales.

Instituto Oceanográfico de la Armada INOCAR mantiene colecciones constituidas a partir de los estudios de oceanografía biológica realizadas por la institución desde su creación.

Instituto Nacional de Pesca INP conserva una importante colección de referencia de peces marinos de Ecuador:

Centro Internacional de Zoonosis de la Universidad Central del Ecuador CIZ UCE, fundado el año 2002, es el centro de investigación, formación científica para el control y prevención de enfermedades zoonóticas del país y la Región Andina. Cuenta con la Colección Nacional de Referencia Artrópodos de Importancia Zoonótica, CONRAZ, la cual está constituida de los más comunes vectores de enfermedades zoonóticas que afectan a humanos y animales como son arácnidos e insectos; además de la sección parasitología. A partir del año 2016 se ha convertido en el Instituto de Investigaciones en Salud Pública y Zoonosis, CIZ UCE, que tiene como finalidad proponer y ejecutar investigaciones para el fortalecimiento académico y beneficio de la sociedad.

Colecciones didácticas

Las instituciones de educación superior de todo el país han constituido y mantienen colecciones didácticas para la enseñanza de Zoología de Vertebrados e Invertebrados, Entomología, Malacología, Carcinología, Ictiología, Herpetología, Ornitología, Mastozoología y Anatomía Comparada de Vertebrados.

Referencias

1. Revista Cinchonia. Revista del Herbario Alfredo Paredes QAP, Universidad Central.
2. Herbarios del Ecuador: www.joethejugger.com/Funbotanica/herbarios/pdf Consultado 08/01/2018.
3. Coloma, L. 2010. 40 años de Historia del Área de Vertebrados del QCAZ. En: Nuestra Ciencia. Publicación de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, PUCE. Quito. No. 12, abril 2010, p.p. 22-26.
4. Báez, O. 2015. Desarrollo de la Biología en el Ecuador en los últimos 50 años. En: Memorias Primer Simposio Historia de las Ciencias en el Ecuador. Comp. Gustavo Pérez Ramírez. Publicación de la Academia Nacional de Historia del Ecuador. Quito, 2015, pp.88-112.

SOBRE EL ORIGEN DE LAS SERPIENTES Y LAS ADAPTACIONES DE LAS CULEBRAS “CARACOLERAS”

Adaptación de los reptiles a la vida terrestre

La evolución de los reptiles fue uno de los acontecimientos más importantes de la evolución de los vertebrados, porque implicó la conquista de la tierra firme. Los anfibios se quedaron en el límite entre el agua-tierra, ya que dependen de ambientes de agua dulce para su reproducción. Los reptiles fueron ciertamente los primeros vertebrados plenamente terrestres al haber desarrollado cuatro patas para caminar, pulmones para respirar en el aire, una piel seca cubierta de escamas e impermeable al agua y, además, porque se independizaron del agua para su reproducción, mediante la fecundación interna (previa la cópula), la constitución de un huevo protegido por una cubierta –calcárea o coriácea- que les permitió el desarrollo de los embriones en forma independiente del medio acuático, pues, en su interior se forma el saco vitelino, amnios, corion y alantoides que les provee de alimentos y medio

líquido en el período embrionario.

Los reptiles conquistaron la tierra y evolucionaron en líneas divergentes, que condujeron a la formación de los Quelonios (tortugas), Crocodilios (caimanes y cocodrilos), Saurios (iguanas, lagartijas, salamanquesas), Ofidios o serpientes y el tuatara, única especie viviente del grupo Rhynchocephalia. En la Era Mesozoica los reptiles dominaron la vida en la Tierra; surgieron formas muy diversas en tamaño y formas de vida, por lo que se conoce como la "Era de los Reptiles" al término de la cual se extinguieron los más grandes y sorprendentes; empero, sobreviven hasta el presente, entre otros: tortugas terrestres, marinas y fluviales, caimanes, cocodrilos y gaviales, iguanas terrestres y marinas, varanos, lagartijas, salamanquesas, además de ofidios o serpientes: boas, pitones y anacondas, víboras y culebras de todo tipo.

Todos los reptiles fueron originalmente tetrápodos y caudados que se adaptaron a diferentes hábitats y formas de vida; diversificaron su morfología, como se evidencia en la observación de tortugas terrestres y marinas, caimanes, iguanas, salamanquesas. Pero las serpientes perdieron las patas en un singular proceso evolutivo; por lo que, cabe la pregunta ¿qué llevó a las serpientes a perder las extremidades? Si el gran logro evolutivo de los reptiles fue desarrollar cuatro patas. ¿Qué ventajas adaptativas pudo haber tenido la pérdida de las extremidades en las serpientes? ¿Cómo ocurrió este cambio "regresivo" en lo morfológico? ¿Fue súbito o gradual? El presente ensayo es una aproximación a este tema apasionante sobre la base de los conocimientos de biología evolutiva y el análisis del diseño arquitectónico de las serpientes considerando las dimensiones: estructural, funcional y ecológica, para explicar su origen y evolución.

Serpientes: origen y evolución

En los animales vertebrados el esqueleto permite comprender la arquitectura profunda del animal, por lo mismo será el referente fundamental de este ensayo. La tarea es muy grande y supera en mucho el objetivo del presente trabajo, pero trataré de aportar con algunos elementos en esta línea de análisis.

El plan corporal de los vertebrados está constituido por los ejes: antero-posterior; izquierda-derecha, dorso-ventral, en torno a estos ejes se organiza el cuerpo: la cabeza, el tronco y las extremidades pares (las patas anteriores y posteriores), además de la cola; todo lo cual se halla determinado y regulado por pares de genes que actúan en un lugar y momento específico del desarrollo embrionario. Las patas son esenciales en la estructura y función de los reptiles, por lo que es difícil imaginar los beneficios de la ausencia de patas en las serpientes; pero, esta novedad morfológica les facilitó el deslizamiento en espacios estrechos que para otros era imposible acceder; por lo mismo, la ausencia de patas en las serpientes habría sido una ventaja adaptativa.

Como se conoce los Ofidios o serpientes son reptiles ápodos; empero, solo la pérdida de las patas no dio origen a las serpientes, pues hay algunos lagartos que carecen de patas, sin embargo este cambio por sí solo no les convirtió en serpientes a los lagartos ápodos; pues, estos conservan los caracteres de lagarto en su esqueleto interno y otros rasgos anatómicos. Hay peces serpentiformes: anguilas y morenas; anfibios ápodos: los cecílicos; los anfisbaenidos son reptiles ápodos con aspecto serpentiforme, de ahí el nombre de "culebras ciegas" pero no son culebras verdaderas.

En el origen y la evolución de las serpientes ocurrió una re-

organización morfoanatómica y funcional completa, en la cual los cambios más evidentes fueron: la pérdida de las patas anteriores y posteriores, el alargamiento del cuerpo, que está formado por la cabeza, columna vertebral y las costillas, hay ausencia del esternón, reducción de uno de los pulmones (pues solo uno es funcional); la modificación del cráneo, en especial el maxilar superior y las hemimandíbulas que no están fusionadas entre sí (con lo cual pueden abrir la boca para tragar presas grandes y enteras), además, el desarrollo de colmillos inoculadores de veneno, glándulas de veneno y otros cambios menos visibles.

Se conoce ahora que la pérdida de las patas ocurrió en dos momentos de la evolución de las serpientes; se produjo por efecto de mutaciones génicas que modificaron el desarrollo embrionario. Los genes Hox regulan la formación de las principales regiones y partes del cuerpo: la cabeza, el tronco y las extremidades; por lo tanto, una mutación en uno de estos genes puede producir un gran cambio en el diseño corporal. Eso fue lo que ocurrió en el origen de las serpientes a partir de sus ancestros lacertinos (similares a lagartijas); en éstos los genes Hoxc-6 que son reguladores del desarrollo de las patas anteriores no se expresaron en la formación de las serpientes, es decir, estos genes “se apagaron” en las serpientes, por lo cual perdieron sus patas anteriores. Pero además, los genes Hoxc-8, que regulan la expresión de la región pectoral, extendieron su área de influencia, con lo cual quedó definido el cuerpo de las serpientes como un “tórax extendido”, formado por vertebras y costillas, pero sin las extremidades. Los mencionados genes Hoxc-8, activaron la formación de los pares de costillas en todas las vértebras a lo largo del cuerpo de las serpientes. (Gilbert, S. 2006).

La pérdida de las extremidades posteriores ocurrió por un mecanismo diferente: consistió en la no expresión de los ge-

nes *sonic hedgehog* –determinantes para la formación completa de las extremidades en el embrión–, por lo tanto, si esos genes no llegan a expresarse el nuevo ser carecería de patas posteriores o las desarrollaría en forma incompleta. Cabe recordar que algunas serpientes primitivas como las boas y pitones tienen esbozos de patas, que están reducidas a pequeños fémures y a muñones de patas, ubicadas junto a la abertura anal (en biología se conoce como estructuras vestigiales, y son pruebas de la evolución). Hay evidencias paleontológicas de serpientes antiguas que poseían patas posteriores. En las serpientes más evolucionadas no existen ni vestigios de las patas posteriores. (Gilbert, S. 2006).

El plan corporal de las serpientes se completó con otras transformaciones en su arquitectura, como son la forma y tamaño del cuerpo (largo y cilíndrico, que les permite desplazarse con movimientos ondulatorios), la modificación de la cabeza, en especial de la mandíbula inferior (está unida al cráneo mediante el hueso cuadrado, además las dos hemimandíbulas (mitades de las mandíbulas) no están soldadas, por lo que son capaces de abrir la boca para engullir presas enteras de gran diámetro; además, desarrollaron dientes para agarrar a las presas y colmillos acanalados para inyectar veneno; algunas serpientes como los vipéridos y las boas además tienen fosas termosensibles (perceptoras del calor) con lo cual pueden detectar la presencia de animales de sangre caliente como las aves y mamíferos. Todas las serpientes son carnívoras y depredadoras engullen a sus presas enteras, las digieren lentamente y expulsan los desechos.

Hábitat y el nicho ecológico de las serpientes

En lo que respecta al hábitat, los ofidios se hallan adaptados a los ambientes terrestres, prefieren las zonas tropicales y subtropicales con clima cálido seco y cálido-húmedo; en las selvas tropi-

cales viven entre la vegetación, la hojarasca en huecos de árboles y entre las rocas; algunas especies son arborícolas; sin embargo hay algunas adaptadas a medios acuáticos, pues hay serpientes acuáticas, marinas, fluviales y lacustres; hay especies diurnas y nocturnas... Tienen muy diferentes tamaños, desde pocos centímetros a varios metros como las boas, anacondas, pitones, víboras, otras menores como las corales que han logrado adaptarse a diferentes hábitats y ocupar variados nichos ecológicos.

El nicho ecológico es un concepto fundamental en ciencias biológicas, los ecólogos lo definen según su particular comprensión teórica y le dan mayor o menor amplitud. En este ensayo consideramos los conceptos de Elton, Odum y Pianka. Según Elton el nicho de un animal es “su lugar en el ambiente biótico, sus relaciones con el alimento y los enemigos, y el status de un organismo en su comunidad”. Odum define el nicho ecológico como “la posición o status de un organismo dentro de su comunidad o ecosistema, como resultado de las adaptaciones estructurales, las respuestas fisiológicas y el comportamiento del organismo”. Y enfatiza “el nicho de un organismo no solo depende de dónde vive el organismo, sino lo que hace” con ello precisa lo que es el hábitat (lugar donde vive), y, nicho (cómo vive). En expresión de Odum; el hábitat es la “dirección” del organismo, mientras que el nicho es su “profesión”. Eric Pianka define al nicho ecológico como “la suma total de las adaptaciones de una unidad orgánica” lo que abarca todas las maneras distintas en las que un organismo se adapta a un ambiente determinado. (2)

Todas las serpientes son carnívoros, esta forma de alimentarse implica la capacidad de comer muy diversos tipos de animales, tanto terrestres, como acuáticos, invertebrados y vertebrados; algunas especies son generalistas, lo que significa que ingieren una diversidad de presas (tienen un nicho ecológico amplio), en cam-

bio, otras son especialistas, como las culebras caracoleras que comen caracoles y babosas (tienen un nicho ecológico restringido).

Nicho ecológico de las culebras “caracoleras”

Las culebras “caracoleras” ocupan un nicho ecológico poco frecuente en las serpientes, ya que “chupan caracoles” es decir engullen la parte blanda (no al caracol entero), para ello se ha modificado la anatomía del cráneo, en particular las mandíbulas que son muy móviles y les permiten sacar a los caracoles de sus conchas para luego succionarlas -conforme explica el biólogo Alejandro Arteaga-, que ha observado la forma como las culebras “caracoleras” atrapan e ingieren a sus presas.

La capacidad adaptativa de los animales es sorprendente, más aún cuando se trata de conseguir alimento para sobrevivir. El nicho ecológico de las culebras “chupa caracoles” es muy especializado, pues, deben encontrar presas de tamaño adecuado y en momento oportuno, esto explica sus hábitos nocturnos, la cabeza achatada, las mandíbulas y dientes modificados, sus grandes ojos, que les dan gran capacidad visual para ubicar a las presas, a la vez que han desarrollado en el borde de las mandíbulas pequeñas glándulas secretoras de sustancias paralizantes lo que les permite desprender a los caracoles de sus conchas.

Nuevas especies de culebras “caracoleras” en la fauna ecuatoriana

En un reciente artículo de Arteaga, A. *et al.* -que publicó la revista digital Zookeys en 2019- se reportó el descubrimiento de cinco nuevas especies de culebras caracoleras: *Sibon bevriddgely*, *Dipsas bobridgely*, *D. georgejetty*, *D. oswaldobaezi*, y *D. klebbai*. Fueron encontradas en remanentes de vegetación nativa de El Oro,

Loja y Tumbes, Manabí y Sumaco. El estudio se desarrolló entre 2013 y 2017 demandó varias expediciones a las selvas tropicales de Ecuador para buscar ejemplares de características novedosas que pudieran pertenecer a especies nuevas para la ciencia. La investigación comprendió estudios morfológicos y filogenéticos que sustentaron el reconocimiento de las cinco nuevas especies.

La determinación taxonómica, según el equipo de investigadores, se realizó gracias a estudios morfológicos y genéticos de los ejemplares recolectados, así como también de la revisión de 200 especímenes en museos del Ecuador y del exterior; la toma de muestras de tejidos de 25 individuos, extracción de ADN de casi 100 para efectos de comparación. (3)

El grupo de científicos fue liderado por Alejandro Arteaga, director de Tropical Herping (*) que logró reunir más de 10 investigadores; después de largos trabajos de campo, de gabinete y laboratorio, identificaron y describieron las cinco nuevas especies de la familia Colubridae y subfamilia Dipsadinae de la fauna del Ecuador; con lo cual materializaron una importante contribución a la herpetología neotropical.

Breve descripción de la especie *Dipsas oswaldobaezi* sp.n.

Nombre propuesto en inglés: Oswaldo Báez Snail-Eater:

Nombre propuesto en español:

Caracolera de Oswaldo Báez.

Holotipo. QCAZ 10369, hembra adulta colectada por Silvia Aldás y Gabriel Zapata, 03 de marzo de 2010, en la quebrada El Faique provincia de Loja, Ecuador. Se incluyen otros datos técnicos como: Paratipo, diagnóstico, comparación, descripción del holotipo,

historia natural, distribución, estado de conservación.

Etimología. El nombre específico *oswaldobaezi* es en honor al Dr. Oswaldo Báez, reconocido biólogo ecuatoriano e investigador que ha dedicado su vida a la enseñanza de las ciencias, pensamiento científico y a la conservación de la naturaleza, a la publicación de libros y artículos de divulgación científica. (3)

Las culebras del género *Dipsas* son nocturnas, de hábitos arborícolas, en la dieta incluyen caracoles y babosas. El diseño de las mandíbulas está especializado para alimentarse de gasterópodos; para ello insertan independientemente cada mandíbula en la abertura del caracol, enganchan los dientes recurvados en el cuerpo suave de la presa; retraen las mandíbulas inferiores para extraer el caracol de su caparazón. Las mandíbulas están diseñadas para mantener pequeñas presas resbaladizas y movedizas en la boca; son capaces de mover cada mandíbula y cada hueso pterigoides, como se describe en la ficha de la especie *Dipsas oswaldobaezi* <https://bioweb.bio>. En el Ecuador están registradas 138 especies de la subfamilia Dipsadinae, y del género *Dipsas* 18 especies, entre ellas las cinco nuevas especies. (4)

- **Tropical Herping:** organización privada que se constituyó el año 2009 con la finalidad de estudiar la vida animal en su hábitat, específicamente de los anfibios y reptiles, a la vez que aprovechar la biodiversidad del Ecuador; pero conservándola. Por algo más de 10 años viene realizando investigación biológica de campo, gabinete, laboratorio y museo. Tropical Herping ha producido artículos científicos, libros, guías de campo, fotoartículos, videos, carteles didácticos; por lo cual se ha convertido en un valioso referente en la herpetología neotropical. Promueve y pone en práctica una iniciativa exitosa de conservación a través del turismo vivencial y de

la conservación de los ecosistemas en el Ecuador: www.tropicalherping.com (5)

Agradecimientos

El autor expresa un especial agradecimiento a los distinguidos herpetólogos ecuatorianos: Omar Torres Carvajal y Alejandro Arteaga, por la lectura del manuscrito y por sus acertadas sugerencias.

Referencias

1. Gilbert, S. 2006. *Biología del Desarrollo*. Editorial Médica Panamericana, 7ª ed. 1ª. reimp. Buenos Aires.
2. Pianka, E. 1982. *Ecología Evolutiva*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. Pp. 225-226.
3. Arteaga, A. et. al 2019. Systematics of South American snail-eating snakes (Serpentes, Dipsadini), with the description of five new species from Ecuador and Peru. *Zookeys* 766,79-147 (2019). <http://zookeys.pensoft.net/> Acceso 7 julio 2020.
4. <https://bioweb.bio/faunaweb/repilesweb/FichaEspecies/Dipsas%oswaldobaezi/> Acceso 24 junio 2020.
5. www.tropicalherping.com/ Acceso 9 julio 2020.

Quito, 2 de agosto 2020.

EL MUSEO ANTROPOLÓGICO DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR: TESTIMONIO DE CULTURAS ABORÍGENES

Breve historia y fundamentación teórica

El Museo Antropológico de la Universidad Central exhibe una muestra de 12 mil años de cultura aborígen. Fue creado en 1925 como museo Arqueológico Nacional con valiosas piezas arqueológicas y de historia natural, muchas de las cuales desafortunadamente se perdieron en el incendio de la Vieja Casona, el 9 de noviembre de 1929. De ese trágico acontecimiento se pudo salvar algunas piezas, las que se conservaron celosamente hasta 1959, año en el que se incorporó a la colección una muestra de cráneos y objetos indígenas contemporáneas, con lo cual el museo adquirió el carácter de museo antropológico y etnográfico, con la dirección del doctor Antonio Santiana, quien hizo importantes contribuciones a la antropología física, y en cuya memoria lleva su nombre el valioso museo. Desde hace varias décadas el Museo Antropológico Antonio Santiana forma parte de la Facultad de

Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.

A fines del 2010 el museo se reabrió con un nuevo diseño acorde a los nuevos conceptos de la moderna museografía, pero sobre todo con un nuevo concepto museológico en el que prima la visión antropocéntrica. Según lo que expresara de Holger Jara cuando fue director: “el Museo Antropológico Antonio Santiana conserva una colección arqueológica de 1300 piezas y resalta la figura humana, plasmada en esculturas y artefactos utilitarios y rituales, inspirados en personajes reales que hablan no solo de un antropomorfismo sino también de un antropocentrismo de los pueblos prehispánicos”. (1)

El viejo museo tiene ahora un nuevo y atractivo diseño, está conformado por murales, dioramas, textos explicativos y 27 vitrinas en la cuales se exhiben valiosas piezas de colecciones que pertenecieron a Jacinto Jijón y Caamaño, Federico González Suárez, Max Uhle y Antonio Santiana; todo lo cual se halla integrado en la concepción antropocéntrica del museo. Esta concepción contribuye a desvanecer el mito de América como el continente inferior y sin memoria histórica, y a desmitificar la vieja tesis eurocentrista de la inferioridad de los pueblos americanos. “Frente al tal visión deformada y ahistórica, se redescubre a nuestros pueblos y a su proceso de su evolución cultural, en el tránsito de primitivas formas comunitarias hacia formas pluriclasistas de división del trabajo, lo cual se expresa en el desarrollo de múltiples ámbitos del saber y el hacer; como en la cerámica, la agricultura, la construcción de viviendas, caminos, embarcaciones, monumentos ceremoniales, textilería, orfebrería, platería, medicina. Se destaca el uso y conservación del suelo y del agua, mediante los cultivos en terrazas y la construcción de canales de riego; el conocimiento de la flora y fauna nativas, y la sabia utilización de las plantas medicinales... para la satisfacción de sus necesidades básicas: alimentación, vivienda,

vestuario, comunicación, fabricación de herramientas y objetos ceremoniales...” (2)

En lo que ahora es el territorio ecuatoriano los pueblos aborígenes iniciaron el cultivo de varias especies vegetales como la papa, el camote, el maní, el fréjol, el melloco, la naranjilla, la oca, la yuca... todo eso indica que conocían variadas técnicas autóctonas de cultivo de especies nativas, con lo cual legaron al mundo nuevas especies cultivables que alimentan a gran parte de la población mundial; además de plantas de uso industrial como el algodón, el tabaco y plantas medicinales. Gran parte de este conocimiento pervive en la memoria de los pueblos de la Costa, Sierra y Amazonía.

