

El Bioclima y su influencia en la Ecología del Perú

Un libro de láminas con contenido científico

Carlos Reynel R.
R. Toby Pennington

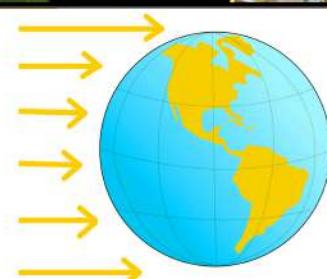
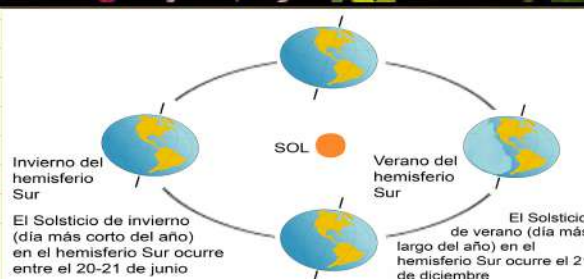
2026



Taraxacum fernandezianum
(diam. 2.5 cm)



Cosmos bipinnatus



El Bioclima y su influencia en la Ecología del Perú

Un libro de láminas con
contenido científico

Carlos Reynel R.
R. Toby Pennington

2026

El Bioclima y su influencia en la Ecología del Perú

Un libro de láminas con contenido científico

**Autores: Carlos Reynel Rodríguez
Richard Toby Pennington**

- © Textos y fotografías, por los autores
Las fotografías salvo que se indique otra fuente
- © Dibujos y diagramación por Carlos Reynel R.

Editor: Carlos Reynel R.

Dirección: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Av. La Molina s.n. La Molina Lima

Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 2026-01976

ISBN

Primera edición digital disponible en: www.lamolina.edu.pe/facultades/forestal/herbario

Publicado con el Auspicio de APRODES Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible

ÍNDICE

1. Hechos y procesos fundamentales	
La tierra en el espacio	2
Convección	3
Ciclos climáticos de Milánkovitch	4
El paleoclima y eventos del pasado han determinado las características de los ambientes Ecológicos	5
Vacíos de conocimiento sobre la Diversidad Biológica	6
2. Procesos globales	
Cambio Climático Global	7
El Niño - oscilación del Sur (ENSO), fase cálida	8
Influencia del Océano	9
Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT o ITCZ)	10
Bioclima e interacciones planta-animal	11
Zoonosis	12
3. Influencia del relieve, la hidrografía y la corriente de Humboldt	
Andes, una cordillera que modifica la Ecología de todo un continente	13

3. Influencia del relieve, la hidrografía y la corriente de Humboldt (ctd.)

El mosaico de suelos y el Bioclima determinan las características de los ambientes	14
Las Cuencas Hidrográficas determinan el Bioclima y la Biodiversidad	15
Procesos Adiabáticos y su influencia en la Ecología del Bosque Montano Nublado (BMN)	16
El trasvase de humedad a los BMN en diferentes cantidades crea una infinidad de Bioclimas y ambientes Ecológicos	17
Bosques secos, su diferente naturaleza y contenido biológico	18
Hiperaridez	19
Los extremadamente diversos Bioclimas de la llanura de la Amazonía peruana	20
El Bioclima y su influencia en un bosque que se regenera	21
Bosques primarios, bosques secundarios y Bioclima	22
Ecosistemas alóctonos	23
Teoría de las Islas en Biogeografía y Conservación	24
Inviernos y veranos en la Amazonía peruana y una fiesta del Inti Raymi soleada.....	25

3. Influencia del relieve, la hidrografía y la corriente de Humboldt (ctd.)	
Friajes: frentes de aire fríos ingresan por la Amazonía Sur del Perú	26
Ríos que fluyen sobre la copa de los árboles, y polvo de hadas	27
4. El hombre en resguardo del Bioclima	
Modificando el Bioclima - La Agroforestería tradicional Andina genera un Bioclima benigno y estable	28
Protegiendo los ambientes de colinas en la Amazonía: Agroforestería en Selva	29
Operaciones extractivas resguardan el ambiente	30
Turismo de naturaleza y Ecoturismo	31
5. Investigando la relación entre el Bioclima, la Ecología y los bosques	
Alexander von Humboldt: Bioclima y Biogeografía, el observador maravilloso	32
Augusto Weberbauer y su mapa de la vegetación y Bioclimas del Perú	33

5. Investigando la relación entre el Bioclima,
la Ecología y los bosques (ctd.)

El sistema de clasificación por Zonas de Vida 1	34
El sistema de clasificación por Zonas de Vida 2	35
Parcelas Permanentes en el bosque	36
Transectos Gentry	37

6. Mapas complementarios 38

7. Bibliografía 42

1

Hechos y procesos fundamentales

El planeta tierra en el espacio

Algunas nociones básicas

La tierra se traslada alrededor del Sol (*Traslación*) y lo hace rotando (*Rotación*). El eje de rotación no es perpendicular al plano de rotación sino oblicuo, y por eso hay momentos del año en que el hemisferio Sur queda más lejos (invierno) o más cerca del Sol (verano). La situación es la opuesta en el hemisferio Norte.