El hombre prehispánico desarrolló una serie de técnicas extractivas acumulando conocimientos desde la más remota antigüedad y aprovechando los materiales de la naturaleza. Los principales tipos de embarcaciones que sirvieron para la pesca y el transporte fueron las balsas construidas con palo de balsa, mástiles de madera, velas de tela de algodón; canoas excavadas en troncos, balsas de totora, balsas de cuero de lobo de mar, y balsas de calabazas. Las artes de pesca eran muy variadas: se pescaba con anzuelos de concha y metal, arpones, redes de diferentes formas y tamaños. Se practicó la pesca de arrastre, aprovechando las mareas, en los brazos de mar se construían empalizadas o se colocaban redes de estacada; en los ríos se hacía trampas de ramas y bejucos... (3) En bien logrados dioramas e ilustraciones el museo presenta secuencias históricas de la evolución cultural de los pueblos que habitaron la Costa, la Sierra y Amazonía.

Con el advenimiento de la Colonia, la dominación europea impuso una visión etnocéntrica: el mundo no europeo es el mundo no desarrollado, privado y excluido de “dignidad histórica” y

reducido a un nivel marginal y folklórico. Esta visión europea del mundo devino en la única visión posible. La conquista significó una ruptura del desarrollo autónomo; escindió la historia de nuestra antigüedad e impuso la implacable lógica universal del progreso, esto es, que las primeras sociedades clasistas y preclasistas fracasan frente al embate de la vigorosa civilización del capitalismo en desarrollo... se escindió la historia en su inexorable continuidad. Hacia la primera mitad del siglo XV, la obra estaba en marcha. El encubrimiento de América era un hecho: la futura economía colonial se fue estructurando a partir de esta vigorosa organización económica y social altamente desarrollada por la civilización indígena. Los españoles encontraron fáciles puntos de apoyo a la transferencia y afianzamiento del nuevo orden material y técnico que implantaron en los dominios de ultramar (4).

La historia oficial destacó las “hazañas” de los conquistadores pero ocultó la verdadera historia de los pueblos americanos: sus técnicas para enfrentar los problemas básicos de la sobrevivencia y reproducción social, sus conocimientos protocientíficos del entorno físico y del mundo viviente. Muchos de esos conocimientos una vez procesados, racionalizados y sistematizados pasaron a formar parte del acervo científico universal.

Hace cinco siglos se edificó el mito del continente inferior y sin memoria para justificar la explotación y el genocidio colonial; ahora se pretende levantar el mito del fin de la historia para imponer el pensamiento hegemónico y la política de dominación global. En este contexto el Museo Antropológico de la Universidad Central aporta al fortalecimiento de la conciencia de nuestro pasado y de su larga historia. Jorge Trujillo, coordinador del Museo expresa en forma elocuente: “Nuestro Museo, el museo de los ecuatorianos, ha cumplido y cumple esos roles de afianzamiento de la identidad, que le fueron asignados en la salvaguarda de las

coleccionaciones que provienen de investigaciones metódicas iniciadas por Max Uhle, en 1919, y antes de él por González Suárez” (5). Años más tarde fue incrementado por el mismo Uhle, Jijón y Caa-maño, Carlos Manuel Larrea, Antonio Santiana y Angélica Carlucci.

Nueva etapa, nuevas realizaciones

El Museo ha iniciado una nueva etapa, pues fue reinaugurado el 23 de abril de 2018 y forma parte de la Carrera de Pedagogía de la Historia y las Ciencias Sociales de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación, pero que está abierto a otras facultades de la Central como a instituciones de educación de todo el país.

Cabe destacar además que en esta nueva época el Museo se decidió reeditar la Revista HUMANITAS (como Boletín Humanitas fue concebido y editado por Antonio Santiana, su fundador y director entre 1959 y 1966; cuando estaba por concluir la impresión del VI: I del Boletín, falleció Antonio Santiana el 29 de diciembre de 1966). “Su muerte dejó una huella de consternación hondamente sentida en la Universidad Central, donde puso toda su sabiduría de antropólogo eminente” (6).

Como expresa Jorge Trujillo en la presentación de la Nueva Serie, I: I (2019) HUMANITAS Revista semestral del Museo Antropológico Antonio Santiana: “Este número inaugural de la nueva serie, editado en formato impreso y digital, contiene una historia del Museo desde su origen en el año 1925, y de los personajes que estuvieron vinculados a su quehacer investigativo y pedagógico” (7). En el primer número de la elegante publicación que el Museo puso en circulación en este año se destacan los artículos: Origen y trayectoria de las Ciencias Humanas; Reseña Histórica del Museo Antropológico Antonio Santiana; Personajes Vinculados; Orígenes

de la Antropología, la Arqueología y el Museo Antropológico; Legado académico de Antonio Santiana; Libros y artículos de Antonio Santiana (se registran 43 de su autoría y coautoría); Boletín Humanitas, Órgano del Instituto de Antropología y Museo Etnográfico de la Universidad Central: contiene el índice de todos los artículos publicados desde 1958 hasta 1969-70, por prestigiosos investigadores como: Udo Oberem, José María Vargas, Emilio Estrada Icaza, Paulo de Carvalho Neto, Jorge Salvador Lara, Ángel Bedoya, Constanza Di Capua, Pedro Porras Garcés, Hernán Crespo Toral, Naptalí Zúñiga, Antonio Santiana, María Angélica Carlucci y otros, que dan cuenta de importantes estudios sobre arqueología, etnografía y antropología sudamericana. Humanitas es "canto a la libertad y dignidad del ser humano, lo cual es la filosofía originaria del boletín" enfatiza Trujillo. En el próximo número se publicará una selección de estudios que aparecieron en la primear época del Boletín.

La Revista HUMANITAS reaparece luego de 50 años de silencio, con nuevo formato pero con el mismo espíritu que inspiró a su ilustre fundador Antonio Santiana (1906-1966), quien fuera cifra mayor de la etnografía y antropología en el Ecuador durante varias décadas del siglo pasado; impartió las cátedras en Anatomía Humana en la Facultad de Medicina, de Embriología, Antropología Física y Cultural en la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad Central. Con la publicación de HUMANITAS se le tributa un merecido homenaje y se da continuidad a su trayectoria de académico e investigador.

La palabra latina *humanitas* significa humanidad, humanidades, humanismo. La universidad es la expresión de la universalidad del pensamiento que pervive a través del tiempo. Humanitas y universidad son términos que se conjugan en su esencia y en su proyección; por lo mismo la reaparición de la revista HUMANITAS es motivo de congratulaciones en el ámbito académico y cultural.

La página de Ciencia del periódico Opción le da su enhorabuena y le desea larga vida.

Referencias

1. Jara-Chávez, H. 2010. Cosmovisión antropocéntrica de las culturas del antiguo Ecuador. *Museología, Museografía y Catálogo del Museo Antonio Santiana*. Biblioteca Básica de Quito, BBO/37. FONSAL.
2. Paredes, D. 1989. Ecuador: Ciencia y Tecnología Precolonial. Editorial El Duende. Quito.
3. Estrella, E. 1988. El Pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador. Ediciones Abya-Yala. Quito.
4. Paredes, D., op. cit.
5. Trujillo, J. 2019. Origen y trayectoria de las Ciencias Humanas. En *Humanitas, Revista semestral del Museo Antropológico Antonio Santiana*, Nueva Serie I:1,
6. *Humanitas, Boletín Ecuatoriano de Antropología*, Editorial Universitaria, Quito, Ecuador, 1966.
7. Trujillo, J. 2019. *Humanitas*, p. 9.

ECOLOGÍA Y AMBIENTE

NUEVO PENSAMIENTO AMBIENTAL: VISIÓN DESDE LA ECOLOGÍA Y LAS CIENCIAS SOCIALES

La antigua concepción idealista del mundo occidental impuso la dicotomía: hombre versus naturaleza; situó al *Homo sapiens* sobre la naturaleza por considerar que lo material es inferior y distinto al espíritu humano. Ese dualismo filosófico fundamentó el pensamiento económico de occidente y dió origen a la actual sociedad tecnológico-industrial que convirtió a la naturaleza una fuente gratuita de materia prima, en un bien de libre acceso de donde se podía explotar sin límites ni reservas; en una entidad amorfa susceptible de ser manipulada y convertida en un objeto de intercambio, así se transformó a la naturaleza en “capital natural”.

En la sociedad tecnológico-industrial el aparato productivo funciona en forma mecanicista como un flujo abierto y unidireccional de materia y energía: por un lado ingresa materia prima y por el otro salen productos con diverso grado de aprovechamiento y desechos. Este sistema dotado cada vez de tecnología y maquinaria más destructiva, operó sin límites en el tiempo y el espacio por

más de dos siglos. Los hitos principales son la producción en masa, la industria bélica, la producción de la sociedad de consumo (cuya obsolescencia está planificada), la tecnología de la era espacial, las armas atómicas, la era de la computación, la informática y la robótica; todos ellos materializados en complejos industriales gigantes y arsenales altamente destructivos de la naturaleza, además de inmensas cantidades de desechos contaminantes y energía no utilizable. El calentamiento global, la contaminación y degradación ambiental, la pérdida de diversidad biológicas son la consecuencia inevitable de este modelo de sociedad de consumo y desperdicio que deberá ser objeto de una auditoría rigurosa para determinar su real efecto en la naturaleza y la humanidad.

La civilización industrial ignoró deliberadamente el funcionamiento de las leyes de la ecología; olvidó que el ser humano es parte inseparable de la naturaleza y que se halla inmerso en su compleja dinámica. Esa omisión determinó la actual crisis ecológica mundial que es solo una manifestación de la crisis de la "modernidad" derivada del culto moderno del mercado, el dinero y la tecnología, en suma una crisis de la civilización de egoísmo y de las cosas (Báez, R. 2000). Una crisis en la cual el mayor responsable de los daños ecológicos globales es un sistema que se "globalizó globalizando la explotación de la naturaleza" (Porto-Goncalves, 2006). Esta circunstancia que vive la humanidad exige un esclarecimiento desde la vertiente del pensamiento científico, filosófico y político.

Contribuciones de la Ecología

La ecología - ciencia biológica que emergió con mucho fuerza heurística en las últimas décadas - proporciona un cúmulo de conocimientos que hacen posible una interpretación científica los sistemas ecológicos. Al postular el concepto de ecosistema, la

ecología descubrió la estructura y el funcionamiento de la naturaleza “demuestra que todo ecosistema es un conjunto en el que los organismos, los flujos de energía y los ciclos biogeoquímicos se hallan en un “equilibrio estable”, es decir, que son entidades capaces de automantenerse, autorregularse y autorrepararse independientemente de los sociedades y bajo leyes y principios naturales; revela los mecanismos por los cuales la naturaleza se renueva continuamente. Para ser eficiente (y sustentable) la producción debe realizarse en armonía, no en conflicto con las leyes ecológicas”. (Toledo, 1987)

El pensamiento económico liberal al ignorar tales procesos fue incapaz de comprender la gravedad de los efectos ecológicos derivados de su aplicación; a ello se debe, en gran parte, la miopía para ver las agresiones contra la naturaleza y el real desmantelamiento de la ecósfera y sus consecuencias socioambientales. Esa visión deformada de la economía ha llevado a valorar las acciones humanas exclusivamente en términos monetarios, en ganancia efectiva y rápida, sin considerar los efectos a largo plazo sobre la naturaleza.

En el sistema económico de acumulación “la expansión de la producción en aras de las ganancias alcanza su apogeo, incorporándose a ella el cuerpo humano, la conciencia humana, y una gran parte del medio natural”. (Novik 1982). Este sistema solo incluye “activos” en sus balances, en su contabilidad no caben los “pasivos ambientales” derivados de su funcionamiento -que por cierto no pueden ser valorados únicamente en términos monetarios-, como son el agotamiento de los recursos naturales, deterioro de los sistemas ecológicos, el envenenamiento del ambiente (contaminación), la simplificación de la biosfera, el calentamiento global y sus efectos catastróficos que registra la historia reciente.

El aparato tecnológico industrial del mundo desarrollado creció en base a la explotación del “capital natural” y su prosperidad se levanta en forma parasitaria a expensas de la destrucción de la naturaleza. En ese marco conceptual encajaron perfectamente los nuevos mitos del crecimiento y desarrollo, la sociedad de la abundancia, el paraíso del consumismo, el estilo “superior” de vida, y la versión contrastante: el subdesarrollo. Ese camino de ciertas naciones se convirtió en destino trágico de la mayoría de los países de la Tierra y a la vez ha llevado al clímax de la confrontación hombre-naturaleza. Todo ello clama por el buen sentido y la rectificación.

La ecología teórica demostró que el sistema natural se sustenta en los procesos cíclicos de la materia, es autorregulado, se mantiene en equilibrio dinámico, no se contamina ni autodestruye, es creativo e innovador; evoluciona en sentido ascendente en lo cualitativo y cuantitativo, ha conducido al nivel más alto de organización de la materia; llegó a generar manifestaciones superiores en el mundo viviente, como son la capacidad de pensamiento y de reflexión, atributos exclusivos del ser humano; con ello la naturaleza logró conciencia de sí misma. “Sin la biósfera no hay especie Homo sapiens, y sin éste, es, naturalmente, inconcebible ningún progreso social. Por consiguiente, la destrucción de la naturaleza es la destrucción del hombre, el cese de su progreso”. Novik (1982).

El modelo económico utilitario es su antítesis, origina la crisis ecológica ya evidente en todas partes, es responsable de la crisis económica, social y política y amenaza destruir los cimientos éticos del mundo moderno. La civilización tecnológica moderna tiene una inmensa deuda con la naturaleza, **la deuda ecológica**, porque excluyó de sus cálculos de costo-beneficio, el factor ecológico, de su omisión deliberada deviene en gran parte su prosperidad. La descrita no es la economía “amigable” con la naturaleza, sino una

forma de economía contra la naturaleza. Por esto es imperativo ético que los países más desarrollados fijen sus límites de crecimiento económico y que los países de menor desarrollados no traten de imitar los patrones de consumo y las formas de vida de países como los Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Japón entre otros; puesto que el sistema de la ecósfera tiene recursos finitos y una capacidad limitada de sostenimiento.

El concepto de *huella ecológica* permite estimar el consumo de recursos y la asimilación de desperdicios de una población humana específica, desde un individuo hasta una ciudad, país o economía en relación a un área de tierra y agua ecológicamente productiva. La huella ecológica puede ser evaluada en todos los niveles: individual, familiar, regional, nacional y mundial. Desde comienzos del siglo anterior la tierra ecológicamente productiva disponible ha disminuido; lo que indica la existencia de déficits ecológicos nacionales en casi todos los países industrializados. Se define el déficit ecológico como la diferencia entre la huella ecológica y la capacidad ecológica disponible (Falconí, 2002). Estos nuevos instrumentos de análisis generados en el marco de la economía ecológica son en verdad esclarecedores en el momento crucial que vive la humanidad; como remarca Porto Goncalves (2006) “el planeta está en peligro por una sociedad capitalista cuya injusticia social se sustenta en base a una profunda injusticia ambiental”.

En este escenario la ecología teórica tiene grandes implicaciones económicas, sociales y políticas; ha rebasado el ámbito biológico- naturalista para convertirse en una disciplina integradora, universal que articula las ciencias naturales y sociales. La ecología, una ciencia interdisciplinaria nacida de las ciencias naturales, se nutre de las ciencias sociales y alcanza una nueva dimensión. (Oliver, 1981).

La ciencia ecológica alcanza una importancia capital ya que permite establecer las relaciones adecuadas entre el hombre y la naturaleza; por lo que se vuelve fundamental en la planificación de la economía del país y el diseño de innovadoras políticas ambientales. Las contribuciones teóricas de la ecología han permitido establecer enlaces necesarios entre las políticas económicas y las políticas ambientales con el propósito de alcanzar el desarrollo que garantice la perdurabilidad de los sistemas ecológicos, mediante la consideración de las siguientes dimensiones: *social* fundamentada en la distribución equitativa de la riqueza, *económica* que se expresa en la eficaz repartición y gestión de los recursos, *ecológica* a través del respeto a la capacidad de autoreproducción de los ecosistemas, *espacial* en términos de mayor equilibrio campo-ciudad y de las actividades económicas el territorio, y, *cultural* a través de una pluralidad de soluciones locales que tomen en cuenta las diferencias culturales y la diversidad de los ecosistemas naturales. (Da Ros, 1997).

Las ciencias ecológicas han enriquecido y renovado las ciencias económicas y se espera que iluminen una nueva política. Son encomiables los esfuerzos por convertir a la Economía y a la Ecología de ciencias antagónicas en ciencias complementarias a través de un nuevo enfoque ecológico de la Economía. (Serrano, 1987).

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, CNUMAD, conocida como la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, 1992, consagró el desarrollo sostenible en el marco del concepto de sustentabilidad, y también abrió nuevas líneas de análisis en lo económico, socioambiental y político. En esta vertiente de pensamiento se sitúa la economía ecológica, que considera la sostenibilidad como una relación entre los sistemas económicos y ecológicos, además de la igualdad distributiva intra e intergeneracional, como también la igualdad en las relaciones

internacionales.

La economía ecológica al estudiar la relación entre los ecosistemas y los sistemas económicos, ofrece una explicación consistente de la mayoría de los problemas actuales: calentamiento global, pérdida de biodiversidad, pobreza y distribución desigual de la riqueza, y otros; por lo mismo, la economía ecológica es definida como la ciencia y manejo de la sostenibilidad; requiere de un enfoque interdisciplinario que exige “orquestrar las ciencias” y trabajar bajo un pluralismo metodológico. (Falconí, 2002). Enfoque atractivo y promisorio, pero que aún es insuficiente para enfrentar la problemática ambiental global.

En esta reflexión en la que se integran categorías ecológica, económica y política es oportuno recordar una elocuente expresión de Arturo Eichler que resume ciencia y humanismo, y que a pesar de haber sido formuladas hace varios años tienen plena vigencia: “La ecología constituye actualmente un punto de cristalización de una nueva esperanza. En las consideraciones sobre la problemática ambiental y las posibles “propuestas para la acción” hay que reconocer que los problemas, más que técnicos son ahora políticos y morales. (Eichler, 1991).

La crisis ambiental y social de la modernidad en los albores del siglo XXI exige abordar el problema desde una óptica más amplia e integral, enmarcada en la vertiente de la filosofía ambiental. En efecto, el pensamiento ambiental y la construcción de una filosofía que incorpore la dimensión ambiental están ganando espacio en la reflexión académica contemporánea, como una respuesta necesaria al excesivo reduccionismo del pensamiento hegemónico. Este pensamiento nacido en la cultura dominante ha ejercido un “efecto sombra” al negar la diversidad de perspectivas de las sociedades en cuanto a sus valores, sistemas de economía y

valoración ética. El “efecto sombra” de los modelos políticos y económicos dominantes debe ser superado, pues es un imperativo para la supervivencia de la humanidad “abrir claros” que permitan expresar la mega diversidad de valores éticos y anhelos de vida latentes en América Latina y el mundo. (Primack, R. et al. 2001).

El nuevo pensamiento ambiental pretende sintetizar lo más avanzado del pensamiento científico social contemporáneo; busca recuperar cosmovisiones, principios y valores que conservan los pueblos y culturas milenarias de oriente y occidente.

El pensamiento ambiental está constituyéndose en una construcción teórica inter y transdisciplinaria que cruza de manera transversal la totalidad de las disciplinas; que permite construir conceptos, valores, símbolos y prácticas transformadoras de la sociedad, que lleve a las personas y a la humanidad a actuar con responsabilidad ambiental, para que el *Homo sapiens* se asuma como naturaleza y que actúe bajo una nueva ética. Esto exige una reingeniería del pensamiento mediante aproximaciones interdisciplinarias como la ética ambiental, el derecho ecológico, la economía ecológica, la antropología ecológica, la ecología política, la historia ambiental, el periodismo ecológico y la ecología humana. La aproximación transdisciplinaria no supone abolir las disciplinas sino su integración dentro de un enfoque holístico y sistémico en el marco de la filosofía ambiental. Es fundamental salvar las distancias entre las humanidades y las ciencias. (Primack, R. et al. 2001).

El nuevo pensamiento ambiental está ganando un importante espacio en las reflexiones académicas de la presente década y se espera que iluminen el camino de la humanidad.

Referencias

1. Báez, R. 2000. El doble derrumbe de la modernidad. Un enfoque ético. Discurso pronunciado en el Colegio de Economistas de Quito, 23.11.2000
2. Da Ros, G. 1997. Actividad económica, recursos naturales y políticas ambientales. En: Laboratorio de Economía. Revista de la Facultad de Economía de la Pontificia Universidad Católica. Quito, pp. 13-20.
3. Eichler, A. 1991. En: Periodismo y Medio Ambiente. Memoria del Seminario sobre periodismo y medio ambiente. Nov. Dic. 1990, CIESPAL, Quito.
4. Falconí, F. 2002. Economía y desarrollo sostenible. ¿Matrimonio feliz o divorcio anunciado? El caso de Ecuador. FLACSO, Sede Ecuador, Quito.
5. Novik, I. 1982. Sociedad y Naturaleza. Editorial Progreso. Moscú.
6. Oliver, S. 1981. Ecología y subdesarrollo en América Latina. Siglo XXI editores, S. A. México.
7. Porto-Goncalves, C. 2006. Del efecto invernadero y de los efectos del capitalismo. En: América Latina en Movimiento. No.412. 2006.
8. Primack, R., Rozzi, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., Massardo, F. 2001. Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas Latinoamericanas. Editorial Fondo de Cultura Económica. México.
9. Serrano, V. 1987. Economía y Ecología. CORDES. Quito.
10. Toledo, V. M., et al. 1987. Ecología y autosuficiencia alimentaria. Siglo XXI editores, S. A. México.