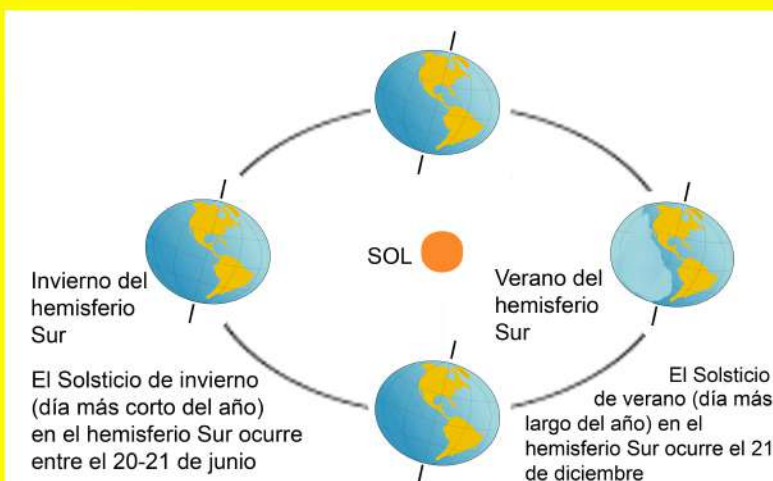
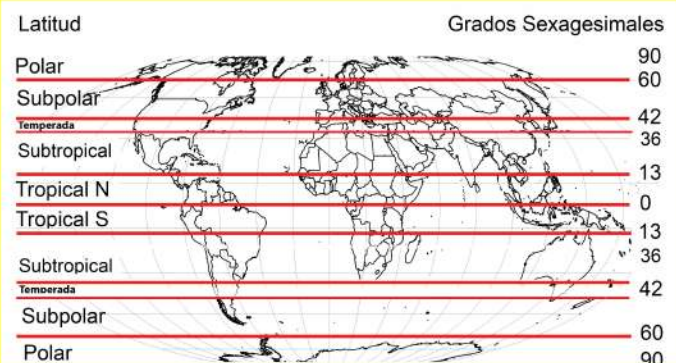
Del mismo modo, la insolación es mayor cerca al Ecuador, donde un área más pequeña recibe proporcionalmente más energía del Sol, comparada con lo que sucede al acercarnos a los Polos.

Todo lo mencionado determina las estaciones, y variaciones bien definidas del bioclima en extensiones relativamente grandes del planeta. Los ambientes Ecológicos que observamos, son determinados en principio por estos hechos.



Izq. y Der.: la insolación que la tierra recibe del Sol es mayor en las zonas tropicales, en las que el área sobre la cual cae es menor. A mayor distancia de la línea ecuatorial sucede lo contrario. Esto determina

la existencia de ámbitos latitudinales, como se aprecia a la derecha. El Perú está ubicado en el hemisferio Sur, entre las latitudes Tropical y Subtropical.



Izq.: la tierra se desplaza a lo largo del año alrededor del Sol en una órbita elíptica. Dado que el eje de rotación de la tierra no es vertical, sino oblicuo, hay temporadas en que el hemisferio Sur queda más lejos o más cerca del Sol; así se producen los inviernos y veranos.

El proceso de Convección

Cuando masas de aire reciben calor desde sus estratos inferiores, generan un movimiento hacia arriba, que a su vez determina una circulación lateral, similarmente al agua hirviendo en una olla, como se muestra en la ilustración.



El proceso bioclimático de convección es similar al que se produce cuando hervimos agua en un recipiente. Aire caliente, obedeciendo el mismo principio, circula con un patrón definido

Ciclos Climáticos de Milánkovitch

Movimientos y posiciones de la tierra a lo largo de las eras ocasionan la alternancia de Ciclos Glaciales e Interglaciales

La *Precesión*, *Excentricidad* y *Oblicuidad* de la tierra, parámetros relacionados a su desplazamiento en el espacio, tienen un comportamiento cíclico. Hay largos momentos, de miles de años, en que estos se conjugan ocasionando el descenso o la elevación de la temperatura terrestre, dando lugar a Ciclos Glaciales o Interglaciales.

La cantidad CO₂ atmosférico también ha sido influyente.

El último Máximo Glacial concluyó hace unos 20,000 años, y actualmente vivimos un momento Interglacial, con temperaturas que se elevan paulatinamente

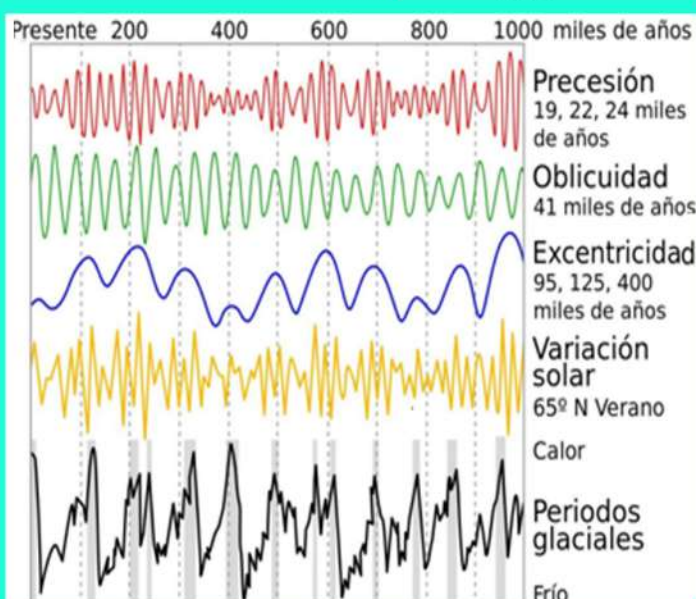
1 Precesión



2 Excentricidad



3 Oblicuidad



Arriba: Al desplazarse en el espacio, la tierra produce un movimiento de *Precesión* (1), rotación como la ocasionada por el eje inclinado de un trompo. También, *Excentricidad* (2), al variar la amplitud de la elipse por la que se desplaza. Finalmente, *Oblicuidad* (3), ángulo entre el eje de rotación y el plano orbital de la tierra

El matemático Serbio Milutin Milánkovitch (1879-1958) estudió cómo estos tres parámetros se han superpuesto a lo largo de las eras, determinando Ciclos Glaciales e Interglaciales, con temperaturas que descienden o se incrementan, respectivamente

Arriba: Combinación de los tres parámetros, determinando los Ciclos Climáticos de Milánkovitch. Fuente: Univ. of Texas at Arlington

El Paleoclima y eventos del pasado han determinado las características de los ambientes Ecológicos

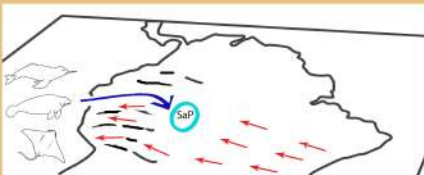
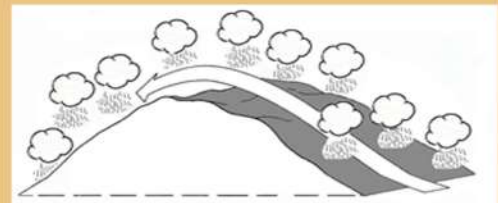
A lo largo de millones de años, el relieve de los Andes y territorios adyacentes ha sufrido cambios. Todo esto ha sucedido cuando muchos linajes de organismos actuales ya habitaban estos ambientes.

Aunadas al relieve, las Cuencas Hidrográficas también han sufrido cambios importantes. Adicionalmente, hubo un episodio de ingreso de aguas oceánicas hasta lo que es actualmente la Amazonía, que ha dejado una huella de organismos como delfines, manatíes, caracoles y mantarrayas, procedentes de ancestros marinos.

Los estudios macroevolutivos empleando la secunciación de ADN, aunados a estudios del paleoclima y la evolución del territorio, han permitido ir develando la manera como diferentes grupos de seres vivos han proliferado o se han extinguido en los ambientes del Perú.



Izq.: El proceso de *Subsidencia*, por el cual la Placa Geológica Oceánica o Placa de Nazca ingresa como una cuña bajo la Placa Suramericana, ocasiona la elevación de los Andes.

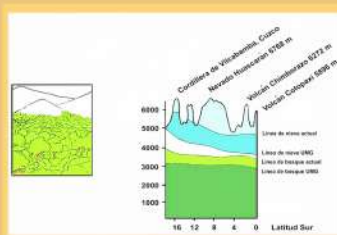


Arriba: la cordillera de los Andes inicia su levantamiento hace unos 30 Mill. de años, cuando ya existen bosques modernos cubriendo Suramérica*. La humedad procedente del Atlántico (flechas rojas) llega hasta la Costa del Perú, donde florecen bosques húmedos tropicales.

Hace unos 53 Mill. de años** como resultado de un Calentamiento Global, los casquetes polares se derriten y se produce una elevación de aguas del mar, que ingresan por la zona más baja del relieve Andino, la *Depresión de Huancabamba*, hacia la Amazonía (flechas en azul), formando el amplio Sistema Acuático Pebas (SaP). Ellas acarrearán Delfines, Manatíes, Mantarrayas y Caracoles, cuyos descendientes han persistido hasta la actualidad.

*También se ha sugerido 70 Mill. de años (Pérez et al., 2022).

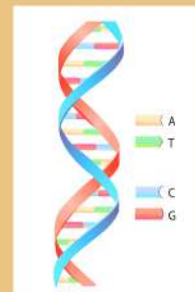
**El SaP podría haber sido antecedido por un trasvase anterior, desde el Caribe (Andrioli et al., 2023).



A raíz de los Ciclos Climáticos de Milánkovitch, explicados en una lámina individual, desde 100,000 años en adelante (Período *Pleistoceno*) se dan elevaciones y descensos de temperatura que fluctúan entre 4o-7o C. La línea de nieves se desplaza hacia arriba y abajo, como se muestra en la figura de arriba. En el escenario reticulado de los Andes, esto ocasiona que poblaciones de especies resulten aisladas, actuando como un motor de especiación. La investigación sobre este hecho se enmarca en la *Teoría de los Refugios del Pleistoceno*.

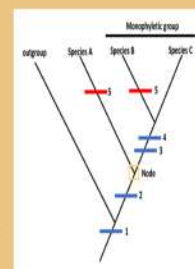
Arriba: los Bosques Montañosos Nublados (BMN) de la Ceja de Selva inician su formación cuando los Andes alcanzan la altitud de intercepción de la humedad procedente del Este.

Derecha: La secuenciación del ADN está permitiendo el Análisis Filogenético, que hace posible investigar la evolución y distribución de grupos de organismos a lo largo del tiempo



Izq. Cómo se formó la Diversidad Ecológica del Perú, libro

preparado por los autores, en el que se trata en detalle los conceptos de esta lámina.



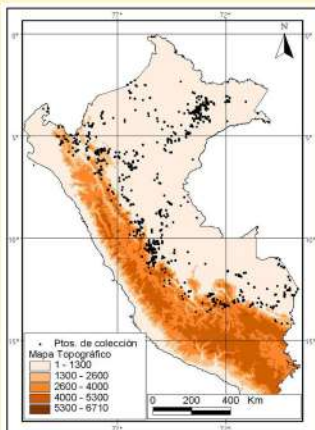
Vacíos de conocimiento sobre la Diversidad Biológica

El Perú, un país vasto, maravilloso y desconocido

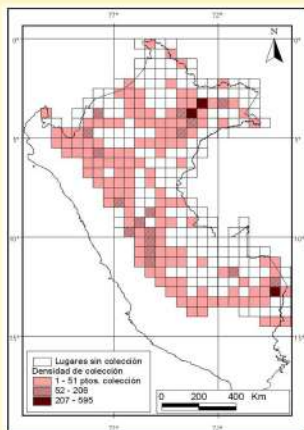
La prospección y documentación de la diversidad de especies de flora y fauna existentes en el Perú dista mucho de haberse completado. Grandes extensiones de territorio aun no han sido exploradas. La inaccesibilidad y la necesidad de trabajar mediante grupos de varias personas, son algunos de los factores limitantes. Esto se hace evidente cuando se estudia la flora arbórea, formada por individuos que muchas veces tienen portes colosales.

En ese contexto, los expertos calculan que alrededor del 30% de la flora peruana no está aun catalogada ni descrita para la ciencia. Muchas especies con propiedades útiles para la sociedad humana están a la espera de ser descubiertas en los ámbitos inexplorados.

El trabajo de prospección y colección de especímenes prosigue día a día, conducido desde los Herbarios y depositarios del mundo



1



2

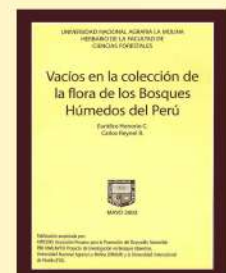
Arriba: (1) Mapa de distribución de colecciones botánicas (2) Mapa de densidad de éstas. Evidencian los vacíos y disparidad en los esfuerzos de exploración.



Arriba: la colección de especímenes de especies arbóreas plantea retos especiales por el porte de éstas.

Arriba: herbarios y depositarios resguardan los especímenes que son la evidencia científica de la existencia de determinadas especies en el territorio. Este trabajo acumulativo de exploración y documentación de la Diversidad Biológica se da desde épocas anteriores a Linneo. A la izquierda hay una imagen de un espécimen colectado por Humboldt. Los trabajos conducidos desde los herbarios involucran, de izquierda a derecha, detección, colección, preservación, catalogación y digitalización.