HUMBOLDT Y SU VISIÓN DE LA REGIÓN TROPICAL Y ANDINA DE SUDAMÉRICA

Alexander von Humboldt cursó estudios superiores en las universidades de Berlín, Gotinga, Hamburgo y en la Escuela de Minas de Freiberg; estudió matemáticas, botánica, zoología, anatomía comparada, geografía, geología, vulcanología, minería, lenguas e historia de la cultura. Sus primeros 30 años los dedicó a su preparación científica y al entrenamiento expedicionario. Luego empezó a planificar el viaje a tierras equinociales de América que lo realizó entre 1799 y 1804. Durante 50 años trabajó en el análisis e interpretación de datos, la redacción y publicación de sus obras. “Mi verdadera y única finalidad es investigar cómo se entretrejen todas las fuerzas naturales, la influencia de la naturaleza muerta sobre el mundo vivo animal y vegetal” expresó Humboldt. (Mayer-Abich, 1985).

Los conocimientos científicos de Humboldt fueron los más avanzados de su época; a eso se sumó el dominio del método y técnicas de investigación, pues sostuvo que no puede haber conocimiento científico sin demostración verificable. Estudió la geo-

grafía y geología de la región tropandina, así como a las plantas y animales en relación con las condiciones ambientales; observó y describió a las personas en sus contextos sociales, económicos, políticos e históricos.

Expedición a la región tropical y andina de América

La expedición comprendió tres períodos: la exploración del Orinoco, el viaje a la región tropical y andina, el viaje a México y Filadelfia.

Desde Cumaná partió a la exploración al Orinoco: descubrió la selva tropical y los llanos, navegó por los ríos Apure, Atabapo, Orinoco, Casiquiare y Negro que desemboca en el Amazonas, con lo cual descubrió la relación entre las dos grandes cuencas hidrográficas.

La expedición andina la inició en Cartagena, navegó por el río Magdalena hacia el sur, llegó Bogotá para reunirse con el botánico José Celestino Mutis con quien compartió descubrimientos de las expediciones botánicas en las tierras de Nueva Granada. Ascendió a la cordillera oriental cruzando el páramo del Quindío para luego descender al valle del río Cauca. Continuó el viaje hacia el sur por caminos montañosos y páramos hasta Pasto, para dirigirse al valle de Ibarra y continuar la travesía hacia Quito donde se estableció para proseguir sus estudios botánicos y vulcanológicos: ascendió al Pichincha, Chimborazo, Antisana, Cotopaxi, Tungurahua e Illiniza. El punto culminante fue el ascenso al Chimborazo, donde contempló la “serena grandeza y majestuosidad que caracterizan a los paisajes de los trópicos”.

Continuó su expedición hacia el sur del macizo andino cruzando por los valles interandinos y por gélidos páramos hasta Rio-

bamba, Cuenca y Loja para descender al Marañón y luego dirigirse a Cajamarca; conoció las ruinas del imperio incaico y el Camino del Inca; visitó Trujillo y se dirigió a Lima. Desde el puerto de El Callao zarpó hacia Guayaquil desde donde emprendió excursiones a las selvas tropicales de Babahoyo. De Guayaquil navegó a México, ingresó por Acapulco y recorrió de oeste a este el país azteca hasta el puerto de Veracruz, trazó el mapa altimétrico del Pacífico al Atlántico. En la ciudad de México participó de la vida científica en el Colegio de Minería, luego viajaría a Cuba y a Filadelfia antes de retornar a Europa. Así, Humboldt concluyó su histórica expedición que le permitió redescubrir América tropical para la ciencia y hacer trascendentales contribuciones a las ciencias naturales.

]

Obras científicas

- *Viaje a las regiones equinocciales del Nuevo Continente*. Obra en 35 volúmenes, publicados en París entre 1805-1834. Incluye varias obras subordinadas, entre ellas: *Ensayo sobre la geografía de las plantas*, acompañado de una tabla física de las regiones equinociales (1807), y *Nova génera de especies de plantas*, que contiene la descripción de más de 4000 especies de plantas, realizada por Humboldt, Bonpland y Kunth. *Plantes Équinoxiales*, en dos tomos, describe por primera vez varias plantas americanas, entre ellas la cinchona o quina.
- *Observaciones Zoológicas y Anatomía Comparada*, París, 1799-1803.
- *Cuadros de la Naturaleza*.
- *Cosmos*. Contiene una descripción del mundo físico

observado y estudiado durante 50 años; representa la síntesis filosófica de todos los conocimientos de su tiempo.

Contribución a la botánica, la fitogeografía y la ecología

Los aportes a la botánica morfológica y botánica sistemática de Humboldt, Bonpland y Kunth fueron importantes: descripción de 7.000 diferentes especies de plantas, de las cuales 4.000 especies fueron nuevas para la ciencia, cuando se conocían 10.000 especies en el mundo.

La contribución científica mayor está en la geografía de las plantas o fitogeografía. En el Ensayo sobre la geografía de las plantas (terminado en Guayaquil en 1803), Humboldt resume las más innovadoras concepciones de la geología, historia de las plantas, taxonomía, ecología, distribución de las plantas y el transformismo. (Zúñiga, 1964).

El concepto de Humboldt sobre la geografía de las plantas que incluye distribución, ecología y biodiversidad es en verdad innovador en la ciencia; está contenido en sus dos principales publicaciones: "Ideas para la Geografía de las Plantas" (1807) que contiene 17 formas de vida, es decir adaptaciones ecológicas de las plantas, además de la descripción de las relaciones entre el clima, la elevación y distribución de las plantas en los trópicos que está plasmada en su magnífico Cuadro de la Naturaleza con el Coto-paxi y Chimborazo; y en: "La distribución de las plantas en relación al clima y a la elevación" (1817), contiene un análisis de la distribución mundial de la riqueza de especies basada en las familias de las plantas. Esta contribución científica puede ser considerada como el primer análisis sobre la biodiversidad y la comparación de los cinturones altitudinales de vegetación desde el ecuador hasta los

polos, donde correlaciona la temperatura y los cambios latitudinales y altitudinales en la vegetación: la Ley Humboldt. (Romoleroux, 2010).

Es, por lo mismo, una síntesis de conceptos y principios de varias ciencias naturales para explicar la regularidad en la distribución de las plantas y las formaciones vegetales. "La geografía de las plantas hizo visible los variados mosaicos paisajísticos y su interrelación funcional y propuso la idea de la unidad dinámica y variada de la naturaleza" (Castrillón, 2001).

La base conceptual precursora de la ecología es otra de las contribuciones de Humboldt; está contenida en el entendimiento humboldtiano de "las interrelaciones entre los organismos entre sí y con su entorno animado e inanimado". En esta concepción se halla el núcleo de la ecología. Humboldt se propuso "reunir datos para ampliar una ciencia que apenas está en esbozo y falta definición, que en ocasiones es llamada Física del mundo, Teoría de la Tierra, Geografía física" (Holl, 2001). Las investigaciones en los Andes tropicales constituyeron la base para la conceptualización de la ciencia ecológica, por lo que se considera a la región tropandina el "lugar de nacimiento de la ecología", a la vez que a Humboldt el "padre de la ecología holística" (Sarmiento, F. 1997). Empero la denominación de ecología la dio Ernest Haeckel en 1866.

El paisaje como término científico fue también introducido a principios del siglo XIX por Humboldt, al definir al paisaje como la totalidad de características de una región de la Tierra que abarca la fisiografía, geología y geomorfología regional. (Naveh&Lieberman, 1990). De la conjunción de la ecología y el paisaje surgió la Ecología del Paisaje, que es la descripción de un área geográfica a base de los factores que lo generan: suelo, latitud y altitud, el clima y sus elementos: temperatura, pluviosidad, heliofanía, vientos, hu-

medad ambiental, y la descripción de la cubierta vegetal como el reflejo de su ecología. Bajo el concepto de paisaje, la naturaleza es concebida como un mosaico de unidades definibles: el paisaje ecológico (cuya definición global fue desarrollada en por el geógrafo y botánico alemán Carl Troll en 1938).

Humboldt consideró al paisaje como un espacio de interrelación dentro de la naturaleza y también entre el ser humano y la naturaleza. Así prefiguró una visión integradora y globalizante, que casi dos siglos después se concretó en la macroecología, disciplina que surgió de la necesidad de aprehender la realidad regional y global del mundo viviente. La macroecología tiene la virtud de ampliar la visión más allá del ecosistema, del paisaje, de la ecoregión... para abarcar escalas superiores. La macroecología es una nueva manera de estudiar las relaciones entre los organismos y su ambiente; esto implica caracterizar y explicar los patrones estadísticos de abundancia, distribución y diversidad, para lo cual se trabaja a escalas espaciales y temporales grandes, según James Brown (2003). Los trabajos de Humboldt contiene un enfoque macroecológico en el estudio de la naturaleza viviente, que se ha perfeccionado en las últimas décadas con tecnologías satelitales e informáticas.

Unidad de la ciencia en el pensamiento de Humboldt

Humboldt fue formado en la observación y experimentación científica de alta exigencia, hondura y rigurosidad. Hombre sabio con sensibilidad para lo natural y lo humano logró conocer distintas ramas de la ciencia y con ellas interpretar la naturaleza en forma global, en unidad y armonía, en la diversidad de los seres y fenómenos que lo constituyen.

Esta es la clave para entender el pensamiento humboldtia-

no: la unidad de la naturaleza expresada en la unidad y totalidad de la ciencia. Humboldt buscó la comprensión integral de la Tierra como un todo orgánico: como un cosmos. Así la visión y comprensión integral de la ciencia alcanzó con Humboldt su apogeo y su culminación histórica.

Afirmó Humboldt: “Sé muy bien que no estoy a la altura de mi gran obra sobre la naturaleza. Esta empresa es un poco grande para un particular; pero no es deshonra sucumbir ante un gran proyecto. El ser humano debe querer lo grande y bueno”.

Humboldt contribuyó de manera significativa a levantar la carga de inmutabilidad que gravitaba en la concepción de la naturaleza, con lo cual promovió la concepción de la dinámica y diversidad de la naturaleza y el paisaje. Con la geografía de las plantas presentó una evidencia de los mosaicos paisajísticos y la unidad dinámica de la naturaleza en el marco de una visión histórica.

La naturaleza emergió en la concepción humboldtiana como un paisaje histórico y dinámico. Este enfoque tuvo efecto trascendente en la comprensión de los seres vivos y su capacidad de transformación, concepto subyacente en las ideas evolucionistas que empezaron a surgir a principios del siglo XIX con Lamarck y que culminaron en la teoría de la evolución de Darwin y Wallace. La pintura del paisaje facilita “la contemplación de las plantas en los diferentes espacios de la tierra”. El paisaje andino fue el lugar donde comprobó la convergencia de la altura, los fenómenos naturales, el trópico, la nieve y plantas de todos los pisos vegetales con lo cual pudo sintetizar el panorama totalizador el mundo. (Los magníficos cuadros de la cordillera andina, el Chimborazo, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha... que pintaron los artistas con la dirección de Humboldt son la representación del paisaje ecológico y estético, fusión de naturaleza y arte). Cfr. Samaniego, F. 2001. Al

sintetizar la dimensión estética con el conocimiento e interpretación de la naturaleza Humboldt añadió un elemento espiritual en la visión integral del mundo, eso fue posible gracias al dominio de las ciencias de la naturaleza, pero también a la filosofía y al arte.

Referencias

1. Brown, J. 2003. Macroecología. Fondo de Cultura Económica. México.
2. Castrillón, A. 2001. Humboldt: los viajes, las naturalezas y las ciencias. En: El regreso de Humboldt. Exposición en el Museo de la Ciudad de Quito, junio-agosto 2001.
3. Holl, F. 2001. El regreso de de Humboldt: Alexander von Humboldt en Colombia y Ecuador. En: El regreso de Humboldt. Exposición en el Museo de la Ciudad de Quito, junio-agosto 2001.
4. Meyer-Abich, A. 1985. Humboldt. Salvat Editores, S. A., Barcelona.
5. Naveh, Z., Lieberman, A. 1990. Landscape Ecology: Teoría y Aplicación. Spriger-Verlag, New York.
6. Romoleroux, K. 2010. El impacto de Humboldt en la Botánica y Fitogeografía del Ecuador. Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas Volumen XXXI Números 1 y 2. Casa de la Cultura Ecuatoriana Benjamín Carrión, Quito.
7. Samaniego, F. 2001. Humboldt y el paisaje cósmico de los Andes. En El regreso de Humboldt. Exposición en el Museo de la Ciudad de Quito, junio-agosto 2001.
8. Sarmiento, F. 1997. The mounatins of Ecuador as a birth space of ecology and endangered landscape. Environmental Conservation 24 (1): 3-4.
9. Zúñiga, N. 1964. Humboldt y la Geografía de las Plantas. Talleres Gráficos Nacionales, Quito.

LAS GALÁPAGOS: ARCHIPIÉLAGO DEL ECUADOR Y EXCEPCIONAL PATRIMONIO NATURAL

El archipiélago de Galápagos está ubicado a 970 Km. de las costas del Ecuador continental, se formó por efecto combinado de la actividad volcánica y de movimientos tectónicos. Las islas más antiguas como Española y San Cristóbal que se hallan al Este emergieron del fondo marino hace cinco millones de años, Fernandina e Isabela que se encuentran al Oeste del archipiélago son geológicamente más recientes. Las islas más grandes son Isabela, Santa Cruz, Fernandina, San Cristóbal y Santiago, las más pequeñas Floreana Española, Marchena, Pinta y Genovesa, que con otras menores forman un archipiélago único en el mundo con una superficie terrestre de 8.010 Km², área de mar interior 45.666 Km², mar territorial insular de 817.392 Km². El Ecuador es excepcional por su condición de país tropical y andino, amazónico, litoral, insular y marítimo; pues el espacio marítimo continental y el galapagueño es 5.38 veces el territorio continental. Las Galápagos constituyen la proyección de la soberanía nacional en el Pacífico oriental.

Cada una de las islas es diferente en forma, fisiografía y clima.

El clima de Galápagos es diferente de las islas oceánicas tropicales debido a la influencia de la Corriente fría de Humboldt que llega desde las costas de Perú y Chile, la Corriente de Cromwell que aflora en la costa occidental del archipiélago y por las aguas cálidas del norte; todo esto determina el patrón climático del archipiélago: la estación cálido-lluviosa de enero a mayo y la estación fría y de garúa entre julio y noviembre. Las características del suelo y del clima favorecieron el asentamiento de pocas especies de plantas y animales que llegaron a las islas desde el continente americano y evolucionaron en el archipiélago de Galápagos en condiciones de aislamiento geográfico.

Las Galápagos nunca tuvieron comunicación con el continente americano por lo que forman una unidad biológica por sí mismas; la diferencia de tamaño determinó que en las islas grandes y altas se formaran varios estratos de vegetación desde cactus y plantas xerofíticas hasta arbustivas y arbóreas; en cambio en las islas pequeñas y bajas la vegetación es escasa con predominio de cactus, con lo cual se formaron comunidades bióticas diferentes entre las islas, con pocas pero excepcionales especies, muchas de ellas endémicas del archipiélago.

Importancia para la ciencia y la conservación

Las islas Galápagos son reconocidas por la comunidad científica internacional como formaciones naturales únicas en el mundo y un hito importante en la historia de las ciencias biológicas por estar vinculadas a la Teoría de la Evolución desde su formulación original por Charles Darwin y Alfred R. Wallace hasta la interpretación moderna. Son el museo y laboratorio de la evolución con un registro de innumerables investigaciones y publicaciones científicas.

Las Galápagos forman parte del patrimonio natural del

Ecuador; integran el Sistema Nacional de Áreas Protegidas desde 1959 cuando fueron declaradas Parque Nacional Galápagos, PNG, al que se sumó la Reserva Marina en 1998. Por el extraordinario valor e importancia tanto el área terrestre como la reserva marina fueron incorporadas a la lista de Patrimonio Mundial, y además como Reserva de Biosfera. La reserva marina de Galápagos es la segunda más grande del mundo y está catalogada como tesoro natural de la humanidad.

El trabajo mancomunado del Servicio del Parque Nacional Galápagos -ahora bajo la administración del Ministerio del Ambiente-, con la Fundación Charles Darwin, FCD constituye un ejemplo de acción concertada de instituciones ecuatorianas e internacionales para la investigación y conservación de estos excepcionales los ecosistemas insulares. Sus resultados son reconocidos mundialmente como modelo de manejo y conservación. Empero, múltiples factores de orden económico, social, político y administrativo continúan incidiendo en los ecosistemas galapagueños y sus componentes más delicados: sus especies endémicas.

Las Galápagos son motivo de orgullo y también una alta responsabilidad, pues, al ser una región excepcional ha requerido un tratamiento diferente al de otras regiones del Ecuador, para hacer prevalecer el interés nacional de conservar el archipiélago por sobre intereses sectoriales. La conservación de Galápagos es un componente prioritario en la política de ordenamiento y administración territorial del país; incluye el control estricto en las áreas terrestres y marinas, regulación y control del turismo, limitación de las obras de infraestructura a lo estrictamente indispensable y con el mínimo impacto ambiental, el uso de energías amigables con el medio ambiente. La conservación de las Galápagos ha demandado acciones concertadas entre científicos, técnicos y administradores del PNG, operadores de turismo y pescadores, comunidad resi-

dente en las Islas, representantes de las funciones del Estado, la Fundación Charles Darwin, ONGs nacionales e internacionales y la comunidad galapagueña.

Legislación e institucionalidad

Extracto del Art. 258 de la Constitución Política del Ecuador “La provincia de Galápagos tendrá un gobierno de régimen especial. Su planificación y desarrollo se organizará en función de un estricto apego a la conservación del patrimonio natural del Estado. Galápagos está regido por la Ley de Régimen Especial para la conservación y desarrollo sustentable de la provincia de Galápagos y del buen vivir de acuerdo con lo que la ley determine”. Su administración está a cargo del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos.

Parque Nacional Galápagos, PNG es la primera área protegida del Ecuador; se creó mediante Decreto Ley de Emergencia del 4 de julio de 1959, mediante el cual se declaran “parques nacionales de reserva de exclusivo dominio del Estado, para la conservación de la flora y fauna todas las tierras que forman las islas del Archipiélago de Colón o Galápagos...” El área del Parque protege el 97% de la superficie del archipiélago, pues, se excluyen las áreas pobladas de Santa Cruz, Isabela, San Cristóbal y Floreana. El 13 de julio de 1971 se creó la Reserva Marina dentro de una franja de 40 millas náuticas a partir de las líneas de base del Archipiélago y las aguas interiores. La administración y control del Parque Nacional y la Reserva Marina de Galápagos está a cargo de la Dirección del PNG que depende del Ministerio del Ambiente, con el apoyo de la Armada del Ecuador.

Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos, FCD

se constituyó en Bélgica en 1959 con el auspicio de la UNESCO, UICN y por instituciones y científicos de todo el mundo, con el propósito de promover la investigación científica y la conservación de la flora y fauna insular. Cabe mencionar que la Fundación Charles Darwin se creó en conmemoración de los cien años de la publicación de *El Origen de las Especies*, obra fundamental de Darwin. En julio del 2019 la Fundación Charles Darwin cumplió 60 años de fecundo trabajo por la conservación de Galápagos, que en la parte operativa se cumple a través de la Estación Científica del mismo nombre instalada en la isla Santa Cruz en 1964. En la Estación laboran numerosos científicos y técnicos ecuatorianos y extranjeros para levantar la información científica básica y aplicada a la conservación de las Galápagos. La FCD publica informes anuales de sus actividades y Noticias de Galápagos, Revista Científica Galápagos Research.

La FCD ha dado un significativo aporte la ciencia, a la formación de nuevos investigadores de biología terrestre y marina, la conservación y manejo de recursos naturales de Galápagos, en cooperación con universidades ecuatorianas con mayor trayectoria en investigación biológica como la Universidad Central y Católica de Quito, Estatal de Guayaquil y San Francisco de Quito, y universidades extranjeras. Cabe destacar la cooperación de la FCD con el PNG y universidades ha permitido mantener las tareas de investigación dirigidas a la conservación, manejo y gestión de recursos naturales de las Islas.

Logros en la conservación de las Galápagos

Entre los logros más destacables del trabajo de conservación en el archipiélago de Galápagos cabe mencionar los siguientes:

- Restauración de siete especies de tortugas gigantes por medio de la reproducción, crianza en cautiverio y posterior repatriación a las islas Española, Pinzón, San Cristóbal, Santa Cruz, Santiago e Isabela sur.
- Recuperación de las poblaciones de iguanas terrestres de Bahía Cartago en Isabela, Bahía Conwey en Santa Cruz y Baltra, previa reproducción y crianza en cautiverio, además de erradicación de los depredadores introducidos.
- Creación de la Reserva Marina de Galápagos (1998) y el sistema de manejo participativo que incluye la toma de decisiones por consenso entre los usuarios directos en cuanto a la zonificación, implementación de alternativas económicas para el sector pesquero y la implementación de métodos de pesca acordes con la conservación de los recursos y el ecosistema. En resumen: el establecimiento de normativas y regulaciones para la conservación, como para el aprovechamiento controlado de los recursos de la biodiversidad marina.
- Restauración y rehabilitación ecológica de varias islas grandes, medianas y pequeñas a través de la erradicación de animales introducidos invasores. Control biológico de plagas, como la escama algodonosa y otras especies.
- Sistema controlado de manejo de las actividades turísticas, mediante cupos de operación, con itinerarios fijos, delimitación de sitios de visita, acompañamiento de guías naturalistas, todo lo cual ha disminuido el

impacto sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos.

- Metodologías de planificación y manejo para la gestión de áreas protegidas de las Galápagos que son un ejemplo en el ámbito internacional.

Esto ha sido posible gracias al trabajo conjunto de la administración del PNG, la ECD.; científicos, técnicos y guardaparques; ONGs conservacionistas, educadores, comunicadores sociales, medios de comunicación, gobiernos locales y la comunidad galapagueña; todos han hecho de la conservación “una filosofía y un estilo de vida”.

Galápagos: primer Parque Nacional del Ecuador; primer Patrimonio Natural de la Humanidad y Reserva de Biósfera es el archipiélago mejor conservado del mundo, pues conserva el 95% de la biodiversidad original.