A la derecha, el libro *Vacíos de colección de la flora de los Bosques Húmedos del Perú*, desarrolla en detalle el contenido de la presente lámina



2

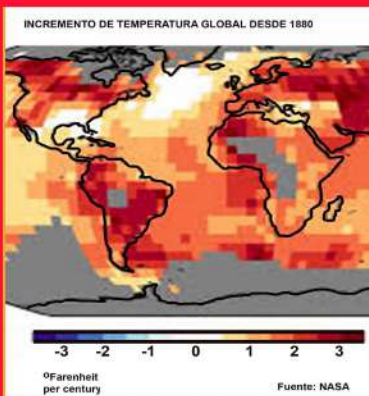
Procesos globales

Cambio Climático Global (CCG)

El CCG está primariamente ocasionado por procesos relacionados al movimiento de la tierra en el espacio, descritos aquí en una lámina individual sobre los *Ciclos Climáticos de Milánkovitch*. No obstante, el hombre contribuye al agravamiento de dichos procesos, con la emisión de gases que ocasionan el *Efecto de Invernadero*: CO₂, metano, óxido nítrico y ozono.

Una preocupación adicional se relaciona a compuestos que destruyen la Capa de Ozono, protectora de la piel humana ante la radiación Ultravioleta, que puede ser cancerígena.

EL CCG también altera la distribución y respuestas de animales vectores de enfermedades, desencadenando diferentes tipos de *Zoonosis*, tema tratado en una lámina individual.



La emisión de gases y polución crea una barrera al retorno de la radiación solar hacia la atmósfera, generando el *Efecto de Invernadero*.

Aparte de la actual elevación natural de la temperatura del planeta, resultante

de los *Ciclos Climáticos de Milánkovitch*, tema tratado en una lámina individual, se suma la acción del hombre agravando este proceso.



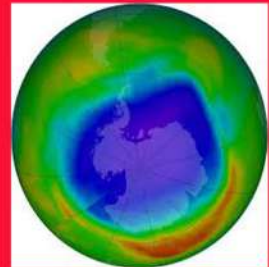
Arriba: en la ciudad de Lima, la emisión de contaminantes del parque industrial y automotor es alarmante.



Arriba: mosquito *Aedes*, trasmisor del Dengue, Zika y Chikungunya

La capa de Ozono, que protege a los seres humanos de la acción letal de la radiación Ultravioleta, ha sido destruida en algunas regiones, por acción de compuestos fluorocarbonados, presentes en los aerosoles.

En la figura se muestra su efecto en la Antártida, donde para el año 2023 se había perdido más de 25 millones de Km². Gracias a las prohibiciones actuales, el efecto se está revirtiendo lentamente.



Der.: El CCG afecta la expansión y avance de las poblaciones de animales vectores de enfermedades y plagas, como es el caso del Mal de Chagas, transmitido por el insecto *Triatoma infestans*

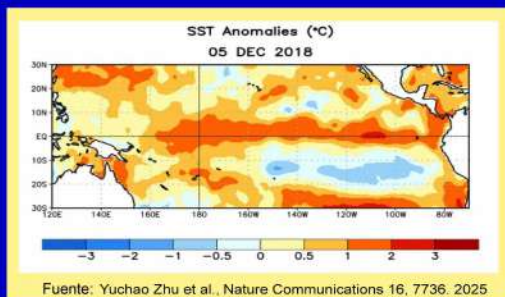


El Niño - Oscilación del Sur (ENSO), Fase cálida

A lo largo de las latitudes tropicales en el Océano Pacífico, las aguas cálidas fluyen normalmente de Este a Oeste. No obstante, cada cierto número de años se observa un proceso de reversión, que hace que éstas se inmovilicen o fluyan en dirección opuesta, agolpándose frente a las costas del Perú.

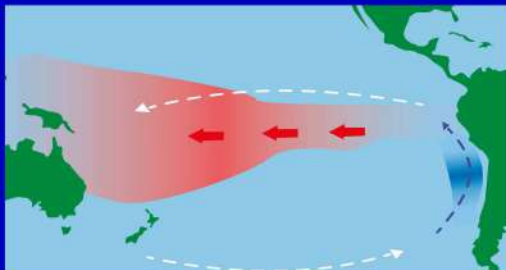
Esta anomalía bioclimática tiene importantes consecuencias ecológicas en la sanidad de los ecosistemas existentes, y en el resurgimiento de comunidades vegetales cuyas semillas se habían mantenido en el suelo en estado de latencia. Rebrotan especies endémicas y únicas, algunas de las cuales aun no han sido catalogadas para la ciencia.

Este proceso, también, ha tenido efectos determinantes en el devenir de las culturas precolombinas del Norte del Perú, y la vida de las actuales poblaciones humanas que ocupan este territorio.

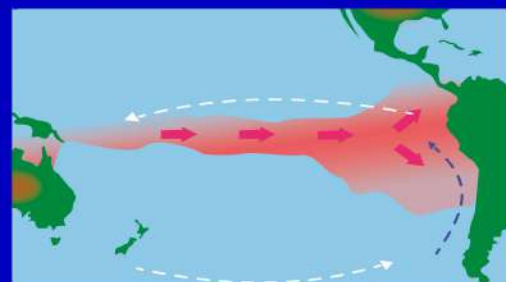


Izquierda arriba: Las fluctuaciones de la temperatura superficial en el Pacífico tropical son la causa principal del ENSO, **El Niño** - Oscilación del Sur, que en su fase cálida ocasiona lluvias torrenciales en la Costa Norte y Centro del Perú.

Izquierda al centro: en años normales, las corrientes cálidas consiguen desplazarse hacia el Oeste sin interferencias.



Izquierda abajo: el ENSO se produce cuando las corrientes cálidas no consiguen fluir hacia el Oeste, e inclusive, adoptan un patrón revertido, en el cual aguas con temperatura anormalmente elevada se estacionan frente a la Costa peruana. Como consecuencia de esta anomalía, se producen auténticos diluvios, que determinan la germinación de semillas que estaban latentes en el suelo, y el resurgimiento de ecosistemas únicos, que tienen un comportamiento cíclico.



Arriba: especies de flora endémica resurgen en la Costa peruana con la llegada de El Niño.

Influencia del Océano

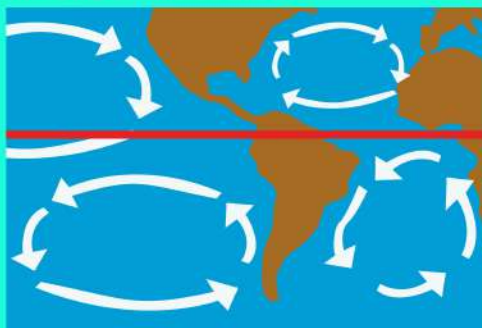
Neblina en el litoral durante los inviernos; patrón Bipolar durante los veranos del hemisferio Sur; Lomas

El movimiento circulatorio de las aguas oceánicas superficiales a lo largo de la Costa peruana, acarrea aguas frías de la denominada *Corriente de Humboldt*. Durante los inviernos se produce estabilidad del aire, ocasionando una neblina que no se disipa.

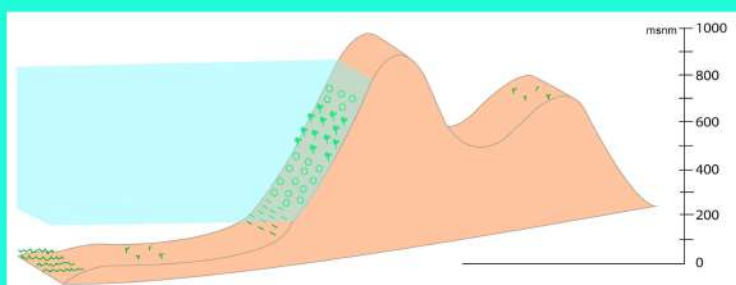
Durante los veranos, el flanco Occidental de los Andes peruanos muestra un comportamiento Bipolar, en el cual las zonas cercanas al litoral permanecen secas, mientras que aquellas a mayor altitud experimentan lluvias.

Los procesos asociados a la niebla determinan la existencia de *Lomas*, con altos niveles de endemismo.

Abajo: movimientos circulatorios de aguas oceánicas superficiales. Las que se desplazan por la Costa del Perú vienen del Sur, y por ello son frías.



Abajo: el patrón bioclimático de la Costa peruana durante el verano del hemisferio Sur ha sido descrito como Bipolar, dado que el calentamiento de la superficie terrestre afecta mayoritariamente altitudes por encima del litoral, que permanece fresco por la acción refrigerante de la Corriente de Humboldt. Más arriba en altitud, ocurre un calentamiento en los ambientes terrestres, que provoca la formación de nubes cargadas de humedad y lluvias, a veces torrenciales; es así que Bosques premontanos y Montanos son observables. Un buen ejemplo de éstos es el Bosque de Zárate en la Sierra de Lima.



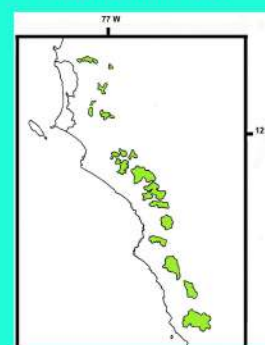
Aire en movimiento vertical



Izquierda: en la Costa peruana, la temperatura fría del Océano en el invierno determina la estabilidad del aire y la formación de neblinas persistentes, como se observa en la foto abajo.



Abajo: La niebla determina la existencia de *Lomas*, formaciones a manera de islas a lo largo de la Costa, con elevados endemismos.



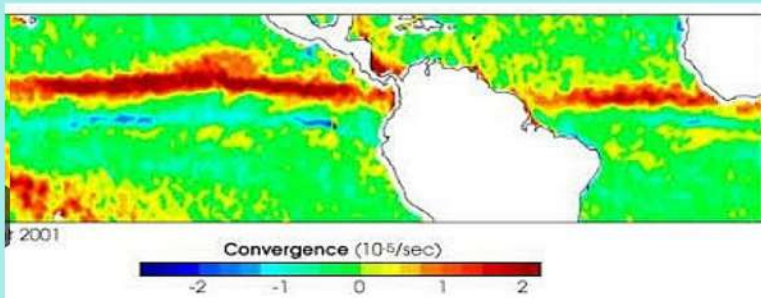
Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT o ITCZ) sus relaciones e influencia en el bioclima de Suramérica

A lo largo de la línea ecuatorial, las condiciones de alta temperatura ocasionan el movimiento del aire hacia arriba por convección, generando celdas convectivas, llamadas *Celdas de Hadley*. Este fenómeno da lugar a la ZCIT, que conforma un cinturón de baja presión

Un segundo núcleo de baja presión existe en el ámbito del Chaco, en la colindancia entre el centro de Bolivia y la Argentina; éste se activa particularmente durante el verano del hemisferio Sur.

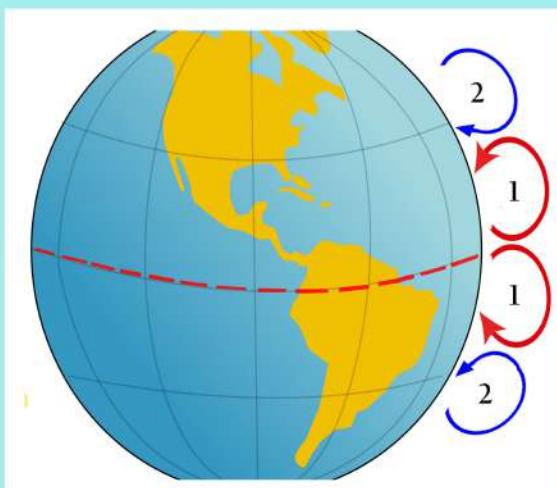
El Sistema del Chaco acarrea una gran cantidad de humedad desde el Océano Atlántico hacia su entorno, y ésta es difundida hacia el piedemonte Andino.

El Sistema del Chaco, en algunos años, puede moverse hacia el Norte o el Sur, infuido por los desplazamientos que puedan ocurrir en la ZCIT. Lo mencionado tiene como efecto que determinadas porciones de los Andes del Perú reciban mayor o menor carga de humedad durante esos años.