Galápagos 2019: celebración de diamante

El 4 de julio de 2019 se cumplió 60 años de creación del PNG y de la FCD; en esta singular ocasión se efectuó un balance de sus logros entre los cuales se destacan: el control de especies introducidas, monitoreo y manejo de especies nativas y endémicas, reproducción en cautiverio de especies amenazadas, manejo de pesquerías, control y vigilancia marina, programa de educación ambiental, entre otros.

El Servicio del Parque Nacional Galápagos y el Ministerio del Ambiente conjuntamente con la Fundación Charles Darwin celebraron los 60 años de creación con varios eventos oficiales entre los que es preciso destacar el “*Simposio de Investigación y conservación en Galápagos*” en el cual se abordaron estudios de la

realidad actual y la comunidad para enfrentar los problemas de contaminación, disponibilidad y acceso a los alimentos y salud; el monitoreo de especies emblemáticas; nuevas tecnologías para el control de la pesca y turismo.

La FCD realizó una reunión especial de celebración con la asistencia de miembros de la Fundación, exfuncionarios de la Estación Científica, científicos de renombre... con el propósito de revisar los 60 años de trabajo por la investigación y conservación de las Galápagos; se prepara una edición especial de la revista Galápagos Research, y el Plan estratégico 2019-2029. La conservación exige visión y esfuerzos concertados y a largo plazo. El trabajo mancomunado de instituciones ecuatorianas, gobiernos de países amigos, universidades, ONGs nacionales e internacionales, la UNESCO y la cooperación internacional han permitido conservar las Galápagos, que es uno de los archipiélagos más importantes para la conservación del patrimonio natural en el mundo.

Amenazas a la conservación de las Galápagos

La celebración de los 60 años del PNG y la FCD lleva también a reflexionar sobre los peligros que se ciernen sobre el principal patrimonio natural del Ecuador:

Entrada creciente de especies invasoras como producto del turismo hacia las Islas (aproximadamente 276.000 visitantes por año) lo que es una cifra muy alta, pues se ha rebasado la capacidad de carga de los ecosistemas galapagueños. La cantidad de residuos es muy alta, según el director del Parque Jorge Carrión, el año 2018 se recogieron 22 toneladas de residuos; el plástico es una grave amenaza, tanto más porque provienen de actividades de fuera del archipiélago y que llegan acarreados por las corrientes marinas. Y concluye: "creemos que estamos llegando ya al tope. Lo

que aspiramos es mantener un turismo de naturaleza de calidad, y no un turismo intensivo”. A todo esto hay que sumar la pesca ilegal. Cfr: Diario Expreso, 3 julio 2019.

Galápagos: laboratorio de la evolución, no “portaaviones natural”

Aunque ha sido desmentida la expresión de que Galápagos es “un portaaviones natural”, la desafortunada frase desató cuestionamientos, controversia y rechazo en el ámbito nacional e internacional. Sin embargo el ministro de Defensa Oswaldo Jarrín anunció una intervención integral en el aeropuerto de San Cristóbal para hacer aterrizajes de abastecimiento durante las 24 horas. El excomandante general de la Marina y exministro de Defensa Hugo Unda ha expresado que “la vigilancia debería fortalecerse en la zona costera y no mudarse hacia las Islas Encantadas”. Cfr: Diario Expreso, 14 de julio 2019.

La posible instalación de una “base de operaciones militares” en San Cristóbal con la finalidad de controlar el narcotráfico está generando preocupación de la comunidad científica nacional e internacional. El presidente Lenin Moreno al ser preguntado sobre la posible instalación de una base militar norteamericana en Galápagos, afirmó: “No es verdad. Pero hay que considerar que la lucha contra el narcotráfico que se hace en el mar necesita aviones que el gobierno norteamericano proporcionó para detectar a estos delincuentes. Y estos aparatos requieren un sitio donde abastecerse y donde aterrizar”. Cfr: Diario Expreso, 21 de julio 2019.

En las declaraciones oficiales sobre el acuerdo binacional Ecuador-EE.UU. se minimiza u oculta los efectos negativos que producirán tales operaciones: contaminación ambiental por ruido y gases atmosféricos por las operaciones de las aeronaves, buques

y tanqueros para el abastecimiento de combustibles, además de otros tipos de desechos que afectarán la flora, la fauna y los ecosistemas terrestres y marinos de Galápagos... El país demanda en forma urgente claridad y transparencia, no verdades a medias. Las Galápagos son patrimonio natural del Ecuador; son laboratorio y museo de la evolución biológica, pero no "portaaviones natural" o base militar encubierta. El presidente Lenin Moreno está en la obligación de informar al país con toda veracidad.

Referencias

1. Galápagos, cincuenta años de ciencia y conservación. Publicación del Parque Nacional Galápagos, Ecuador, 2009.
2. De Vries, Tj. The Galapagos Hawk/El Gavilán de Galápagos. Monografías Zoológicas, Serie Neotropical, Vol.1. /Tjitte de Vries. – Castellón: Tundra Ediciones, 2015.
3. Informes Galápagos y Noticias de Galápagos. Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos.
4. Boletín del PNG, No. 266, 04 julio 2019. www.ambiente.gob.ec Quito, 22 agosto 2019.

INCIDENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MARES Y OCÉANOS

Los cambios en las condiciones físicas de la Tierra están ocurriendo en forma vertiginosa si se considera la escala del tiempo geológico. Los cambios más evidentes son: el incremento de bióxido de carbono CO₂, metano, óxidos de nitrógeno y de azufre: gases de efecto invernadero GEI que incrementan el calentamiento global en las últimas décadas, con los consecuentes efectos nocivos en los organismos terrestres y marino, lo cual se traduce en las extinciones de especies, desplazamiento o reducción de poblaciones, empobrecimiento de comunidades y en apareamiento de enfermedades.

Pero ¿cómo comprobar los efectos del cambio climático? Las alteraciones de la corteza terrestre, la modificación de los registros históricos de los glaciares de las montañas y la reducción de los casquetes polares son evidencias de los cambios climáticos a escala planetaria. Empero, el cambio en el clima de la Tierra por el efecto invernadero no es un hecho reciente, pues se produjo desde la conformación de la atmósfera terrestre, con lo cual se estabilizó el clima del planeta y se dieron las condiciones para el desarrollo de la vida -sin este efecto la temperatura de la Tierra se-

ría de -17°C-, por lo que, en cierta magnitud, el calentamiento atmosférico favoreció el origen y la evolución de la vida en el planeta.

Pero en la actualidad los cambios climáticos son más rápidos por la industrialización y el incremento de los automotores, el consumo de combustibles fósiles como carbón y petróleo y sus derivados. La cantidad de CO₂ ha podido ser determinada gracias a estudios directos e indirectos. Desde 1959 se registra el incremento de CO₂, pero también ha sido posible medir indirectamente a través del hielo de la Antártica mediante el C14, con lo cual se ha podido constatar que el incremento del CO₂ se inició desde 1700 con la revolución industrial que produjo un fuerte aumento de gases en la atmósfera; para el año 2050 se prevé un incremento de la temperatura entre 1 y 1.5, grados centígrados.

La atmósfera es un componente fundamental para la vida en la Tierra, su composición y comportamiento son complejos, por lo que es muy difícil predecir su comportamiento futuro; sin embargo los investigadores del clima anuncian cambios severos en las próximas décadas, lo que inevitablemente tendría efecto en la vida tanto en la tierra como en los mares y océanos.

Los parámetros básicos de los océanos están cambiando en forma rápida: mientras el pH ha disminuido (es decir tiende a ser más ácido); la temperatura y el nivel del mar está subiendo; la estratificación de los mares y océanos está alterada. En suma, el equilibrio termodinámico del mar está fuertemente alterado. El CO₂ es soluble en el agua, por lo que se disuelve fácilmente en los mares y océanos. Esto determina que el océano absorba y subsuma CO₂, lo que ocasiona cambio en el pH de las aguas marinas superficiales y profundas, lo cual determina cambios en la composición de los compuestos del fondo marino que produce alteraciones en el fitoplancton y zooplancton y en todas la especies de la cadena

alimenticia marina. Se estima que si el fitoplancton disminuye de un 15% a un 25% se afectaría severamente la producción de peces y otras especies marinas. Estudios de biología marina revelan fuertes impactos en la biota marina. En esta entrega se analizan los efectos en los arrecifes de coral.

Los arrecifes de coral son “selvas marinas”

Los arrecifes de coral son comunidades marinas de gran riqueza de especies y alta complejidad, son conocidas como “selvas marinas” pues se hallan entre los ecosistemas más diversos de la Tierra, contienen el 25% de las especies marinas: peces, moluscos, crustáceos, equinodermos, poríferos... por lo tanto son comparables con las selvas tropicales en cuanto a diversidad biológica. Los arrecifes son formaciones de carbonato de calcio producidas por la acumulación de millones y millones de colonias de corales Hermatípicos: Celenterados de la clase Antozoarios, cuya acumulación y superposición de diminutos pólipos y el material calcáreo (carbonato de calcio) forma montañas y cordilleras submarinas, que se les conoce genéricamente como arrecifes y atolones. Pero la disminución de carbonato de calcio disminuye la posibilidad de síntesis de aragonito, lo cual afecta a la calcificación de los corales. (1)

¿Qué importancia tienen los corales que están en el fondo del mar? Los corales cumplen múltiples funciones en la ecología marina: son el eslabón crucial en la cadena alimenticia marina, hábitat de innumerables especies y lugares de reproducción y cría de muchas especies de interés económico, pues, se estima que un millón de personas viven directa o indirectamente de los corales; el valor económico anual por bienes y servicios ecosistémicos se calcula en US\$ 375.000 millones. (2)

La situación actual de los corales es crítica. Los corales están

enfermos. La vida de los corales depende de una relación íntima entre los pólipos del coral y unas algas marinas denominadas Zooxantella. De esta simbiosis depende la vida del coral, ya que el alga se introduce en las células del coral y le proporciona nutrientes que elabora el alga mediante la fotosíntesis. Pero, debido a los cambios de temperatura, pH y composición química del agua, el alga Zooxantella se escapa de las células del coral, por lo que éste sufre una enfermedad que se caracteriza por el blanqueamiento que llega a producirle la muerte. Una vez que mueren los corales se afecta toda la comunidad biológica de los arrecifes coralinos.

Esta es solo una de las enfermedades de los corales, pues se han identificado además del blanqueamiento, el amarillamiento y el enrojecimiento de los corales, debido a la acción de ciertas bacterias que proliferan debido al incremento de la temperatura, además de muchas otras patologías que afectan a su estructura, diversidad y producción. El estudio de la biología de los corales ha relevado que poseen mecanismos de defensa contra las bacterias, pero en condiciones extremas, dichos mecanismos dejan de funcionar y deviene la muerte.

La biología de los corales recuerda la interrelación entre la tierra, la atmósfera y el mar; aunque parecen ser independientes, todos están interrelacionados y son interdependientes. El calentamiento global de los últimos años es un fenómeno terrestre y atmosférico que está produciendo una fuerte afectación en todas las especies marinas. La supervivencia de unas especies depende de las condiciones físico-químicas del entorno terrestre y marino a la vez que biótico. Esa es la maravillosa trama de la vida.

Los corales en peligro

Los corales vivos han disminuido en un 50%. Los arrecifes

coralinos en disminuido en un 50 % en el mar Caribe en los últimos 50 años debido a causas naturales y humanas; crecimiento de algas, pesca, exceso de construcciones, contaminación. Según el informe Arrecifes Coralinos del Caribe, 1970-2012, realizado por científicos de la Red Global de Monitoreo de los Arrecifes Coralinos, GCRMN (por las siglas en inglés). El informe enfatiza que los corales proveen protección a las costas, purifican el agua, absorben CO₂, son fuente de alimento y esparcimiento. Generan ingresos por turismo y pesquerías. Empero, si estas actividades no son controladas afectan a las comunidades de los arrecifes coralinos, pues la pesca del pez loro afecta a los corales debido a que el pez se come a las algas que crecen sobre los corales, por lo que las algas cubren y matan a los corales. Además, las anclas de las embarcaciones de turismo destruyen los corales. (3)

Estado de los arrecifes de coral en el Ecuador

En el Ecuador existen arrecifes de coral en Galápagos y en las costas de Manabí. En el país se tiene registro de afectación de los corales en el fenómeno de El Niño 1982-1983 cuando se extinguió el 95% por blanqueamiento, así como también entre 1997-1998, por aumento de CO₂ y acidificación del agua que causa descalcificación, a lo que se suman la acción humana por sobrepesca, buceo, el anclaje de barcos y las redes de arrastre.

La acción humana ha causado fuerte afectación a los arrecifes coralinos cercanos a la isla de Salango y de La Plata, en la reserva marina del parque nacional Machalilla, al sur de Manabí, donde los arrecifes coralinos están sometidos a una agresión constante, por el anclaje que utilizan los pescadores artesanales y las embarcaciones de turismo. Las anclas de hierro son arrojadas al fondo marino, pero una vez terminada la faena de pesca o la visita turística se retira el ancla con el consecuente daño a la formación

calcárea del arrecife.

Para frenar esta agresión la Armada Nacional y el Ministerio del Ambiente han instalado boyas flotantes de amarre, con lo cual se establece un sistema de anclaje “ecológico” es decir no destructivo para los arrecifes de coral, ya que las embarcaciones son amarradas a las boyas flotantes sin necesidad de arrojar el ancla al fondo del mar. En el parque nacional Machalilla como a lo largo del litoral ecuatoriano se han colocado 105 boyas flotantes. (4)

Con esta medida se espera la recuperación de los arrecifes coralinos, formaciones naturales que tardan 300 años en formarse, son la expresión de la mayor diversidad biológica en el medio marino, tienen valor intrínseco, pero además prestan servicios ambientales: proporcionan protección a las costas de la erosión y del embate de las olas, protegen a los manglares, y éstos a la vez les protegen a los arrecifes de la sedimentación. En la naturaleza todo está interrelacionado e interdependiente, de ahí la importancia de planificar y ejecutar las acciones de conservación de la naturaleza.

Referencias

1. Báez, O. Periódico Opción, 04-16 julio 2007
2. Wikipedia / es. [wikipedia.org/wiki/Arrecifes_de_coral/](https://es.wikipedia.org/wiki/Arrecifes_de_coral/) 18-04-2015.
3. El Comercio, 3 de agosto 2014.
4. El Comercio, 09 de noviembre 2011.
Quito, 24-04-2015

LA DESGLACIACIÓN EN LOS ANDES TROPICALES

Entender la crisis climática es el nuevo reto para las ciencias de la Tierra. Los cambios climáticos están presentes en todas las latitudes del continente americano, pero, en los países andinos tienen características excepcionales, por lo que es necesario considerarlos en los procesos de planificación nacional, pues en estos países la base productiva está principalmente en el agro, por lo mismo, sus economías son altamente vulnerables.

Por estas y otras razones la investigación científica de la crisis climática es el imperativo mayor de este siglo, como lo es también el monitoreo de los cambios del clima, para lo cual se requiere el aporte de las diferentes ciencias de la Tierra, entre ellas de la glaciología: ciencia de los glaciares.

La glaciología define a los glaciares como masas de hielo que acumulan y transforman la nieve en hielo y la restituye al ambiente en forma de vapor o en forma líquida. A esta relación entre ganancia y pérdida de masa se conoce como: balance de masa, que constituye el parámetro más importante en el estudio de los glaciares. Las dos variables que se miden en el balance de masa son: la

acumulación neta (cantidad de nieve y hielo que se acumula en un año hidrológico) y la ablación (la suma de la fusión o derretimiento y la sublimación del glaciar).

Desglaciación en los Andes tropicales

Los hechos más preocupantes son los procesos de desglaciación (disminución y aún desaparición de los glaciales) que van asociados con la alteración del régimen hídrico y los problemas de abastecimiento de agua para uso agrícola, pecuario, consumo doméstico, industrial... Los estudios realizados en la cordillera andina demuestran que la desglaciación es un fenómeno que se extiende en toda la cordillera, empero es más evidente en los Andes tropicales: Cotacachi, Antisana, Cotopaxi, Chimborazo y Carihuarazo, Illinizas y Altar en Ecuador; los nevados de la Cordillera Blanca del Perú, han sufrido el derretimiento de sus glaciares en un 40% en 40 años, según los especialistas de ese país. El Chacaltaya en Bolivia -hasta hace pocos años un hermoso nevado y el campo de esquí más alto del mundo-, ha perdido su manto de nieve. Esto exige evaluar en forma sistemática el estado de los glaciares para entender el ecosistema global y los procesos geoecológicos regionales.

Los países de la Comunidad Andina concentran el 95% de los glaciares tropicales del mundo, con una superficie de 2.500 km², de los cuales el 11% está ubicado en Perú, 22% en Bolivia, 4% en Ecuador y 3% en Colombia. La permanencia de los glaciares es vital para los países de los Andes centrales dado que de ellos depende la provisión de agua para la agricultura, el consumo humano en las principales ciudades, la generación de energía hidroeléctrica, el uso industrial, la belleza escénica y el turismo... Pero estos bienes y servicios están en peligro por las tendencias de las últimas tres décadas: retroceso acelerado de los glaciares y el calentamiento de la atmósfera, fenómeno que se habría acelerado desde la segunda

mitad de la década de 1970. (1) En las dos primeras décadas de este siglo las áreas de glaciares andino tropicales continúan disminuyendo.

Evolución de los glaciares en el Ecuador

El Programa Glaciares del Ecuador del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI, y el Instituto Francés de Investigaciones para el Desarrollo, IRD que estudia los casquetes de hielo en el país ha constatado el acelerado proceso de desglaciación. (2)

La Red Latinoamericana de Observación de Glaciares ha registrado el retroceso sistemático de los glaciares del Cotopaxi: En 1976: 19.2 km², en 1997: 13.5 km², y en 2006: 11.8 km², lo que corresponde a una reducción total de -38.5 % en el indicado período. El Chimborazo habría perdido 59.8 % de la superficie del casquete glaciar; el Carihuairazo habría reducido en 46.6%. (3)

Según el Inventario de Glaciares del Ecuador 1997 se estimaba en 60.7 km² la superficie total de los casquetes glaciares de los Andes centrales, para el año 2006 habría una superficie de 47.98 km², con un error de +/- 5%, lo que representa un 38% de reducción. (4)

A este proceso natural se suma actividad eruptiva del volcán Cotopaxi registrada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, según la cual las paredes de la estructura del volcán se vuelven más cálidas por la actividad interna del volcán, lo cual afecta a los glaciares, además de la ceniza y el vapor de agua determinan el agrietamiento y derretimiento, por lo que, de producirse una erupción, su efecto sería de menor magnitud que la ocurrida el 26 de junio de 1877, es decir después de 138 años de

latencia o actividad baja, pero recientemente incrementada y fluctuante. Empero, el país debe estar preparado para una enfrentar un evento volcánico y debe poner en marcha el plan de prevención en las zonas de mayor riesgo.

El estudio mencionado reporta también la evolución de los glaciares del Chimborazo. Han experimentado una reducción de la superficie cubierta de nieve de 27,7 km² en 1960 a 9,43 km² en el 2006. El calentamiento global y la caída de ceniza del volcán Tungurahua han incidido en el acelerado proceso de deshielo, por lo que el paisaje del Chimborazo luce ahora diferente. El hielo sólido como una roca -denominada "nieve perpetua"- solo se halla en las zonas más altas de coloso andino. Estudios recientes han permitido constatar el rápido deshielo de varios glaciares y determinar las zonas de riesgo: áreas y comunidades de altura que podrían ser afectadas por los flujos de lodo y piedras.

Otra problemática consiste en las fuertes oscilaciones macroclimáticas de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo que está produciendo alteraciones de la cobertura vegetal de la Tierra y severos cambios ecológicos. Se ha constatado la alteración en los hábitats, cambio en la línea forestal, movimiento de las barreras de formaciones vegetales y paisajes ecológicos. Las fuertes oscilaciones del clima, el calentamiento, los incendios afectan a la comunidades bióticas (mortalidad de poblaciones de árboles, explosión de otras especies como insectos), lo cual provoca cambios en los procesos ecológicos y evolutivos.

Por todo esto es indispensable que la sociedad reconozca los servicios ecológicos que prestan los ecosistemas de montaña y de los glaciares en la provisión de agua para diferentes usos; permanencia de los recursos de la biodiversidad, estabilidad climática regional. Los cambios biofísicos producen cambios sociales, de ahí

la necesidad de integrar la ciencia y la política. Cabe destacar la labor científica de las instituciones nacionales como el Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, INAMHI y el Institut de Recherche pour de Development, de Francia, IRD, para el Programa de Glaciares del Ecuador, PGE, que fue creado en 1994.

El glaciólogo ecuatoriano Bolívar Cáceres y otros especialistas concluyen que la aceleración del derretimiento de los glaciares es evidente desde los años ochenta, del siglo pasado, lo que obedece a las particulares condiciones climáticas que han prevalecido desde los últimos 25 años: el incremento de la temperatura de la tropósfera en 1°C. que está relacionado con un incremento de la temperatura de la superficie del mar. Los glaciares se muestran como claros indicadores del calentamiento global y la variabilidad climática a escala mundial y regional. (5)

Publicaciones especializadas recientes traen datos alarmantes: “El ritmos del retroceso y desaparición de determinados glaciares es especialmente rápido en los Andes tropicales. Los glaciares del Ecuador están circunscritos (solo) a los picos más altos del país... pero en los últimos 50 ó 60 años la reducción glacial ha sido enorme. En el Antisana la reducción ha sido mayor entre 1995 y 2000; el Cotopaxi ha perdido el 52% de sus glaciares entre 1976-2016; en tanto que el Chimborazo ha reducido el 72% de sus glaciares, entre 1962 y 2016”. (6)

Técnicos del INAMHI con la cooperación de Gobierno francés y la EPN han efectuado registros mensuales de los glaciares de los Andes ecuatorianos desde 1997 hasta el 2019. En estos estudios de monitoreo se ha registrado el retroceso de las estructuras glaciales en los nevados en promedio de 25 metros por año. Otro efecto del cambio climático en Ecuador es el “desmarcado” de las temporadas húmedas y secas. La atmósfera está en “des-

equilibrio” enfatizan los reportes del INAMHI. (7) Estas fuertes alteraciones climáticas son evidentes a lo largo de año (inviernos y veranos atípicos) con fuertes efectos en los sistemas ecológicos, la flora y la fauna, en las actividades productivas tanto en el campo como en las ciudades y áreas pobladas, en la vida cotidiana, en la salud pública...