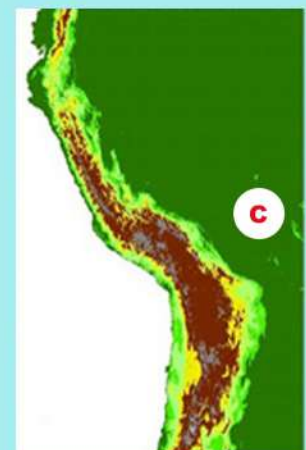


Izquierda:
La ZCIT
captada
desde un
satélite,
Diciembre
de 2001
Foto: NASA

Abajo: el Núcleo de Baja Presión del Chaco (C) acarrea la humedad del Atlántico durante el verano del hemisferio Sur, y la difunde hacia los Andes



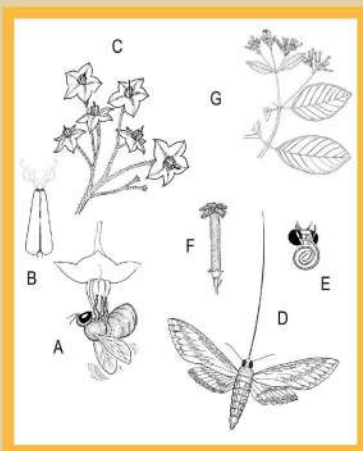
A lo largo de la línea ecuatorial, altas temperaturas generan un movimiento de convección de masas de aire formando las celdas de Hadley, señaladas como 1 en el diagrama, y la ZCIT.



Bioclima e interacciones planta - animal

Las interacciones entre plantas y animales son múltiples, pero en algunos casos son delicadas y de gran interdependencia. Esto es muy visible cuando ocurre *Coevolución*, el ajuste de morfologías y funcionamientos entre dos especies a lo largo de mucho tiempo.

La destrucción de ambientes naturales y cambios en el Bioclima pueden acarrear efectos en cascada, determinando la erradicación ultimada de especies. Hay casos evidentes con valor económico y social, como el de la Castaña de Madre de Dios, en la cual la fecundación de las flores depende de una especie particular de abejorros.



1



2



3

NSF



Arriba: 1 muestra abejas (A-C) vibrando para polinizar flores, y mariposas (D-G) desplegando su proboscis para tomar el néctar. 2-4 la polinización por picaflores fue representada por las culturas precolombinas en la cerámica; la flor roja más grande es la Cantuta, *Cantua buxifolia*, flor nacional del Perú.

(D-G) desplegando su proboscis para tomar el néctar. 2-4 la polinización por picaflores fue representada por las culturas precolombinas en la cerámica; la flor roja más grande es la Cantuta, *Cantua buxifolia*, flor nacional del Perú.

Centropogon (Campanulaceae) y Picaflores
Centropogon valeroi, *C. solanifolius*, *C. granulatus*



Boehm, M., Guevara, D., Jankowski, J. & Cronk, Q. 2022. Floral phytology of an andean bellflower. *Ecology & Evolution* 12: e8988

Izq.: la coevolución, proceso por el cual dos especies ajustan mutuamente su morfología a lo largo de las eras, las hace aliadas e interdependientes. La destrucción de una de ellas acarrea un impacto para la otra. La alteración del Bioclima y los ambientes naturales, por esa razón, puede tener un efecto de cascada. En la lámina se muestra un ejemplo de coevolución entre plantas de *Centropogon* y picaflores.



↑ Iowa State University



Calvacante et al. 2018 ↓ ↑ NatGeo



Izq.: el maravilloso Colibrí Cola de Espátula, uno de los grandes atractivos naturales del Perú. Fuente: PromPerú

A la derecha, de arriba a abajo, mariposas y abejas polinizando flores, y los abejorros polinizadores de la Castaña de Madre de Dios (*Bertholletia excelsa*)



Zoonosis, animales que actúan como reservorio de enfermedades, y los cambios Bioclimáticos

Al borde de los bosques, se establecen poblaciones humanas que los destruyen.

Como resultado de la acción del hombre, pero también como consecuencia de alteraciones generales en el Bioclima, los animales actúan como vectores y reservorio de enfermedades. Este proceso es conocido como *Zoonosis*.

Estudios epidemiológicos demuestran que la irrupción de pandemias y enfermedades virales y causadas por agentes patógenos diversos, se acrecientan cuando los bosques y ambientes naturales son destruidos. Efectos como el agravamiento de las sequías o inundaciones, y los cambios de temperatura, pueden ocasionar la expansión de enfermedades y la generación de resistencias adaptativas en los agentes patógenos.

La Organización Mundial de la Salud trabaja actualmente bajo el concepto integrado de *One Health* o *Una Salud*, que reconoce la interdependencia entre la salud animal, ambiental y humana.



1

2

3

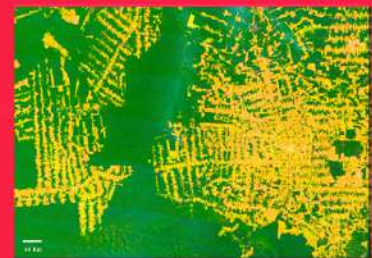
4

Fuentes: 1,2 OMS; 3,4 NatGeo

1 *Anopheles*, mosquito transmisor del paludismo o malaria; 2 *Aedes*, transmisor del Zika y dengue; 3 Los anfibios en general están siendo arrasados por la Quitridiomycosis, enfermedad que ha extinguido más de 60 especies en los últimos 60 años; 4 Murciélagos y vampiros son reconocidos como animales reservorios de enfermedades que se transmiten al ser humano, en procesos que se activan cuando sus ambientes son alterados.



Izq.: la erradicación indiscriminada de especies de fauna silvestre y la consecuente alteración de sus ambientes, desencadena desbalances en la Ecología de las poblaciones animales. Adicionalmente, la migración de grupos humanos bajo procesos como la agricultura migratoria, introduce y traslada vectores y organismos patógenos de un lugar a otro. Cambios en el Bioclima, como el agravamiento de las sequías y cambios en la temperatura, hacen también que las poblaciones de vectores se extiendan o reubiquen hacia nuevos territorios.



Arriba: la fragmentación de bosques, visible en esta impactante foto de NASA, crea las condiciones ideales para la zoonosis.

3

Influencia del relieve,
la hidrografía y la
corriente de
Humboldt

Andes, una cordillera que modifica la Ecología de todo un continente

En Suramérica, muchas corrientes de vientos recorren el continente en dirección Este-Oeste. Encuentran una gran barrera que las intercepta, representada por la cordillera de los Andes.

Los procesos adiabáticos concentrados en su flanco oriental determinan la formación de extensiones con nieblas y humedad distribuidas en diferentes niveles, en una infinidad de microlocalizaciones.

Especialistas que estudian los factores condicionantes de la alta riqueza de especies en determinados territorios, señalan como los principales la presencia de una humedad elevada, y la continuidad de ésta.

Adicionalmente, el levantamiento de los Andes ha sido un evento reciente cuando se compara con el de otras cordilleras. Ha puesto disponibles muchos espacios para la invasión de especies, con la ventaja adicional de tener un sustrato que no está empobrecido por una erosión inmemorial.



Izquierda:
Bromelias
y Orquídeas
creciendo
sobre troncos
en el Bosque
Montano
Nublado



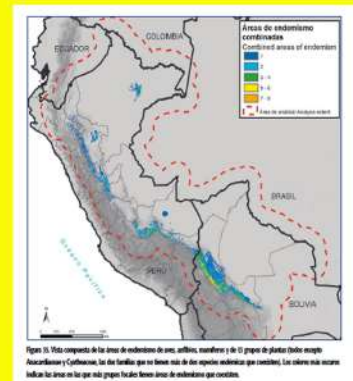
Izquierda: El BMN
Puyu Sacha, apenas
visible entre la densa
niebla



Izq.
Andes
del Perú
sobre
1800 m



Arriba: bellisimas flores
de *Cinchona officinalis*, la
Quina o Cascarilla, árbol
nacional del Perú y especie
medicinal para la malaria
que es característica del BMN.



Arriba: áreas de
concentración de
endemismos de
plantas y animales
en Perú y Bolivia
El color azul
representa los
contenidos más
altos

Fuente:
Young, B. 2007 (Ed.). Distribución
de las especies endémicas en la
vertiente oriental de los Andes de Perú
y Bolivia. NatureServe, Virginia, USA.

El mosaico de los suelos y el Bioclima determinan las características de los ambientes

El levantamiento de los Andes ha acarreado una intrincada acción de plegamientos y elevaciones del relieve en el territorio peruano. Ellos han configurado sitios con capacidades diferenciadas para albergar plantas y animales. Los minerales y nutrientes en algunos son tan distintos, que en algunos casos solamente los habitan organismos muy especializados.

Superpuesto a este paisaje edáfico, el Bioclima es otro factor que contribuye a la enorme diversidad de ambientes, y a la Megadiversidad biológica del Perú.

Los ecólogos que estudian estos pormenores reconocen familias de plantas que son indicadores de suelos muy ricos en nutrientes, como las Moráceas, o viceversa, como las Cecropiáceas y Euforbiáceas. Algunos tipos de bosque, como los varillales, son característicos en zonas de suelos muy pobres, en ambientes calurosos y pluviales.

SUBSIDIENCIA

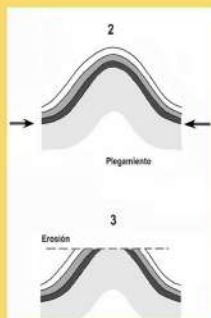


Arriba: los estratos en el subsuelo proceden del lavaje de suelos en diferentes áreas de las partes altas.



La mineralogía y nutrientes acarreados determinan sitios con diferentes capacidades para albergar comunidades biológicas, como se aprecia en la foto de un bosque con alturas del dosel muy distintas.

PLEGAMIENTOS



Arriba: el proceso de levantamiento de los Andes ocasiona la Subsidencia o hundimiento del piedemonte en el flanco oriental. Dada la naturaleza plástica de la corteza terrestre, se producen plegamientos, como los representados a la izquierda. Los estratos existentes en el subsuelo son cortados y expuestos de diferentes modos.

Der.: la elevación de la cordillera carga y voltea plegamientos. Cuando éstos sufren una erosión horizontal, se forman intrincados mosaicos de suelos.



Izq.: algunas familias de plantas son reconocidas por los ecólogos como indicadores de suelos pobres, como es el caso de Cecropiáceas y Euforbiáceas.

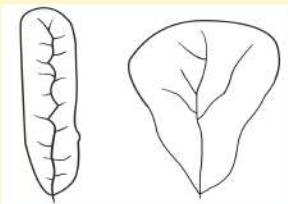
Las Cuencas Hidrográficas determinan el Bioclima y la Biodiversidad

Los territorios confinados al interior de Cuencas Hidrográficas particulares suelen tener condiciones ambientales y bioclimáticas propias. En el caso del Perú, esto se hace evidente en la Amazonía Sur, en que los bosques crecen sobre suelos de terrazas no inundables, y en una latitud y clima subtropical. Las Cuencas situadas más al Norte tienen espacios inundables más extensos, y su latitud y clima son más calurosos y Tropicales.

Condiciones de Bioclima y suelos como las mencionadas promueven la existencia de una biota diferenciada en cada uno de esos espacios. El Dp. de Madre de Dios, emplazado en una Cuenca Hidrográfica con características diferentes, tiene predominancia de especies de flora y fauna que no se observan en el resto del territorio peruano. Son ejemplos los árboles de Caucho o Shiringa (*Hevea brasiliensis*), la Castaña de Madre de Dios o Nuez de Brasil (*Bertholletia excelsa*), y el Venado Gris (*Odocoileus virginianus*).



Arriba: Cuencas encañonadas y con paredes altas generan condiciones bioclimáticas particulares. Éstas, aunadas a un largo aislamiento, hacen posibles procesos de adaptación y especiación, produciendo endemismos. Un buen ejemplo son los valles del Apurímac (Izq.), Marañón (Der.) y el Colca

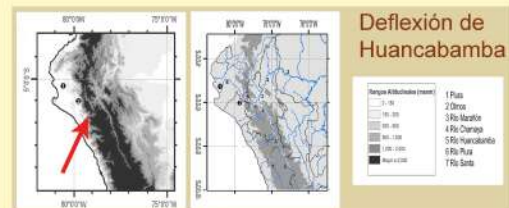


Arriba: representación de dos Cuencas Hidrográficas, una estrecha y la otra amplia. A la derecha, entre la niebla, palmeras de *Ceroxylon*, grupo con endemismos relacionados a su ubicación en diferentes Cuencas.