Ante la evidencia de la crisis climática que soportan muchas regiones del planeta -y que son más severas en los países andino tropicales- es urgente enfrentar la adaptación al cambio climático en forma planificada, partiendo del fortalecimiento institucional, la investigación y divulgación científica, como también la preparación adecuada a las poblaciones de mayor riesgo.

Referencias

1. Secretaría de la Comunidad Andina, IRD, PNUMA, AECI. 2007. ¿El Fin de las Cumbres Nevadas? Glaciares y Cambios Climáticos en la Comunidad Andina. www.pnuma.org/deat1/pdf/glaciaresandina.pdf
2. Revista Cotopaxi Noticias. www.cotopaxinoticias.com/seccion.aspx?sid=11&nid=572
18-12-2015
3. www.serviciometeorologico.gob.ec/ Programa de Glaciares del Ecuador/ 29-12-2015
4. Cáceres, B. Actualización del Inventario de tres casquetes glaciares del Ecuador. www.horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins/010052702.pdf. 01-01-2016
5. Cáceres, B. www.portalces.org/bolivar-caceres. 15-02-2016.
6. UNESCO y GIED-Arendal, 2018. Atlas de Glaciares y Aguas Andinos. El efecto del retroceso de los glaciares sobre los recursos hídricos.
7. www.serviciometeorologico.gob.ec/ 11-11-2019.

Quito, noviembre 2019.

DE FLORIDA A YUCATÁN: VISIÓN DEL PAISAJE TERRESTRE Y MARINO

La Florida: “el Estado del sol brillante”

La península de la Florida es la región más meridional de los Estados Unidos, tiene especiales características por su ubicación geográfica y entorno natural privilegiado; limita al oeste con el golfo de México, al este con el océano Atlántico, al norte con los estados de Alabama y Georgia. Es una península larga y estrecha que se extiende de norte a sur sobre una llanura de suelo sedimentario, el clima varía entre subtropical y tropical; recibe alta iluminación solar (3.000 horas al año), por lo que se le conoce como “el Estado del sol brillante”.

En la Florida se asientan importantes ciudades: Jacksonville, Tampa, Orlando y Miami, ubicada al sureste de la península. Miami es una ciudad puerto, se desarrolló sobre la costa continental de la bahía Vizcaina que se abre al océano Atlántico. La ciudad de Miami se estructuró a partir del centro urbano (downtown) el núcleo urbanístico inicial de la ciudad moderna, en la que se puede

admirar grandes edificios, hoteles, centros de convenciones, bancos, bancos... Es una de las más importantes puertas de entrada del comercio internacional a Estados Unidos. El desarrollo de la ciudad ha respetado el entorno natural, pues con él se integra en una unidad y armonía sorprendente. El conjunto es un paisaje urbano de singular belleza: parques, paseos, avenidas, todo unido por una red vial que comunica con todos los servicios de la ciudad: dos aeropuertos internacionales, dos puertos marítimos, grandes y lujosas zonas residenciales, centros comerciales, estadios y una red vial que conecta con otras ciudades de la Florida y con Miami Beach: una extensa franja costera e insular que constituye uno de los sitios más atractivos para el turismo por sus playas de arena blanca, palmeras, el mar y el cielo azul, perfilan un paisaje natural de excepcional belleza.

Breve crónica de viaje

El 5 de agosto de 2019 el buque Victory de la compañía naviera Carnival zarpó del puerto de Miami rumbo hacia el sur para iniciar un crucero que nos llevaría a Key West y Cozumel. Fue un agradable viaje de recreación que a la vez nos dio la oportunidad de revisar la geografía regional de la costa suroriental de EE. UU., de México y del Caribe, cuya síntesis presentamos a continuación.

El primer encuentro fue con Cayos de la Florida o Florida Keys, una cadena de 1700 islas situadas a lo largo del estrecho de la Florida y que constituyen una barrera natural entre el océano Atlántico y el golfo de México. La isla ubicada más al sur de la península de Florida es Key West o Cayo Hueso: una isla-ciudad-museo, que al recorrerla da la impresión de haber regresado en el tiempo, pues, aún conserva su esplendor o ha sido restaurada respetando su arquitectura original. Tiene una interesante historia, pues fue habitada por buscadores de conchas, corales y esponjas,

comerciantes, exploradores de tesoros submarinos, piratas...

En Key West vivieron destacadas personalidades como: John J. Audubon, naturalista y pintor francés naturalizado en EE. UU., es considerado el primer ornitólogo de América, autor de la obra: *The Birds of America*; Ernest Hemingway, escritor y novelista; Harry Truman, quien fuera presidente de EE. UU. (1945 - 1953), hizo construir su residencia como réplica en pequeño de la "Casa Blanca", entre otros.

Concluida a visita a Cayo Hueso el buque *Carnival Victory* (1) siguió rumbo al sur por mar abierto, lo que nos permitió admirar la inmensidad del mar y disfrutar del paisaje marino en una tranquila y confortable navegación, pues "*la mar estaba tranquila, tranquila estaba la mar*" a pesar de ser verano, que es la temporada de tornados y huracanes.

Después de varias horas de navegación y desde alta mar se observa el perfil noroccidental de la isla de Cuba: la zona litoral, las tierras bajas y el perfil montañoso de la isla. Pronto del buque se enrumbó hacia el suroeste para dirigirse a la península de Yucatán navegando entre el Golfo de México y el mar Caribe.

El Golfo de México es la gran cuenca oceánica localizada entre litorales de México, EE. UU. y Cuba. Tienen costas en el Golfo, los estados mexicanos de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; además Florida, Alabama, Misisipi y Luisiana que pertenecen a EE. UU.

Península de Yucatán

Concluyendo la travesía el *Victory* atracó en Cozumel, nuestro último destino turístico. Cozumel es una bonita isla muy cer-

cana a la península de Yucatán. El Estado de Yucatán está ubicado al sureste de México, limita al norte con el Golfo de México y al este con el mar Caribe. Fue la cuna de la civilización Maya, por lo que tiene muchos sitios arqueológicos importantes, que, a más de los escenarios naturales, atraen el turismo internacional. Los sitios preferidos son Cancún y Cozumel. Cancún, un antiguo pueblo de pescadores, es ahora la puerta de entrada al Caribe mexicano, a las ciudades mayas como Chichen-Itza, Uxmal, Grutas de Loltun, y otras.

Cozumel, en lenguaje maya significa “Isla de las Golondrinas” es una isla cercana a la Riviera Maya. Vivió una época de piratas que le convirtieron en refugio y sitio de abastecimiento de agua dulce y alimentos. Ahora es uno de los destinos preferidos por los turistas por la espléndida belleza de sus playas, los arrecifes de coral, lagunas, sitios para practicar deportes acuáticos. En tierra adentro se hallan las selvas tropicales, monumentos arqueológicos, mercados populares, restaurantes... Cozumel es la isla más grande del Caribe mexicano, cuenta con un aeropuerto internacional y un puerto marítimo al que llegan grandes cruceros de turismo selectivo y miles de turistas atraídos por la belleza del mar azul turquesa y las playas de arena blanca. Tienen singular atractivo el centro de la ciudad, el malecón que permite una hermosa vista del paisaje marino y donde hay una réplica de una pirámide Maya. Cerca de la isla de Cozumel está uno de los arrecifes de coral más largos del mundo (5km).

Visión del mar Caribe

De esta crónica de viaje, en la que se esboza una breve descripción del paisaje marino, pasamos a revisar la geografía regional. La gran cuenca del Caribe se formó luego de que emergiera el corredor de América Central que separó los dos grandes océanos

Pacífico y Atlántico. El mar Caribe está abierto al océano Atlántico, se ubica entre Norte América, América Central y la costa norte de Colombia y Venezuela; limita con el Golfo de México por el oeste y con el Arco Antillano por el este. Es un mar tropical caracterizado por su elevada salinidad y por la temperatura que fluctúa entre 21 y 32°C durante todo el año. Es en verdad “el Mar Mediterráneo americano”. En el verano son recurrentes las tormentas tropicales y tornados, que se originan en el océano Atlántico y se dirigen al mar Caribe donde se convierten en huracanes cuyos efectos son devastadores para muchas ciudades y poblados.

Desde el punto de vista biogeográfico, el Dominio del Caribe es una subregión de gran diversidad biológica y alto endemismo. Tienen especial valor científico los peces tropicales, los moluscos (conchas y caracoles), pero en especial los arrecifes de coral (2) que se hallan entre los más grandes del mundo.

El mar Caribe o de las Antillas, llamado así por contener un conjunto abigarrado de islas, que configuran la América Insular, integrada por las Antillas Mayores, las Bahamas, las Islas Caimán y las Antillas Menores.

Las Antillas Mayores: el grupo de islas ubicadas al norte del mar Caribe (al sureste de la Florida y norte de Yucatán), lo integran Cuba, Jamaica, La Española (Haití y República Dominicana) y Puerto Rico. Se considera también a las Islas Bahamas y las Islas Caimán. Las Antillas Mayores o Grandes Antillas descansan sobre un macizo submarino formado por procesos orogénicos. El gran macizo, largo y estrecho, ubicado en el centro del mar Caribe, en dirección oeste a este, se encuentran las grandes islas: Cuba, Española y Puerto Rico, que son la parte más elevada de la plataforma submarina coronada de una cadena de montañas, cuyos picos más altos alcanzan 2.000 y 3.000 metros de altura. Las Grandes Antillas

constituyen el 90% de la tierra emergente de las Indias Occidentales y posee el 90% de la población del archipiélago antillano. Las Antillas Menores forman un conjunto insular distribuido en forma regular a manera de un arco, al oriente de las Grandes Antillas, donde se unen el mar Caribe y el Océano Atlántico. (3)

Notas

1. Los Cayos de la Florida forman parte de conocidos episodios, pues, por hallarse muy cerca de Cuba, eran las islas a donde buscaban llegar muchos emigrantes, mediante audaces y arriesgadas travesías por mar abierto.
2. Los arrecifes de coral son comunidades marinas tropicales de gran riqueza de especies, por lo que se les conoce como las "selvas tropicales" submarinas. Los arrecifes se forman por la acumulación de colonias de animales celenterados de la clase Antozoarios, formados por diminutos pólipos y del material calcáreo que generan, con lo cual se constituyen montañas y cordilleras submarinas. A estas formaciones naturales se las conoce como arrecifes de coral y atolones que forman el hábitat de varias especies animales de muy vistosos colores y formas; de ahí su importancia científica y atracción turística.
3. Islas del Caribe: visión político-administrativa. Las islas del mar Caribe fueron los primeros territorios en ser colonizados por España y más tarde por el Reino Unido, Francia y Holanda, por lo que, desde el punto de vista político administrativo, la región caribeña constituye un conjunto muy diverso de Estados independientes con distintas formas de gobierno, idiomas y culturas; así como colonias de los países europeos. Por estas y otras consideraciones la región del Caribe es una región geográfica, ecológica y políticamente muy diferente que constituye: la América Insular, que es muy diferente de América Latina y de Norte América.

- Carnival Victory: buque de cruceros de la flota naviera Carnival. Datos técnicos: Bandera: Panamá. Capacidad 3.473 pasajeros y 1.100 tripulantes. Camarotes: 526. Eslora: 272 m. Manga: 35 m. Tonelaje: 101.509 toneladas. Es un buque hotel, que sería equivalente a un comfortable hotel flotante de 10 pisos, con una amplia cubierta que permite una vista panorámica.

Quito, 29 de enero 2021.

***CIENCIAS
BIOLÓGICAS
Y SOCIEDAD***

INFLUENCIA DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN EN EL PENSAMIENTO MODERNO

Charles Darwin concibió la “Teoría de la Evolución por selección natural” después de realizar un viaje alrededor de la Tierra en el barco de la armada inglesa “Beagle”, travesía que incluyó la visita al archipiélago de Galápagos, donde efectuó las observaciones más interesantes. Luego del histórico viaje, el joven naturalista inglés escribió en su diario: “...había quedado gratamente impresionado por algunas de las especies del Archipiélago. Estos hechos son origen de todos mis puntos de vista”. Por esta razón el Ecuador está vinculado a la teoría evolutiva.

La Teoría de la Evolución es la más general sobre la vida, ya que logra explicar el origen de nuevas especies, la diversidad de seres vivos y su adaptación al medio ambiente. En el ámbito de las ciencias biológicas no se discute el hecho natural de la evolución, ni la validez de la Teoría; pero se busca esclarecer los procesos microevolutivos y macroevolutivos, con lo cual se ha podido confirmar la teoría darwiniana y complementarla con los nuevos conocimientos de la biología contemporánea.

La Teoría de la Evolución por selección natural se sustenta en cuatro premisas: variabilidad, sobreproducción, competencia, y supervivencia y reproducción diferencial de los organismos; sobre estas premisas explica la complejidad y diversidad de los organismos del pasado conocidos a través de los fósiles, así como de los seres vivos del presente.

La Teoría evolutiva revela una estructura lógica muy consistente que se basa en un modelo hipotético deductivo susceptible de comprobación empírica. En efecto, la Teoría permite explicar los procesos evolutivos y, más aún, comprobarlos mediante la verificación en el campo, lo que es posible hacer en las islas Galápagos, por lo que son un verdadero museo y laboratorio de la evolución.

Desde fines del siglo pasado y en los primeros años del presente, biólogos de diferentes disciplinas trabajan en el enriquecimiento de la Teoría Evolutiva gracias al aporte de la genética de poblaciones, biología molecular, biología del desarrollo y la ecología de comunidades, con lo cual se renueva y crece la Síntesis Moderna de la Evolución o Teoría Sintética de la Evolución.

Significado histórico de la Teoría

La Teoría de la Evolución, desde la formulación inicial, abrió una nueva era en la historia de la humanidad. En efecto, Darwin amplió la revolución intelectual que iniciara Copérnico al demostrar que los seres vivientes son materia en movimiento y transformación, así como permitió explicar la adaptación y diversidad de los organismos, la formación de nuevas especies e inclusive el origen del mismo hombre, mediante un proceso ordenado de cambios regidos por las leyes de la naturaleza.

Por su amplitud conceptual la Teoría de la Evolución se

ha convertido en la piedra angular de la Biología, ya que integra múltiples conceptos de las ciencias biológicas, articula numerosos hechos y fenómenos del mundo viviente, que de otra manera se verían aislados e inconexos. Como expresara Theodosius Dobzhansky, eminente neodarwinista: "En Biología nada tiene sentido si no se lo considera bajo el prisma de la Evolución".

Además, la Teoría subyace en todo el pensamiento contemporáneo y en múltiples ámbitos del saber; lo cual ha permitido construir una nueva visión del mundo, de la humanidad y sus interrelaciones en el tiempo y el espacio. La comprensión de la evolución es trascendental para el bienestar humano; el enfoque evolutivo de las entidades y procesos biológicos tiene importantes aplicaciones en la producción agropecuaria, farmacéutica, en la medicina y otros ámbitos de la vida moderna. En el espectro general de las ciencias naturales la Teoría ha contribuido substancialmente al desarrollo del conocimiento científico y a la vez ha tenido una fuerte influencia en el ámbito antropológico, sociológico, económico, filosófico y político.

No es posible entender la Biología moderna sin la Teoría fundamental de la vida; así como no es posible concebir a la Física sin la teoría de la gravitación universal o la Química sin la teoría atómica. La Biología sin el soporte de la Teoría Evolutiva sería un conjunto de disciplinas puramente descriptivas y sin un eje articulador y unificador. En esto radica la importancia de la Teoría de la Evolución en las ciencias de la vida y su efecto transformador en otras ciencias, todo lo cual se debió a la genialidad de Charles Darwin y Alfred R. Wallace, quien debe ser reconocido por su aporte inicial a la formulación de la Teoría clásica de la evolución.

El científico y humanista Julián Huxley resumió la trascendencia de la Teoría Evolutiva en esta frase: "La ventana que Darwin

abrió al mundo posibilitó perspectivas nuevas y revolucionarias en otras materias. Las personas empezaron a estudiar la evolución de las nebulosas y las estrellas, de las lenguas e instrumentos, de los elementos químicos y de las organizaciones sociales. Al final, llegaron a considerar todo el universo desde una óptica evolucionista, convirtiendo a la idea de la evolución en una idea universal".

LAS MANOS: UNA MARAVILLA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

Visión anatómica y funcional

Una breve revisión de la historia evolutiva de las manos de los seres humanos nos lleva a los primeros vertebrados que colonizaron la tierra y aprendieron a caminar o correr con sus cuatro patas terminadas en cinco dedos. En los miembros anteriores de estos primitivos tetrápodos ya se hallaban las estructuras precursoras de las manos, que en los mamíferos y en los primates – por la adaptación a la vida arborícola- se fueron perfeccionando progresivamente. Las manos de los seres humanos tienen una estructura anatómica esencialmente similar a las de otras especies de primates, empero, en nuestra especie las manos alcanzaron un alto grado de desarrollo evolutivo que les transformó en estructuras excepcionales por su morfología, anatomía y funcionalidad.

La mano es una estructura de altísima complejidad, una verdadera maravilla de la morfo-anatomía que jugó un papel muy importante en la evolución humana. La anatomía de la mano revela

su estructura fina y delicada: consta de 27 huesos, 20 músculos, tendones y ligamentos, arterias y venas, todo lo cual forma una unidad anatómico-funcional perfecta que está controlada por una compleja red de nervios; a eso se debe la movilidad, sensibilidad y versatilidad, que se traduce en acciones tanto de fuerza como de precisión. La mano es el órgano del tacto más delicado y de mayor capacidad discriminativa.

En el proceso evolutivo de las manos del *Homo sapiens* jugó un papel determinante la posición erguida de sus ancestros homínidos, pues, al quedar liberados de la locomoción los miembros anteriores se convirtieron en superiores; esto fue el inicio de transformaciones profundas. Los brazos están unidos vigorosamente al tronco mediante la articulación de los hombros, que está formada por el omóplato o escápula, la clavícula y la cabeza del húmero. Esta estructura óseo-articular y potentes músculos dieron a los brazos una amplia capacidad de movimiento y libertad de acción.

El antebrazo, formado por el cúbito y el radio, se une al brazo mediante la articulación en bisagra, lo cual hace posible la flexión y extensión. Pero además el antebrazo es capaz de hacer movimientos de ligera rotación que permiten que el antebrazo gire hacia adentro y hacia fuera en los movimientos conocidos como supinación y pronación. En el antebrazo se hallan la mayor parte de los músculos que controlan el movimiento de las manos a través de los tendones que atraviesan la muñeca para llegar a la palma de la mano y a los dedos.

La estructura de las articulaciones del carpo y el complejo y delicado conjunto de músculos, tendones y ligamentos permiten a la mano realizar movimientos de flexión, extensión y circunducción, con independencia del codo, lo que ofrece muchas posibilidades para el funcionamiento de la mano; empero, es la forma y

constitución de la mano la que explica su versatilidad, pues el pulgar con su amplia libertad de movimientos le dan excepcionales atributos, que no poseen otras especies.

La oponibilidad del pulgar a los demás dedos es la característica más importante para el funcionamiento de la mano. El pulgar tiene una amplitud e independencia de movimiento que le permiten a la mano una variedad de operaciones como la divergencia, convergencia, prehensibilidad y oponibilidad, con lo cual la mano es apta para coger objetos de diferente tamaño, usar herramientas de todo tipo, realizar acciones de alta precisión, actuar como pinza manual, pinza digital y con ello puede coger un alfiler o asir el lápiz y escribir; tocar instrumentos musicales o de alta precisión; para lo cual la uña aplanada es un elemento que amplía las posibilidades funcionales de los dedos.

Desde la posición de reposo de la mano se puede apreciar toda su capacidad y versatilidad de movimientos, lo cual le permite una diversidad de acciones. La mano por su rica inervación tiene una alta sensibilidad táctil con lo cual puede ejecutar trabajos tan finos que exigen micro manipulación como la joyería al elaborar una filigrana, la relojería, el bordado o el arte, la microcirugía, etc. Las manos se convierten en herramientas multifuncionales: arman y desarman, construyen y destruyen, agarran, destrozan, rasguñan, golpean... también siembran y cosechan los frutos de la tierra; abrazan, acarician cuando rozan la piel del ser amado.

Las manos: versátiles y expresivas

La mano es el órgano más versátil del cuerpo humano y a la vez de alta expresividad a través del lenguaje gestual. Los gestos de la mano tienen muchos significados y simbolismos: la mano abierta para dar y recibir; la mano derecha de los padres para bendecir a

sus hijos, la mano extendida con la palma hacia el frente para indicar alto a una acción, la mano cerrada para aprehender un objeto, la mano crispada... la mano empuñada... Las manos y los brazos tienen una especial función en el ataque y en la defensa, además una excepcional fuerza expresiva... Los brazos que acunan al ser amado... Las manos enternecidas para la caricia, también se convierten en órganos sexuales auxiliares que exploran y estimulan... Los dedos posibilitan la lectura a los no videntes les permiten comunicarse mediante el lenguaje gestual y mímico a las personas privadas del habla y el oído.

Las manos expresan emotividad, dulzura, ternura, temor... forman parte del lenguaje cotidiano: los gestos manuales dan mayor énfasis a los argumentos; expresan emociones y sentimientos en la danza y el arte dramático. Las manos hablan por sí mismas: muestran signos referentes al estado de salud de una persona, sus movimientos revelan estados de ánimo como el temor y el miedo... Muchos rasgos de la personalidad humana se expresan en las manos: estados psicológicos conflictivos, dramas internos... emociones y actitudes individuales y colectivas... Las manos pueden ser tan elocuentes como el rostro más expresivo, al punto que una persona "se expresa con sus manos y habla con sus gestos".

Como las huellas dactilares que revelan la identidad personal, también las manos revelan la identidad de nuestro ser; reflejan cualidades humanas nobles y elevados: persona de manos limpias, manos abiertas, manos generosas, manos solidarias, "es mi mano derecha"; manos amigas, manos de artista, manos encallecidas por el trabajo (de campesinos, obreros, artesanos...), "la mano abierta de un amigo"; como también actitudes contrarias e innobles: manos cerradas, manos duras, "manos sucias"; "juego de manos es juego de villanos" dice el adagio popular:

Los dedos tienen también su lenguaje propio: el pulgar levantado en señal de éxito, en dirección contraria de fracaso o condena; el índice es el indicador natural, puede señalar el camino, pero también puede ser señal de amonestación, amenaza o acusación, la V de la victoria, el *dígitus impudicus* que tiene distinto significado en las distintas culturas...

Las manos en la evolución cultural

Desde la fabricación de herramientas rústicas de nuestros antepasados remotos, las manos posibilitaron la expresión material del intelecto, el desarrollo cultural de progreso creciente que se expresó en el arte primitivo, en la artesanía, la manufactura, las artes plásticas y otras; todas ellas son manifestaciones superiores del ser humano, fruto de un largo proceso coevolutivo de la mano y del cerebro, del cerebro y de la mano, en un círculo virtuoso de perfeccionamiento y evolución conjunta. La mente enseñó a los hombres y mujeres cómo usar las manos, y, a la vez, éstas estimularon el desarrollo intelectual. Se afirma con razón que la inteligencia, el conocimiento, los sentimientos, recuerdos, deseos, valores..., y las manos, nos han hecho humanos; pues son un maravilloso producto de la evolución biológica y un factor fundamental de la evolución de las diferentes culturas a través de la historia de la humanidad. Cabe destacar que "El obrar humano es altamente complejo, compromete a la totalidad del ser; su cuerpo y su espíritu... necesita de varios elementos; razón, imaginación, destrezas motoras, energía física, disponibilidad afectiva, deseos, automatismos, esfuerzo, constancia, resistencia, angustia, esperanza y salud". (1)

Poetas, pintores y escultores han exaltado la maravilla de las manos y su extraordinario simbolismo:

"Las manos maternas que en mi pecho son/como dos alas

quietas sobre mi corazón”.

“Las manos de mi madre saben borrar tristezas”.

“Acógeme en tus brazos y delicadamente, con tus manos de seda acaricia mi frente...”

“... hoy estoy en tus manos/ como la blanda cera en manos de un artista”. (2)

Pero nuestras manos merecen eso y más. Merecen ser cuidadas como tesoros. Alguna lesión o daño en el antebrazo, la muñeca, la palma de la mano o en los dedos podría causar daños permanentes. La anatomía de la mano es muy compleja y delicada; por lo mismo la cirugía de la mano reviste mucha complejidad por los numerosos huesos, músculos, nervios y vasos sanguíneos que debe reparar. La ciencia médica ha logrado avances muy grandes en la cirugía de la mano, pero enfrenta limitaciones insalvables frente a daños mayores, como la inhabilitación de la mano o la pérdida de uno o más dedos. Las manos son estructuras de asombrosa perfección y funcionalidad, son una maravilla de la evolución biológica y fueron determinantes en la evolución social y cultural.

En la grave situación sanitaria que vive el mundo entero por la pandemia del Covid-19 debemos lavarnos en forma frecuente y prolija las manos, tanto por higiene personal como por responsabilidad familiar y social. En nuestras manos está, ahora y siempre, la salud y la vida.

Referencias:

1. Barreto, D. 2019. Semiología del silencio, la risa, el llanto y la pereza. Quito, Editorial Universitaria, Universidad Central del Ecuador.
2. Extractos de poesías y canciones, de varios autores.

Quito, 20 de marzo 2020.

EL DETERMINISMO BIOLÓGICO: ANTIGUOS Y NUEVOS ROSTROS

Conceptos iniciales de evolución biológica

La evolución –concepto fundamental de las ciencias biológicas- comprende la transformación de los seres vivos a través del tiempo y la diversificación en el espacio geográfico y ecológico. La comunidad científica llegó a la aceptación del concepto de evolución gracias a los aportes pioneros de Lamarck y años más tarde por las contribuciones de Charles Darwin y Alfred R. Wallace quienes presentaron ante la Sociedad Linneana de Londres el primer esbozo de la teoría de evolución.

En 1859 Darwin publicó el libro: *“El origen de la especie”* en él presentó las evidencias de la transmutación de las especies y demostró que la transformación de los seres vivos ocurrió en la naturaleza mediante el mecanismo de la selección natural. Con la publicación del libro Darwin ganó protagonismo y fama mundial en temas de evolución; así surgió el Darwinismo. (1)

Es necesario precisar que la formulación inicial de la teoría de evolución fue un aporte científico de Darwin y Wallace, dos na-

turalistas ingleses que después de años de investigar la diversidad de las formas vivientes en varias regiones del mundo, llegaron a la misma conclusión en forma independiente. La teoría evolutiva, en rigor debería llamarse “Teoría Darwin-Wallace”.

La teoría evolutiva –como se la conoce ahora- se enriqueció y fortaleció con el desarrollo de las ciencias biológicas en los siguientes años; llegó a tener aceptación general en la comunidad científica mundial, al punto de ser considerada: la teoría más general de la biología, ya que permitió explicar en base a la ciencia, la unidad y la diversidad de los seres vivientes. (En el acápite final, *Precisiones actuales*, se resumen los avances en este campo y las tendencias actuales)

Socialdarwinismo: expresión del determinismo biológico

La teoría de evolución en la visión darwiniana original de difundió rápidamente en círculos académicos de Europa y más tarde en América, llegó a ejercer una fuerte influencia en las ciencias naturales, pero también en las ciencias sociales y en la política; pues, algunos teóricos burgueses de Inglaterra y de otros países de Europa adoptaron los conceptos de la nueva teoría como el soporte ideológico para justificar el sistema económico vigente en esa época.

En efecto, cuando se difundieron y malinterpretaron las premisas del darwinismo, con extrema ligereza y mala fe, se aplicaron dichos conceptos a la interpretación de los fenómenos sociales y políticos. Sin ningún pudor se llegó a afirmar que el éxito económico de unos se debía a que eran “los más aptos” para enfrentar la “lucha por la vida”. En cambio los otros: los “menos aptos” estarían condenados a la marginación de la sociedad y serían eliminados por selección natural. Así fue como se pretendió dar el “estatus”

de teoría sociológica a la teoría de evolutiva darwiniana. En ese marco conceptual se interpretó la existencia de clases sociales y el sistema capitalista como el sistema que acataba estrictamente los postulados de la teoría de evolución. Nació el socialdarwinismo.

La corriente socialdarwinista llegó a sostener de manera arrogante que el sistema económico vigente era el resultado natural e inevitable de las leyes de la biología, por lo mismo debía ser aceptado sin objeción; exaltaba las bondades del sistema capitalista y lo explicaba en el marco del determinismo biológico, al punto de encontrar justificación para el racismo, el fascismo, el nazismo, la xenofobia... Empero, aquella falsa teoría no resistió por mucho tiempo el análisis de las ciencias sociales. Pronto se descubrió la trampa que subyace en el socialdarwinismo. Se reveló el error en que se incurrió al extrapolar en forma mecánica los conceptos de las ciencias biológicas al desenvolvimiento de las sociedades humanas y de las naciones.

Por cierto, el espíritu que subyace en el darwinismo social no era nuevo, pues ya se hallaba presente en las antiguas formulaciones del viejo determinismo biológico de ciertos filósofos como Thomas Hobbes, en su célebre sentencia: "el hombre es el lobo del hombre", o Herbert Spencer, quien concibió la tesis de "la supervivencia de los más eficientes en la lucha por la vida" y describió el desarrollo de las instituciones humanas como historias en las cuales "uñas y dientes se tiñen de sangre".

Sociobiología: determinismo biológico con nuevo rostro

La historia reciente registra nuevos intentos de revivir el determinismo biológico a través de la sociobiología, cuyo principal exponente es Edward O. Wilson, que en el libro: "*Sociobiología, la nueva síntesis*" resume la esencia de su pensamiento. He aquí sus

expresiones: “En sentido darwiniano, el organismo no vive por sí mismo. Su función primordial ni siquiera es reproducir otros organismos; reproduce genes y sirve para su transporte temporal”. “La Sociobiología se define como el estudio sistemático de todo comportamiento social”. “Este libro –dice Wilson- intenta codificar la Sociobiología en una rama de la Biología evolutiva y, particularmente, de la Biología de poblaciones moderna”. “Una de las funciones de la Sociobiología es pues, estructurar los fundamentos de las ciencias sociales...” (Wilson, 1980). “Un solo gen parece ser el responsable del éxito y auge en el status; puede concentrarse en las clases socioeconómicamente superiores”, Dahlberg. (Citado por E. Wilson, 1980)

De ahí que no resultan extrañas tesis como las siguientes: “La sociedad capitalista es una meritocracia genéticamente determinada, la riqueza y la posición social son función directa de la inteligencia... el desempleo se hereda de la misma forma que la mala dentadura. La ampliación de un negocio está regida por la supervivencia del más apto... por obra de una ley natural y divina”, J. Rockefeller. (The Ann Arbor Science for the People, 1982). Estas tesis seudocientíficas se convirtieron en el soporte para las acciones humanas como de un sistema económico que buscaba expandirse, a cualquier costo.

Concebida a imagen y semejanza de la sociedad de mercado “la naturaleza vuelve a ser usada para explicar el orden social humano y viceversa, en un intercambio recíproco sin fin entre darwinismo social y capitalismo natural. Lo que está inscrito en la teoría sociobiológica es la ideología atrincherada en la sociedad occidental; la garantía de su naturalidad y la afirmación de inevitabilidad”. (Shalins, M. 1982). Estas falsas teorías reclamaron para sí el carácter neutral de las ciencias naturales, se presentaron con nuevos ropajes, pero al ser analizadas en profundidad revelan su

verdadero rostro. "La nueva ciencia no tiene calidad de tal y no es más que puro reflejo de una forma particular de concebir las instituciones humanas". (The Ann Arbor Science for the People, 1982).

El eminente biólogo evolucionista Stephen J. Gould rechazó el determinismo sociobiológico porque es falso. A más de ratificar la selección como proceso válido en el ámbito biológico, consideró impropio utilizar el darwinismo fuera de su cultura. La selección natural explica la evolución biológica pero es inútil para comprender la historia, la cultura y la sociedad. (Gould, 1983).

La sociobiología pretendió biologizar las ciencias sociales, al buscar la explicación de los procesos sociales en términos de la selección natural o de la predeterminación genética, como aquella contenida en el aberrante concepto del "gen egoísta" según el cual el organismo es solo el vehículo para que los genes hagan más copias de sí mismos. Este un grave error conceptual.

La convergencia de disciplinas científicas ha sido muy fructífera en el desarrollo científico; empero, la subordinación de una disciplina a otra, es un reduccionismo simplista y absurdo. Este es el caso de la sociobiología que pretendió extrapolar a las sociedades humanas las conclusiones obtenidas de la observación del comportamiento social de los animales.

A la luz de este análisis se descubre en el darwinismo social y en la sociobiología un nuevo intento de reducir la historia de la humanidad a una sucesión de luchas por la supervivencia y a crueles desgarramientos. Todo esto es "vino viejo en botellas nuevas": ciencia ideologizada que se utiliza en forma recurrente para legitimar el sistema político dominante en el mundo.

El socialdarwinismo y años más tarde la sociobiología confi-

guraron una concepción *sui generis* de la sociedad basada en principios biológicos ideologizados, de los cuales derivan múltiples formas de relación social y hasta de gobierno. No debe extrañar que de esa visión deformada de la naturaleza humana hayan surgido fórmulas políticas para la dominación de las naciones.

Ahora como en el pasado, el determinismo biológico pretende justificar la historia y perennizarla a través de entidades biológicas, olvidando que la gran conquista del ser humano radica en su capacidad para trascender lo biológico, no mediante su negación sino por haber incorporado a sus procesos evolutivos nuevas dimensiones y categorías fundamentadas en la lógica, la razón, el pensamiento, la ética individual y social.

Expresiones recientes

En diversos medios se han difundido varias opiniones de personajes influyentes en la economía y política mundial; han sido expresadas en diferentes contextos, pero tienen un claro trasfondo ideológico. He aquí algunas de ellas:

“Si yo resucitara desearía volver a la tierra como un virus asesino para reducir los niveles de la población humana”. Príncipe Felipe, duque de Edimburgo, esposo de la reina Isabel, Reino Unido.

“Los ancianos viven demasiado y eso es un riesgo para la economía mundial. Tenemos que hacer algo”. Christine Lagarde, directora del Fondo Monetario Internacional.

“Sí, mucha gente va a morir cuando se establezca el Nuevo Orden Económico, pero será un mundo mucho mejor para los que sobrevivan”. Henry Kissinger, influyente político y ex secretario de Estado, EE. UU.

“Estamos al borde de una transformación global. Todo lo que necesitamos es una gran crisis y las naciones aceptarán el Nuevo Orden Internacional”. David Rockefeller, empresario y político, EE.UU.

“Necesitamos reducir la población en 2 mil millones...” Ted Turner, fundador de la Cadena internacional CNN.

“Tenemos sobrepoblación. El mundo de hoy tiene 6.8 billones de personas. Eso se dirige a unos nueve billones. Ahora, si hacemos un gran trabajo en nuevas vacunas, atención médica, servicios de salud reproductiva, podríamos reducirlo en, quizá, 10 o 15 por ciento”. Bill Gates.

Son cada vez más frecuentes las declaraciones políticas y acciones del poder financiero internacional y sus voceros con el propósito de influir en la economía, la educación, la salud, la seguridad social. Con la pandemia del coronavirus están resurgiendo nuevas propuestas, proclamas y “soluciones globales” que se enmarcan en el espíritu del socialdarwinismo y de la sociobiología.

Precisiones actuales sobre la evolución biológica

- Es preciso aclarar la diferencia entre socialdarwinismo o darwinismo social y Neodarwinismo, porque con alguna frecuencia se incurre en el grave error de creer que son equivalentes. Bajo la denominación de Neodarwinismo se inscribe la interpretación de la evolución biológica sobre la base de los postulados del darwinismo: variación y variabilidad, adaptación, supervivencia y reproducción diferencial, que se resume en la selección natural; pero con el respaldo de la genética mendeliana y la genética de poblaciones. Sobre esta basa se construyó la primera Síntesis

del pensamiento evolucionista en la segunda mitad del siglo pasado, gracias a los aportes de Theodosius Dobzhansky, Ernest Mayr, George G. Simpson, Sewall Wrigth, Julian Huxley y Ledyard Stebbins.

- Teoría sintética, o Síntesis moderna de la evolución –como se la conoce ahora- es la explicación científica más consistente de la evolución biológica, se sustenta en el darwinismo clásico, pero incorpora nuevos elementos explicativos que provienen de la biología moderna: la genética, la ecología evolutiva, la genética molecular y recientemente la genómica. (Mayr, E.)
- En años recientes está tomando impulso una segunda síntesis de la teoría de la evolución: la Síntesis ampliada o Síntesis expandida, que integra la Evolución, Ecología y la Biología del Desarrollo, lo que se conoce como: Eco-Evo-Devo. En este marco conceptual se enriquece y reformula la teoría evolutiva. (Gallardo, M). En efecto, la segunda síntesis de la teoría evolutiva se perfila como la construcción teórica más trascendental de la biología contemporánea.

Referencias:

1. Wilson, E. O., 1980. *Sociobiología, la nueva síntesis*. Barcelona, Ediciones Omega.
2. Shalins, M. 1982. *Uso y Abuso de la Biología*. Madrid, Siglo Veintiuno Editores.
3. The Ann Arbor Science for the People, 1982. *La Biología como Arma Social*. Madrid, Ed. Alhambra.
4. Gould, S., J. 1983. Desde Darwin. *Reflexiones sobre Historia Natural*. Madrid, Hermann Blume Ediciones.
5. Mayr, E. 2006. *Por qué es única la biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*. Buenos Aires, Kats Editores.
6. Gallardo, M. 2011. *Evolución, el Curso de la Vida*. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.

Quito, octubre 2020.

***BIOLOGÍA
Y GENÉTICA
MOLECULAR***

ADN, ARN Y VACUNAS DE ARN MENSAJERO

El ADN (ácido desoxiribonucleico) y el ARN (ácido ribonucleico) son las moléculas que constituyen el genoma humano y determinan lo que somos como especie y como individuos. Más aún estas biomoléculas son la base de la vida, pues constituyen el genoma de todos los seres vivos, desde los más sencillos a los más complejos. Lo que se conoce sobre el ADN y el ARN es el resultado de setenta años de investigaciones en el campo de la biología molecular y bioquímica que abrió la puerta grande para la biología moderna.

J. Meddox, ex-editor de la revista "*Nature*" al referirse a las revoluciones científicas del siglo pasado, expresó que la teoría especial de la relatividad, la mecánica cuántica y el descubrimiento de la estructura del ADN constituyen los acontecimientos más relevantes para la ciencia en siglo pasado. Las dos primeras corresponden a la física y la tercera a la biología. Las tres produjeron grandes cambios en la concepción de mundo y en la relación de ser humano con el entorno; pero la revelación de la estructura del ADN tuvo un impacto muy grande en la biología: "la revolución del ADN" que se reflejó en el conocimiento de los seres vivos

en el nivel molecular; los mecanismos íntimos de transmisión de la herencia, la identidad biológica humana, la estructura y funcionamiento de los genes, los genomas y la intervención en ellos con fines de investigación y aplicación biotecnológica.

El ADN permitió entender la unidad y continuidad de la vida, ya que todos los seres vivos en el presente están constituidos de ADN en su estructura molecular. Con las técnicas modernas de recuperación del ADN a partir de restos fósiles ha sido posible hallar el ADN antiguo, y, mediante las técnicas de Reacción en Cadena de la Polimerasa, PCR (por la siglas en inglés), obtener miles de copias y secuenciar su constitución con lo cual se compara el ADN antiguo con el extraído de parientes actuales; de ese modo se estableció la relación de parentesco entre los seres vivos actuales y los de épocas remotas. Se estableció, por este medio, la relación evolutiva que existe entre todos los seres vivos de la Tierra y el conocimiento de la de código genético dio la prueba incontrovertible de la evolución y de la unidad de todos los seres vivos.

Principales logros en la investigación del ADN y ARN

El conocimiento del ADN parte de las investigaciones de Oswald Avery y colaboradores (1944) quienes establecieron que la información genética está contenida en la molécula de ADN; pero fue la revelación de su estructura efectuada por James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins en 1953, el acontecimiento más trascendente en las ciencias de la vida; seguido por el ARN, el código genético, la síntesis de proteínas. En las últimas décadas se logró conocer la naturaleza de la información genética de las bacterias, que son los microorganismos más sencillos y abundantes de la Tierra, así como de otros de mayor complejidad como protozoarios, hongos, plantas y animales. Más tarde se descubrió el

mecanismo de la expresión de los genes, es decir, cómo estos determinan la constitución y funcionamiento de los organismos vivos; su metabolismo, reproducción, adaptación al entorno y evolución.

En la primera década del siglo XXI se logró determinar la secuencia completa del ADN humano y de numerosas especies de plantas y animales, lo que dio inicio a la “era genómica” con el desarrollo de la biología y genética molecular y la convergencia de tecnologías modernas como la nanotecnología, biotecnología y la bioinformática, que dio paso a la tecnología del ADN y con ella a la modificación de la molécula: cortar segmentos, reubicarlos en cromosomas de otros organismos, eliminarlos, remplazarlos por otros, es decir la “edición de genes”. (a)

El ADN: Estructura y propiedades

El ADN es una macromolécula comparable a una escalera en espiral, está formada por dos cadenas complementarias en forma de hélice, cuya estructura externa es una sucesión de moléculas de azúcar (la desoxirribosa, de ahí su nombre), alternando con grupos fosfato; entre las dos cadenas se ubican las bases nitrogenadas: adenina A, timina T, guanina G, y citosina C, a manera de peldaños de la “escalera”.

Producto de la evolución molecular en los albores de la vida en la Tierra, el ADN tiene una composición química y una arquitectura molecular muy particular, lo que le confiere características especiales, como son:

Especificidad: por la secuencia de las bases nitrogenadas: adenina, timina, guanina, y citosina.

Mutabilidad: cambio en el orden de las mencionadas bases.

Replicabilidad: capacidad de autoduplicarse en virtud del ensamblaje de una nueva cadena sobre las preexistentes, que le sirven de molde.

Transcripción: en ácido ribonucleico mensajero ARNm y la traducción en la síntesis de proteínas estructurales y enzimas, indispensables para la construcción y funcionamiento de todo ser viviente. (1)

En organismos sencillos como las bacterias el ADN se encuentra formando un anillo, en cambio en los organismos superiores el ADN constituye estructuras complejas: los cromosomas que contienen a los genes, ordenados en forma lineal en cada cromosoma. (En la especie humana se localizan en los 23 pares de cromosomas).

El ADN alcanzó la estructura de doble hélice como resultado de un proceso de selección molecular. La presencia de las dos cadenas da mayor estabilidad a la molécula, facilita su reparación - una vez que se daña por efecto de las radiaciones ultravioletas y otros factores mutagénicos-, asegura la duplicación en dos moléculas gemelas en el proceso previo a la división celular y la consiguiente transmisión de la información genética a la descendencia. Con excepcional fidelidad almacena y transmite la información genética, pero también experimenta cambios que originan la variabilidad genética sobre la cual actúa la selección natural. Apareció en un período temprano en la evolución de la vida y se ha mantenido como tal a través de millones de años de vida en la Tierra. La molécula de ADN es por sí misma una maravilla de la evolución.

ADN: “libro de la vida”

El ADN es el alfabeto en el que está escrito el “libro de la

vida". Mientras nuestro alfabeto tiene 26 letras, el alfabeto genético tiene apenas cuatro letras A, T, G, C que corresponden a las cuatro bases nitrogenadas del ADN, con las cuales se forman tripletes (o palabras de tres letras que tienen un significado propio). Esta similitud con el español - o con cualquier otro idioma- es útil para formar el lenguaje genético y transmitir su significado. Así como una oración expresa una idea, el lenguaje del ADN contiene y transmite las instrucciones para elaborar un producto como es una molécula ARN y a través de ella una proteína.

El trabajo de los genetistas y biólogos moleculares permitió secuenciar el ADN, lo que significa establecer el orden de las bases nitrogenadas ATGCTGCAA. . . , lo que es equivalente a deletrear una palabra y entender su estructura y su significado o descifrar el código genético. Las investigaciones continuaron y los resultados fueron sorprendentes: el ADN es la "molécula clave de la vida". La existencia de todo ser viviente depende en último término del ADN; pues en su estructura molecular está contenido el programa (o el plano) sobre la constitución de una bacteria, una planta, un ave o un ser humano.

ARN: estructura, tipos y funciones

El ARN es una molécula similar al ADN pero de una sola cadena, contiene un azúcar de cinco carbonos, la ribosa y la base nitrogenada, el uracilo, en reemplazo de la timina del ADN. Siendo una molécula de cadena única, es más sencilla, es más versátil, pero efímera, pues se desintegra con facilidad, solo está presente unas horas en el citoplasma de la célula donde realiza su función. El ARN interviene en la síntesis de proteínas por medio del ARN mensajero (ARNm) que transmite la información codificada, el ARN de transferencia (ARNt) que transporta los aminoácidos, y el ARN ribosómico, (ARNr) que se localiza en los ribosomas -or-

ganelos de la célula- donde se ensamblan las proteínas.

Se afirma con mucha razón que estamos viviendo una nueva revolución en la biología: “la revolución del ARN”. Si las décadas pasadas fueron de la mayor expresión del ADN, la próxima década será del ARN. Al parecer el ARN se ha puesto “de moda” en los medios de comunicación de todo el mundo y se puede afirmar que está desplazado al ADN que tuvo preeminencia entre las biomoléculas. En los círculos académicos es bien conocida la importancia del ARN, no solo como molécula intermediaria en la síntesis de proteínas, por lo tanto en el metabolismo celular, sino porque constituye el genoma de muchos virus, entre ellos el SARS-CoV-2, que ha causado la pandemia más grande que ahora afecta al todo el mundo. El ARN se halla en la composición de los organismos más sencillos y en las grandes ramas del “árbol de la vida” en el “último ancestro común universal” conocido como LUCA (por las iniciales en inglés) que habría surgido hace 3.700 millones de años. (4)

Vacunas de ARN mensajero para el COVID-19

Las vacunas de ARNm protegen contra enfermedades infecciosas de una manera diferente a las vacunas se aplican para prevenir varias enfermedades como la viruela, la poliomielitis, el sarampión y otras que se elabora con los mismos virus que ocasionan las enfermedades, pero atenuados. Las vacunas de ARNm contra el COVID-19 llevan las instrucciones a nuestras células para que produzcan una porción de la “proteína Spike” que forma las espículas del coronavirus (estas por sí solas son inofensivas), pero son esenciales para que el virus se adhiera nuestras células y cause la infección. La administración de la vacuna de ARNm tiene por finalidad provocar la respuesta defensiva de nuestro organismo, ante una potencial infección del coronavirus. En la práctica la vacu-

na consiste en inocular nanopartículas (microburbujas de lípidos) que contienen 10 cadenas de ARNm, estas van a los ribosomas de las células donde se traduce la información para crear la proteína de la espícula viral. El objetivo de la vacuna es, por lo mismo, provocar una respuesta inmune ante el patógeno específico para evitar que este cause la enfermedad.

La vacuna actúa produciendo copias de la proteína S del coronavirus con el objeto de que sean localizadas por el sistema inmunológico, activen los Linfocitos T que destruyen las células infectadas y generen anticuerpos específicos para el coronavirus; de este modo las vacunas de ARN mensajero contienen instrucciones para que el ser humano fortalezca su capacidad para defenderse frente a una potencial infección viral. La terapia del ARNm contra el coronavirus, el cáncer y otras enfermedades raras se sustenta en las investigaciones de biología molecular realizadas por Katalin Karikó (actualmente trabaja en BioNTech), Drew Weissman y Norbert Pardi, de la Universidad de Pensilvania, quienes consiguieron modificar la molécula de ARNm para hacerle algo más estable y sintetizar las nanopartículas (microburbujas de lípidos que permiten inocular segmentos de ARNm a seres humanos y provocar la reacción deseada. (5) Pero, dado que la molécula de ARN es frágil e inestable, las vacunas de ARNm necesitan ser conservadas, transportadas y almacenadas a temperaturas de -20° . -70° .

El conocimiento de la estructura del ARN y de sus funciones ha permitido despejar ciertas dudas respecto a posibles efectos que tendría la administración de la vacuna de ARN mensajero. Varios especialistas en virología y epidemiología han expresado que, al ser la vacuna de ARNm no causaría ningún efecto negativo en el genoma de las personas que lo reciban, pero advierten que las vacunas deben garantizar la eficacia y seguridad, por lo cual piden actuar con cautela. Las vacunas de ARN mensajero

que están desarrollando varios laboratorios farmacéuticos como (Pfizer-BioNTech y Moderna) se hallan en la fase 3 de los ensayos clínicos, han demostrado el 95% de efectividad y han comenzado a ser administradas en varios países.

La aplicación de la terapia del ARN está revolucionando el tratamiento de estas muchas enfermedades. Las perspectivas son muy prometedoras en el campo de la medicina, como en la biología teórica. La búsqueda de una vacuna contra el COVID-19 generó un notable impulso de una línea de investigación poco explorada hasta hace poco: la del ARN. Con este propósito varios países, entre ellos Alemania, Reino Unido y Estados Unidos han asignado importantes recursos financieros y de alta tecnología como: supercomputadoras, inteligencia artificial y acceso a secuenciamientos genéticos. Se conoce que mediante el ARN es posible modular la expresión de ciertos genes para curar o detener el avance de una enfermedad (sin que se produzcan cambios permanentes en el ADN), por lo mismo su aplicación sería más eficaz y segura. Las perspectivas son alentadoras en el ámbito de las ciencias biológicas como en las ciencias médicas.

Referencias:

1. Ayala, F. 1980. Evolución Molecular. Barcelona, Ediciones Omega, S. A.
2. Rodríguez-Tarduchy, G., Martínez del Pozo A. 2016. ¿Por qué somos como somos? España, Ed. Bonal letra Alcompas, S.L.
3. Díaz, A., Golombek, D. Compil. 2007. ADN cincuenta años no es nada. 2ª edición. Buenos Aires, Siglo XXI Editores.
4. Briones, C. El ARN está de moda... desde hace 3.800 millones de años. www.culturacientifica.com/ 2020-12-09.
5. Domínguez, N., Galocha, A. ARN, la molécula que nos puede sacar de esta pandemia. <http://elpais.com/ciencia/2020-11-28>.

Notas:

- (a). En años recientes se ha conseguido modificar los genes mediante la técnica denominada CRISPR-Cas9; esto representa el logro más notable en la biología y la ingeniería genética, que permite introducir cambios la molécula de ADN, con objetivos preestablecidos. CRISPR en traducción al español significa (Repeticiones Cortas Palindrómicas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas).

La técnica CRISPR-Cas9 es una herramienta molecular que se usa para "editar" o "corregir" el genoma de cualquier célula, inclusive las células humanas. Es una especie de "bisturí molecular" de alta precisión capaz de cortar cualquier molécula de ADN eliminar o insertar un segmento ADN. (Un proceso similar a la edición de un texto, que consiste en quitar, poner letras para corregir palabras).

El año 2012 la doctora Emmanuelle Charpentier de la Universidad de Umeá, Suecia y Jennifer Doudna de la Universidad de California, EE.UU. demostraron que se puede aplicar la herramienta para la edición programable del ADN; es decir cortar una secuencia deseada de un genoma, in vitro, e insertar, suprimir, modificar segmentos de ADN, luego situarlo en una posición específica del cromosoma. Las dos investigadoras recibieron el Premio Nobel de Química en este año, 2020, en reconocimiento a su trayectoria científica y el perfeccionamiento de la técnica del CRISPR-Cas9.

Quito, 15 diciembre 2020.

EL GENOMA BAJO LA LUPA

¿Qué es el genoma?

El término genoma tiene especial trascendencia y significado en ciencias biológicas y biomédicas. La palabra genoma resulta de la síntesis de las palabras: gen o gene y cromosoma que se refieren a dos entidades muy importantes en biología. Como se conoce, los genes son las unidades portadoras de los caracteres hereditarios de los seres vivos y se hallan alineados en los cromosomas de las células; se transmiten de progenitores a descendientes, conforme a las leyes de la herencia. A mediados del siglo pasado se descubrió la constitución bioquímica de los genes, del ADN y del mecanismo para la síntesis de proteínas: biomoléculas esenciales en la estructuración y funcionamiento de todos los seres vivos; con todo ello se abrió la puerta para el estudio del genoma.

El genoma incluye todo el material genético de una célula o de un organismo, tanto el componente nuclear como el citoplasmático, la información hereditaria codificada en el ADN (o ARN), en los genes y en secuencias no codificantes.

Las investigaciones del genoma humano dieron soporte a una nueva línea del conocimiento biológico: la genómica, que ha

tenido notable desarrollo en años recientes, ha ejercido gran influencia en varios ámbitos de la biología y en las ciencias de la salud, con el surgimiento de la nutrigenómica, farmacogenómica y medicina genómica. (1)

Genoma nuclear

La información contenida en el genoma se halla en varias capas o ámbitos diferenciados:

1. Los genes tradicionales o secuencias de ADN que codifican para proteínas.
2. El ADN intergénico que no codifica para proteínas, pero se transcribe en ARN, el cual cumple diversas funciones en las células. A esta capa de información se le dio el nombre de genoma oculto o “chatarra”.
3. Las marcas epigenéticas que se unen al ADN para modificar la expresión de los genes, activarles o desactivarles. (a)

La mayor parte del genoma está en el núcleo de las células, específicamente en los cromosomas. El genoma nuclear o cromosómico —se conoce ahora—, está conformado por secuencias de ADN que codifican proteínas y por secuencias redundantes o altamente repetidas que no codifican, a este último se le denominó genoma “oculto”, porque no se conocía su función.

Un hito importante en la biología molecular constituyó el conocimiento del mecanismo de expresión de los genes que conforman el genoma, es decir: transcripción de la molécula de ADN, en ARN mensajero —ARNm—, el cual traduce el código genético

que se expresa en una proteína específica; lo que se convirtió en el “dogma central” de la biología, este se resumía en la expresión “un gen, una proteína” es decir que el gen portaba la información codificada para sintetizar una proteína estructural o una enzima, en forma lineal.

Este mecanismo de expresión de los genes se consideró por varias décadas como la forma universal y válida para todos los seres vivos, desde las bacterias hasta los seres humanos; pero nuevas investigaciones llevaron a descifrar los secretos guardados en el interior de las células. Ahora se sabe que este sistema lineal y unívoco: ADN, ARNm y síntesis de proteínas, solo opera en las bacterias: son microorganismos muy sencillos que carecen núcleo estructurado; por eso se les clasifica entre los procariontes.

En los organismos más avanzados como las plantas y los animales, por tanto el ser humano -que son catalogados entre los eucariontes-, la expresión de los genes ocurre por procesos más complejos. Una parte del genoma codifica para la síntesis de proteínas; la otra parte lo conforma el ADN intergénico, que está formado por largas secuencias no codificadoras que interrumpen y separan los genes codificadores para la síntesis de proteínas.

El ADN intergénico fue desestimado porque se le consideraba irrelevante para la transmisión de la herencia; empero, nuevas investigaciones permitieron descifrar el rol que cumplen en la estructura y funcionamiento de los organismos, principalmente en la regulación génica y en la diferenciación de los individuos de una especie y de especies distintas, y se ha conservado en el curso de la evolución por millones de años. El concepto erróneo del genoma “basura o chatarra” fue descartado, y con ello se abrió un nuevo espacio para la comprensión integral del genoma. (2)

Hace algunos años se creía que el genoma humano estaba constituido de unos 100.000 genes; según estimaciones recientes, el genoma humano contiene entre 26.000 y 31.000 genes; pero estas cifras solo se consideraba a los genes codificadores de proteínas, que corresponde al 3% del genoma total, por lo mismo, la mayor parte del genoma, es decir el 97%, al no ser codificante, habría sido genoma "basura o chatarra". Este error conceptual dejaba sin explicación el rol de la mayor parte del genoma, y se daba por aceptado que la evolución, en millones de años, habría producido basura genética; algo insostenible por ilógico.

Del ADN a la nueva visión del ARN y del gen

Por varias décadas la genética molecular dio atención preponderante al conocimiento del ADN, en tanto que al ARN se le consideraba solo como accesoria; ahora se conoce que el ARN tiene tanta importancia como el ADN; pues, el genoma se transcribe en ARN: ARN mensajero ARNm, ARN de transferencia, ARNt, ARN ribosómico, ARNr los cuales tienen roles definidos en la síntesis de proteínas. Pero, fue descubierto el ARN no codificante, (ARNnc) que no se traduce en proteínas, comprende varios tipos de moléculas de ARN cuya función principal es reguladora de la expresión de otros genes, lo que ahora empieza a ser descifrada. (b) En la biología molecular moderna el ARN tiene tanta importancia como el ADN porque permite explicar procesos biológicos poco conocidos hasta hace poco tiempo.

Nueva conceptualización del gen

El concepto del gen ha cambiado en forma considerable en la historia de la biología: según la genética clásica el gen era definido como la unidad de transmisión de caracteres biológicos en plantas y animales. Desde la óptica citogenética, el gen era una

porción del cromosoma que determinaba una característica fenotípica visible como el color de los ojos. La biología molecular define al gen como el segmento de ADN que codifica un producto con función estructural o reguladora: una proteína o un ARN. Un gen es, pues, una unidad de información genética que se presenta en dos formas: el gen codificante (que se transcribe en ARNm y se traduce en proteínas), y el gen no codificante, que no produce proteínas, sino otras moléculas de ARN, con función reguladora de otros genes. (3)

En resumen, el gen dejó de ser la unidad individual de transmisión de los caracteres biológicos de los seres vivos, en forma independiente de otros genes, ya que los genes interactúan en el genoma. "El gen unitario es una abstracción obsoleta. El nuevo concepto del gen es relacional y su papel es entorno dependiente". (4) Esta es la conceptualización actual del gen; muy diferente a la definición mendeliana que fuera tradicionalmente aceptada en biología.

Genoma mitocondrial

Las mitocondrias son organelos que se hallan ubicados en el citoplasma de las células, tienen como función generar energía metabólica para todas las funciones de las células y por lo tanto de los organismos. Para el objetivo de este ensayo, cabe precisar que en las mitocondrias contienen pequeñas moléculas de ADN de forma circular: este es el genoma mitocondrial; pues los genes que lo conforman tienen función codificante, es decir, intervienen en la traducción de proteínas mitocondriales, que cumplen funciones específicas en las células.

Se conoce también que los genes mitocondriales (que son apenas el 0.1% del genoma humano) determinan caracteres nor-

males o producen enfermedades más o menos graves, como la diabetes tipo 2; producen polimorfismos que dan la individualidad humana, estatura o duración de la vida y otros como los antígenos de la histocompatibilidad humana, HLA que se encuentran en la membrana de todas las células y que se encargan de diferenciar lo propio de lo ajeno, con lo cual el organismo acepta o rechaza un órgano o tejido trasplantado. Los HLA son determinados por genes mitocondriales y tienen alta variabilidad, por lo cual son empleados en estudios antropológicos y evolutivos; en la identificación biológica de personas y en procesos judiciales como el caso los niños robados por la dictadura militar en Argentina. (c)

La herencia de los genes mitocondriales no se transmite según el modelo mendeliano, es decir de cada uno de los dos progenitores, sino en forma uniparental: exclusivamente por vía materna (de madres a hijos); pues en la formación del cigoto se transmiten las mitocondrias maternas que aporta el óvulo, lo que tiene una especial importancia en estudios de evolución, pues, mediante la construcción del árbol genealógico mitocondrial se llega a la "Eva mitocondrial".(5) Todo indica que el ADN nuclear y el ADN mitocondrial tienen mecanismos distintos de transmisión y han evolucionado en forma independiente.

Proyecto Genoma Humano

El interés por conocer la composición genética del ser humano dio origen al Proyecto Genoma Humano (1990-2003) con el objetivo de elaborar el mapa del genoma humano, con la localización de todos los genes contenidos en los 23 pares de cromosomas y la secuenciación del ADN humano. Fue el proyecto mayor de la comunidad científica internacional, en el cual participaron universidades de EE.UU., Inglaterra, Francia, Alemania, Japón y China; y luego intervino la empresa privada Celera Genomics que dio

un notable impulso al proyecto al incorporar nuevas tecnologías, lo que le llevo a tomar la delantera del PGH original, que tuvo un carácter estatal. El 14 de abril de 2003 se dio a conocer el primer borrador del genoma humano. La iniciativa estatal estimo 31.000 genes codificantes en el genoma humano, en tanto que Celera Genomics 26.000 genes. Si bien el PGH tuvo como propósito inicial descifrar el genoma de la especie humana, pronto se incluyeron otras especies de animales y plantas. El PGH abrió la puerta grande a “era genómica” una verdadera revolución en la biología moderna.

Proyecto Genoma de Vertebrados

Varias fuentes de información acaban de difundir una noticia muy importante: un consorcio internacional formado por 50 instituciones de 12 países han acordado trabajar en forma conjunta para lograr descifrar los genomas de todas las especies de vertebrados. Después de una década de trabajo los investigadores de la Universidad Rockefeller de Nueva York, han dado a conocer, en un número especial de la revista “Nature” y otras revistas científicas, los genomas de 16 especies de vertebrados. Con nuevas técnicas se espera conseguir genomas de mayor calidad y en menor tiempo que las técnicas tradicionales. (www.abc.es/ciencia) *ab-ci-secuenciaremos-genomas-de-todos-los-vertebrados-de-la-Tierra-en-una-decada*. ABC, abril 2021. (6).

Amplificación genómica

Los avances en el conocimiento del genoma de los organismos ofrecen nuevos elementos para la comprensión de la vida. Según la visión clásica el genoma era el “programa genético” de la vida que operaba como un sistema lineal, estable e inmutable; empero, nuevas investigaciones cuestionaron el modelo clásico y

aportaron una visión muy dinámica del genoma.

De la comparación de los genomas de especies diferentes se concluye que las duplicaciones genómicas y las secuencias repetidas son la materia prima para nuevos genes, los cuales pueden asumir nuevas funciones y jugar un papel importante en la evolución de la vida.

El genoma de plantas y animales tiene dos juegos de cromosomas ($2n$), pero en la naturaleza ocurre amplificación genómica, que consiste en el aumento de genomas completos: $4n$, $6n$, $8n$, $10n$... lo que se conoce como poliploidización: uno de los mecanismos de formación rápida de nuevas especies, opera por procesos endógenos de los propios organismos. Se consideraba exclusivo de los vegetales, pero ahora se sabe que se produce también en animales; la reorganización genómica puede ser inducida por agentes externos y los genes no se expresan en forma aislada sino están organizados en módulos interactuantes.

El conocimiento de la evolución cromosómica, evolución genómica y molecular están ejerciendo una fuerte influencia en los principios y conceptos de la evolución. La genómica ha producido una genuina revolución del conocimiento y sus implicaciones se extienden en diversas áreas de la biología. (7)

Referencias:

1. Gibbs, W. W. 2004. El genoma oculto. Investigación y Ciencia.
2. Ibid.
3. Rodríguez-Tarduchy Segovia, G., & Martínez del Pozo, A. 2016. ¿Por qué somos como somos? España, Ediciones Bonal letra Alcompas, SL.
4. Gallardo, M. 2011. Evolución el Curso de la Vida. Buenos Aires, Editorial Medica Panamericana.
5. Rodríguez-Tarduchy Segovia, G., & Martínez del Pozo, A. Op.cit.
6. (www.abc.es/ciencia) abci-secuenciaremos-genomas-de-todos-los-vertebrados-de-la-Tierra-en-una-decada. ABC, abril 2021.
7. Gallardo, M. 2011. Op. cit.

Quito, 29 de mayo 2021.

Notas:

- (a) Las marcas epigenéticas que se unen al ADN para modificar la expresión de los genes, activar o desactivar genes, pero no se transmiten a la descendencia; pues las señales epigenéticas no son estables ya que se asientan en las moléculas de ADN, cumplen su rol, se borran pero reaparecen. Este cae en el ámbito de la epigenética. (Este es un ámbito nuevo de la genética molecular y una importante capa de información genómica que solo queda enunciada en este ensayo, ya que requiere un análisis especial).
- (b) ARN no codificante, ARNnc: ARNantisentido, microARN, ARNmc; cada uno tiene funciones en la activación o desactivación de genes.
- (c) Ver: Aporte de la genética en la investigación de la identidad biológica humana. <https://www.alainet.org/es/articulo/189818/13-12-2017>.

EDICIÓN DE GENES: ENTRE LA REALIDAD Y LA IMPOSTURA

Las revistas científicas han informado en los últimos años algunos eventos científicos sorprendentes en el ámbito de la biología. La revista *Science* reportó la “creación de una célula bacteriana controlada por un genoma sintetizado químicamente”, lo que ha merecido múltiples comentarios y reflexiones en medios académicos, así como en la prensa mundial. Las informaciones referentes a la “edición de genes”, igualmente han despertado nuevas preocupaciones e interrogantes.

Para entender el contexto de los hechos reportados es preciso recordar algunos acontecimientos, que ya forman parte de la historia reciente de la Biología: la revolución de las ciencias de la vida comenzó con el descubrimiento de la estructura del ADN en 1953, fue seguido por el ARN, el código genético, la síntesis de proteínas., En las últimas décadas se logró incrementar el conocimiento de la naturaleza de la información genética de las bacterias, que son los microorganismos más sencillos y abundantes de la Tierra, así como de otros de mayor complejidad como protozoarios, hongos, plantas y animales. Más tarde se descubrió el mecanismo de la expresión de los genes, es decir cómo estos determinan la

constitución y funcionamiento de los organismos vivos; su metabolismo, reproducción, adaptación a su entorno y evolución.

En la primera década del siglo XXI se logró determinar la secuencia completa del ADN humano y de numerosas especies de plantas y animales, lo que dio inicio a la “era genómica”. El avance vertiginoso alcanzado en este campo se debió al desarrollo de la biología y genética molecular pero también a la convergencia de la nanotecnología, biotecnología y las tecnologías informáticas. Hitos clave en esta carrera fueron el perfeccionamiento en la tecnología del ADN que abrió nuevas posibilidades para manipular esta molécula, cortar segmentos, reubicarlos en cromosomas de otros organismos, eliminarlos, remplazarlos por otros, como se hace en los laboratorios de ingeniería genética más avanzados. (1)

En años recientes se ha llegado a desarrollar nuevas tecnologías para la síntesis biomolecular; ingeniería de sistemas biológicos o Biología sintética, cuyo objetivo es el diseño de sistemas biológicos que no existen en la naturaleza; lo que implica la creación de nuevos organismos programables o microorganismos artificiales, para lo cual ya se ha identificado el genoma mínimo, es decir, el conjunto de genes necesarios para permitir que las “células” artificiales puedan autoreplicarse. Se anuncia que la Biología sintética tendrá muchas aplicaciones en el ámbito de la biomedicina, producción de fármacos, terapia génica, reparación y regeneración de tejidos, reprogramación celular; biorremediación, biosensores, producción de energía y síntesis de biomateriales; así la Biología sintética llegará a tener un gran impacto en la biotecnología en los próximos años. (2)

La edición de genes en la discusión mundial

Lo más sorprendente de las investigaciones de la era ge-

nómica es la edición de genes. En el año 2015 se perfeccionó la edición de genes mediante la técnica denominada CRISPR-Cas9, modulación o impresión de genes; esto representa el logro más notable en la biología y la ingeniería genética, pues posibilita manipular, diseñar la molécula de ADN y repararla según el interés del investigador: (CRISPR en traducción al español significa: Repeticiones Cortas Palindrómicas Agrupadas y Regularmente Interespaciadas).

La técnica CRISPR-Cas9 es una herramienta molecular que se usa para “editar” o “corregir” el genoma de cualquier célula, inclusive las células humanas. Es una especie de “bisturí molecular” de alta precisión capaz de cortar cualquier molécula de ADN de una manera muy precisa: eliminar o insertar un segmento ADN.

El año 2012 las doctoras Emmanuelle Charpentier de la universidad de Umeá, Suecia y Jennifer Doudna de la universidad de California, EE.UU. demostraron que se puede aplicar la herramienta para la edición programable del ADN; es decir cortar una secuencia deseada de un genoma, *in vitro*, e insertar, suprimir, modificar segmentos de ADN, luego situarlo en una posición específica del cromosoma. Ahora se aplica este método para manipular el genoma de plantas, animales y líneas celulares de laboratorio. Una técnica similar ha sido desarrollada por George Church de la universidad de Harvard y Feng Zhang del Broad Institute del MIT. En sus publicaciones han reportado la aplicación de CRISPR-Cas9 en células de ratones, cerdos y humanos. (3) (La edición de un genoma es un proceso similar a la edición de un texto, lo cual requiere una lectura analítica para perfeccionarlo: quitando, poniendo o corrigiendo palabras).

La mencionada técnica ha sido calificada como la técnica genética más importante del siglo, “el bisturí más preciso del mundo

para cortar y pegar ADN". La edición de genes ha abierto nuevas fronteras en la ingeniería genética; pero también ha iniciado una guerra por las patentes sobre CRISPR-Cas9. La posibilidad de su utilización para modificar el ADN en embriones humanos ha generado controversias y discusiones en todo el mundo. (4)

Los medios de comunicación han difundido información sobre el perfeccionamiento de la indicada técnica a la vez la posibilidad de aplicarla en el ser humano. La autoridad británica de Fertilización Humana y Embriología, HFEA aprobó hace poco el permiso para la utilización del método CRISPR-Cas9 en embriones humanos; con lo cual se podrá dirigir las investigaciones para localizar los genes defectuosos, para neutralizarlos, eliminarlos o reemplazarlos; encontrar los genes que causan enfermedades como el cáncer y otras. Esto permitiría una mejor comprensión y el tratamiento de algunas enfermedades. Las perspectivas son promisorias, pero al mismo tiempo generan serias preocupaciones bioéticas por su casi ilimitado potencial de aplicación en medicina humana: medicina genómica, terapia génica, etc.

Edición de genes en embriones humanos: entre ficción e impostura

El año 2018 la prensa internacional sorprendió al mundo con esta noticia: el científico chino He Jiankui anunció el nacimiento de dos bebés genéticamente modificados, hecho que -de ser verdadero- habría ocurrido por primera vez en la historia de la humanidad. La noticia de tan sorprendente experimento estremeció al mundo entero y provocó reacciones generalizadas de condena por la comunidad científica internacional. En China se abrió una investigación que trajo consecuencias penales para el polémico genetista; pues, se afirmó que lo hizo con el afán de "perseguir fama y riqueza personal".

Poco tiempo después aparecieron otras notas de prensa: “El misterio rodea a He Jiankui”. “El científico que modificó el ADN de varios bebés sigue desaparecido de la esfera pública”. (5) “CRISPR, He Jiankui: un fracasado en busca de gloria”. Pues, solo “buscaba fama y fortuna”. “Dura acusación de China contra He Jiankui, el científico que aseguró haber modificado genéticamente a dos bebés”. Destacados miembros de la comunidad de genetistas han afirmado: “La gran mayoría estamos en contra de lo que He Jiankui ha hecho...” Algunos advierten: “Va a ser imposible evitar la existencia de un mercado negro de edición genética”. El Congreso de Edición Genética Humana, celebrado en Hong Kong, calificó de “experimento profundamente perturbador e irresponsable”. La incertidumbre fue el denominador común del experimento; pues las consecuencias para el futuro de las niñas con el genoma alterado son impredecibles.

En enero de 2020 la prensa internacional sorprendió al mundo con esta información: “el científico chino He Jiankui, inmerso en prácticas médicas ilegales y buscar ganancias, fue sentenciado a tres años de prisión por crear bebés editados genéticamente. Las bebés Lulu y Nana habrían nacido con ADN modificado mediante la manipulación de los embriones con la herramienta de CRISPR-Cas9” supuestamente para hacerles más resistentes al VIH. El producto de la manipulación ha sido calificado como “monstruoso”, “poco ético”, y “un gran golpe a la reputación de la investigación biomédica china. “He Jiankui y sus dos colaboradores no lograron obtener la calificación médica, violaron regulaciones nacionales sobre investigación científica y gestión médica; aplicaron precipitadamente tecnologías de edición de genes para medicina reproductiva asistida por humanos e interrumpieron el tratamiento médico”. “La naturaleza de su comportamiento es grave y ha constituido el delito de práctica médica ilegal”. Los tres sentenciados se han declarado culpables el juicio; se les ha prohibido practicar

servicios de tecnología reproductiva asistida de por vida. (6)

He Juenkui, se desempeñó como investigador biofísico de la universidad SUSTeach de Shenzhen, China, luego de los sucesos mencionados fue investigado por procedimiento irregular; pues “evitó deliberadamente la supervisión. Falsificó publicaciones de la revisión ética de su trabajo para atraer voluntarios al procedimiento”. SUSTeach rescindió el contrato con el Dr. Jiankui He y finalizó todas sus clases en la universidad. (7)

La edición de genes en embriones humanos para procreación está prohibida en Estados Unidos, Reino Unido y otros países; pues solo puede efectuarse con fines de investigación, con estricta aprobación regulatoria. El caso de He Jiankui abrió nuevamente la discusión ética sobre la edición de genes. El tema está en debate en medios académicos de todo el mundo. Los grupos de científicos y especialistas en bioética tienen la palabra.

Referencias:

1. www.porquebiotecnologia.com.ar/ 25-05-2016
2. [www.wikipedia.](http://www.wikipedia.org/) Biología sintética. 02-06.2016
3. <http://dciencia.es/que-es-la-tecnologia.crispr-cas9> 12/06/2016
4. <http://hipertextual.com/2016/04/crispr-precision> 13/06/2016
5. <https://elpais.com/elpais/2019/03/01/ciencia/>
6. CNN En Español. Enero 2020.
7. <https://es.wikipedia.org/wiki/He-Jiankui>/15-01-2020

Quito, febrero 2020.

EPIGENÉTICA: ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DE GENES

La información contenida en el genoma se dispone en varias capas o ámbitos diferenciados: a) los genes o secuencias de ADN que codifican para la síntesis de proteínas; b) el ADN intergénico que no codifica para proteínas, pero se transcribe en varios tipos de ARN los cuales cumplen varias funciones; y, c) las marcas epigenéticas, que se adhieren al ADN y regulan la expresión de los genes, inciden en la estructura y función de los organismos: en su desarrollo, estado de salud o de enfermedad, por lo mismo, su conocimiento tiene mucha importancia en la medicina actual. A estas marcas moleculares se les denomina epigenéticas, porque se localizan sobre los genes, alteran su actividad, pero no producen ningún cambio en su estructura molecular; se unen al ADN para activar o desactivar genes. Las marcas epigenéticas no son estables, pues, cumplen su rol, luego se borran, pero reaparecen. “Son una compleja máquina bioquímica que opera en un espacio tridimensional y consta de distintos elementos que interaccionan”. (1)

En forma similar al descubrimiento del código genético, en años recientes se ha logrado descifrar el código epigenético, que

es el sistema de moléculas que se unen al ADN o a las histonas y modifican la expresión génica. Las marcas epigenéticas se hallan en flujo constante, cambian por influencia del entorno celular y del ambiente que rodea al organismo. Los factores epigenéticos alteran el fenotipo sin cambiar el genotipo; encienden o apagan genes, con lo cual producen diferentes efectos en los organismos; pues permiten explicar las diferencias fenotípicas que presentan algunos gemelos idénticos, quienes comparten la misma información genética. (2)

Mecanismos epigenéticos

Los cambios en el epigenoma modifican la estructura de la cromatina, por lo tanto en la función del genoma. El epigenoma participa en la regulación de la expresión génica, el desarrollo, la diferenciación de los tejidos. Se conocen varios mecanismos epigenéticos, pero los mejor estudiados y entendidos son la metilación del ADN, la impronta genómica, la dominancia nucleolar.

Metilación del ADN: consiste en la adición de grupo metilo al ADN o las histonas (que son proteínas asociadas al ADN y que constituyen la cromatina nuclear), con lo cual se altera el funcionamiento de los mecanismos de expresión de los genes. La metilación del ADN es uno de los temas mejor estudiados y trascendentes de la epigenética, pues, contribuye a mantener la estructura de la cromatina y proteger al ADN; sin embargo, pueden ocurrir alteraciones tanto por hipometilación como por hipermetilación. (3)

Impronta genómica es el fenómeno por el cual se silencian algunos genes, según el origen paterno o materno. En mamíferos se conocen 70 genes con impronta genómica, de los cuales la mitad expresan el alelo (gene) paterno, la

otra mitad el materno. Los patrones de impronta genómica desaparecen al formarse los gametos (espermatozoide y óvulo), luego se restablecen en el embrión, manteniendo el diseño de expresión de los progenitores; pero el mecanismo de transmisión no corresponde al sistema mendeliano.

Dominancia nucleolar: consiste en la transcripción y expresión de los genes de la región organizadora nucleolar (NOR, por el nombre en inglés), heredados de un progenitor específico, y el silenciamiento de los genes del otro progenitor. Se observa en híbridos interespecíficos como los mulares (que son híbridos entre la especie caballo y la especie asno), en las mulas se expresa el NOR procedente de la burra, pero se silencia el derivado del caballo. Entre las plantas, en la gramínea Triticale que resulta del cruzamiento del trigo con el centeno, siempre se expresa el organizador nucleolar del trigo y se silencia el del centeno. (4)

El nacimiento de la epigenética

En las recientes décadas han tomado mucha fuerza las investigaciones de la genética molecular y el con ello el esclarecimiento de la regulación de la expresión de los genes mediante mecanismos epigenéticos. La epigenética es el estudio de los mecanismos que regulan la expresión de los genes, sin modificar la secuencia del ADN. Establece la relación entre las influencias genéticas y ambientales que determinan el fenotipo. "En la actualidad el término epigenética se entiende como la regulación génica mediada por modificaciones de la estructura de la cromatina (material genético empaquetado alrededor de proteínas) o como aquellos cambios heredables en la expresión genética, que son independientes de las secuencias de nucleótidos, es decir sin cambiar el ADN". (5)

Varios medios han informado que Epigenomics y el Instituto Sanger del Consorcio Wellcome emprendieron el Proyecto Epigenoma Humano, con el objetivo de cartografiar los sitios de metilación del ADN, es decir levantar un mapa del epigenoma humano. Se conoce que ya se han ubicado más de 100.000 marcas metílicas en un segmento del cromosoma 6 vinculado a muchas enfermedades. El Proyecto Epigenoma Humano se ha propuesto generar al menos 1.000 epigenomas humanos de referencia a partir de tipos de células normales, para levantar el Atlas epigenómico; que es complementario al mapa genómico.

Influencia del medio ambiente en el desarrollo

El desarrollo es una secuencia de acontecimientos interrelacionados que culminan con la formación de un organismo: comprende la fecundación, segmentación, gastrulación, histogénesis... en cuyos procesos interviene la información contenida en el genoma que revela el código genético; pero también la modulación de la expresión de los genes, mediante las marcas epigenéticas que constan en el código y el mapa epigenético.

El medio ambiente desempeña un papel significativo en el desarrollo de todas las especies vivientes. El genoma de las plantas y animales ha evolucionado en respuesta a las condiciones ambientales; pero, ahora se conoce que el ambiente ejerce una influencia mayor -que la aceptada tradicionalmente- para la determinación del fenotipo de los organismos; pues la capacidad genética es heredada, pero el ambiente dirige la formación de fenotipos particulares mediante la plasticidad fenotípica, entendida como la capacidad de un individuo para expresar un fenotipo en una circunstancia ambiental y otro fenotipo en otra. (En los reptiles la determinación del sexo se produce por acción génica, pero también por la temperatura de incubación de los huevos).

La plasticidad fenotípica es el control del desarrollo por las condiciones ambientales; en este proceso están implicados mecanismos epigenéticos, según Scott Gilbert (6) Estudios recientes llevan a conclusiones sorprendentes: "Aun en poblaciones homogéneas genéticamente es posible observar variaciones fenotípicas, que surgen de manera aleatoria o como consecuencia del estrés fisiológico. Estas observaciones permiten concluir que la regulación epigenética es clave en la comprensión de enfermedades complejas y que a la vez puede explicar que un gameto o un embrión expuesto a situaciones de estrés, le predisponen en el futuro a padecer a padecer alguna enfermedad". (7)

Reflexiones finales

La mayoría de los caracteres hereditarios se transmiten por los genes; por mucho tiempo se les vio como el único depositario de la herencia biológica; sin embargo, investigaciones recientes lograron identificar un repertorio de información distinto y más flexible, que se encuentra oculto en la cromatina nuclear. Se trata del código epigenético, que recibe la influencia del entorno interno y externo de los organismos.

En los seres humanos, los atributos morfoanatómicos y fisiológicos de una persona están controlados por muchos genes, empero, la expresión génica se modifica por factores endógenos y exógenos, como el efecto de las hormonas durante la pubertad, la alimentación, los hábitos de vida, y en años recientes, el estrés de la vida "moderna". Todo contribuye a la conformación del fenotipo definitivo de cada persona y su futuro de salud o enfermedad.

Los avances en las ciencias de la vida ofrecen nuevas luces sobre la relación entre lo que el genoma conjuntamente con el ambiente hace de nosotros; pero también sobre lo que nosotros

hacemos a nuestro genoma y por la degradación progresiva del epigenoma.

Por otra parte es preciso considerar que “la epigenética corresponde a una suerte de componente lamarckiano de la evolución, porque el ambiente es el inductor y también el selector de la variación”. (8) En el ámbito de la biología evolutiva, la epigenética ha obligado a la revisión de algunos conceptos y postulados del neodarwinismo o síntesis moderna de la evolución, que otorgaba importancia preponderante al componente genético y muy poco al medio ambiente. Ahora se conoce que un carácter inducido por el ambiente llega a ser parte del genoma del organismo y puede ser seleccionado, en el marco de la “herencia lamarckiana de caracteres adquiridos” que están siendo estudiados por la biología actual.

Notas

- a) La literatura reporta muchos casos de diferencias fenotípicas entre gemelos idénticos, que, como se sabe tienen igual genotipo, pero presentan fenotipo diferente, por ejemplo: uno de los gemelos es gay el otro no; el uno desarrolla dependencia a un estupefaciente y el otro no, a pesar que los dos han consumido droga.
- b) La metilación del ADN consiste en la incorporación de grupos metilo -CH₃ al ADN, en los sitios donde se ubica la base nitrogenada citosina: (C). Históricamente fue primera modificación epigenética en ser descubierta (1975), su importancia radica en que permite comprender los mecanismos moleculares de la regulación génica, que antes no podían ser explicados.
- c) Las mutaciones y eventos epigenéticos han permitido explicar el origen y desarrollo de algunas enfermedades complejas: esquizofrenia, Alzheimer y algunos tipos de cáncer; pues, la hipometilación o la hipermetilación del ADN produce descontrol en los procesos fisiológicos normales y genera diversas patologías.

Referencias

1. Gibbs, W. 2004. El nacimiento de la epigenética. Investigación y Ciencia.
2. Maccarone, M. 2016. Genes, ambiente y cultura. ¿Educados o programados? Bonalitra Alcompas, S.L. España. Batiscafo, F.L. www.medigraphic.org.mx Consultado 10-07-2021.
3. Gallardo, M. 2011. Evolución, el Curso de la Vida. Buenos Aires, Editorial Médica Panamericana.
4. Delgado-Coello, B.A. 2011. ¿Qué es la epigenética? https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/imagenes/revista/62_1PDF/12_Epigenetica.pdf
5. Gilbert, S. 2005. Biología del Desarrollo. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana.
6. Delgado-Coello, B.A. Op cit.
7. Gallardo, M. Op cit.

Quito, julio 2021.

Oswaldo Báez Tobar

Doctor en Biología Universidad Central del Ecuador



Funciones desempeñadas

- Profesor principal de la Escuela de Biología de la Facultad de Filosofía, Escuela de Biología; y de la Carrera de Ciencias Biológicas y Ambientales de la Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Central.
- Profesor principal de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Católica de Quito.
- Coordinador de Proyectos de Conservación de la Naturaleza en la Fundación Natura.
- Miembro del Directorio del Forest Stewardship Council (FSC), Consejo de Manejo Forestal; asesor del Ministerio del Ambiente en el año 2003; Presidente de la Sociedad Ecuatoriana de Biología por varios periodos; miembro gobernador de la Fundación Charles Darwin para las Islas Galápagos; y ha sido invitado a la Academia de Ciencias de Filadelfia, Museo Smithsonian de Historia Natural, Washington, EE.UU.
- Difusión y divulgación científica en medios impresos y digitales. Miembro del Concejo Editorial y Editor de la página de Ciencia del periódico Opción. Quito, Ecuador.

Artículos y ensayos científicos

- Revista del Departamento de Biología de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- **Cátedra**, revista de la Escuela de Biología de la Universidad Central del Ecuador.
- Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias biológicas.
- **Economía**, revista del Instituto de Investigaciones Económicas de la UCE IIE-UCE.
- Revista de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.
- **Reflexiones**, Revista Pensamiento Crítico Universitario.
- Revista **Anales** de la Universidad Central del Ecuador.
- **Artículos de divulgación científica y análisis social**
- Revista **Nueva**
- Revista **Impulso 2000**
- Revista **Suma**
- Revista **Natura**, de la Fundación Natura
- Revistas Cultural y Educación, diario **El Comercio**, Quito
- Suplemento de Educación, diario **Expreso**, Guayaquil
- Periódico Opción, Quito
- Red Voltaire: www.voltairenet.org
- EcuadorLibrered: www.ecuadorlibrered.tk
- Revista América Latina en Movimiento. ALAI: www.alainet.org/es

Eventos

Participación en Jornadas Nacionales de Biología, congresos y cursos científicos como expositor y conferencista.

Homenaje

A una especie de culebra Caracolera, descubierta en el bosque seco de Loja por el programa Arca de Noe, se le dio el nombre científico de *Dipsas oswaldobaezi*, en reconocimiento a su trayectoria académica y de investigador.

ISBN: 978-9942-782-28-1



9 789942 782281