A la Derecha: imágenes de árboles propios de la Cuenca Hidrográfica del Madre de Dios, *Hevea brasiliensis*, Caucho, y Castaña o Nuez de Brasil.



Ilustración de *Hevea brasiliensis* tomada de Franz Kohler Botanical Art, MOBOT



El ámbito de esta Deflexión, en el tercio Norte del Perú, permitió el trasvase de aguas Oceánicas a la Amazonía hace unos 50 millones de años, acarreado linajes de organismos como delfines, manatíes y mantarrayas.



Foto Manatí: Univ. of South Florida

Abajo: Cuencas Hidrográficas de los grandes ríos del Perú: 1 Amazonas; 2: Marañón, Ucayali, Huallaga; 3: Madre de Dios. Ellas corren en sentidos diferentes.

Procesos Adiabáticos y su influencia en la Ecología de los Bosques Montanos Nublados (BMN)

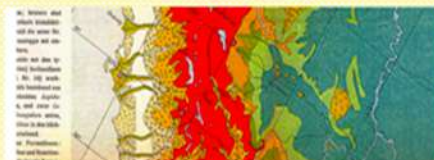
Nubes transportadas por los constantes vientos Alisios, que se desplazan de Este a Oeste, empujan la Evapotranspiración generada en la cuenca de la Amazonía y la agolpan al pie del flanco Este de los Andes. Por su temperatura caliente, ellas ascienden hasta los 2000-3000 msnm, formando un cinturón de niebla y humedad estacionario.

Los procesos de desplazamiento vertical de masas de aire son denominados Adiabáticos; en ellos la temperatura y humedad ambiental existentes previamente al ascenso influyen positivamente en la altitud a la cual la humedad se condensará.

Cadenas topográficas determinan escaleras de trasvase de humedad



Altitud: 2200 - 3200 msnm



En el flanco Oeste de los Andes, los procesos Adiabáticos han determinado un mosaico de condiciones ambientales maximizando la diversidad biológica. Muchos de los ambientes de este realme aun no han sido explorados por su inaccesibilidad.

En el recuadro superior derecho se muestra el paisaje premontano de terrazas, colinas y montañas en el valle de Chanchamayo. A la derecha abajo, el Mapa de la vegetación del Perú elaborado por A. Weberbauer (1905), mostrando la existencia de formaciones hiperhúmedas, húmedas y semisecas en ese mismo ámbito.

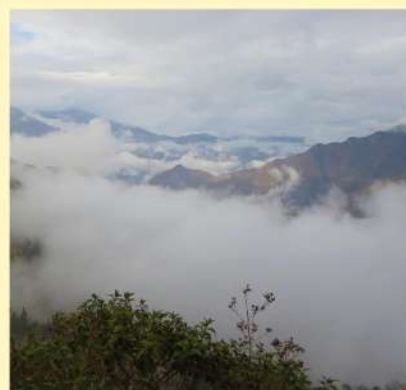
El trasvase de humedad a los BMN en diferentes cantidades crea una infinidad de Bioclimas y ambientes ecológicos

La conformación reticulada de la cordillera de los Andes facilita la existencia de infinidad de hondonadas, y barreras que las aíslan, como en un sistema de tabiques.

El ascenso de humedad y su condensación en cantidades diferenciadas en este territorio produce una maximización de ecosistemas y comunidades de seres vivos, cada una con sus características propias. La prospección de la biodiversidad existente en estos estos espacios continúa sin visos de agotarse.



La humedad procedente del Este asciende por el flanco de los Andes cargada de humedad. No obstante, al llegar a su altitud de condensación, entre 2000-3000 msnm, la cantidad de humedad que traspone diferentes porciones de la cordillera va disminuyendo. Así se conforman ambientes con condiciones diferenciadas, donde florecen distintas comunidades de seres vivos.

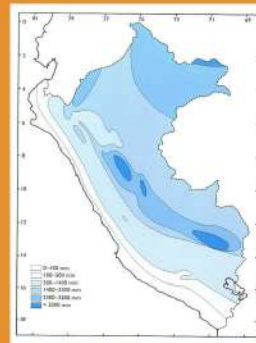


Arriba, niebla sobre el retículo de los Andes, en el bosque Unchoj, Huánuco.

Abajo, foto satelital de los Andes peruanos (NASA)

Bosques secos, su diferente naturaleza y contenido biológico

Pese a sus similitudes en el bioclima, leves diferencias en éste y en los suelos, determinan un mosaico de formaciones diferenciadas entre los bosques secos del Perú. Ellos poseen altos contenidos de endemismos de flora y fauna, y muchas especies de importancia crucial ante un futuro de Cambio Climático Global.



Arriba: bosques secos del Marañón, notorios por su elevado contenido de endemismos.



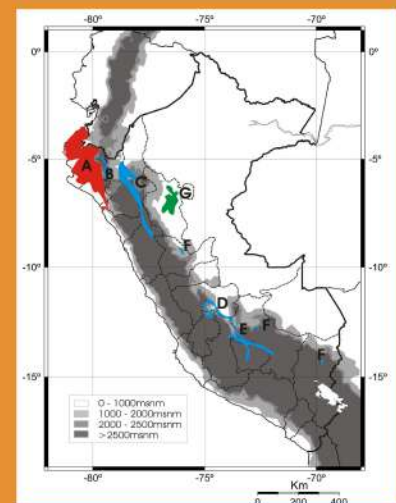
Por debajo de 1800 mm de Precipitación pluvial total anual promedio, existe un abanico de formaciones secas hasta hiperáridas. Muchas especies únicas y con enorme potencial



económico están albergadas en los bosques secos; arriba a izquierda se muestran especies de Cedros propios de estas formaciones. Representan una herramienta para el desarrollo futuro de ambientes que serán afectados por la sequedad.

Muchas especies son deciduas, es decir pierden las hojas en algún momento del año, como se aprecia

Arriba: bellas flores del bosque seco en la Selva central del Perú.



Arriba: aunque las condiciones bioclimáticas son muy parecidas, factores como los suelos determinan que los bosques secos sean distintos en sus especies; ésto se muestra con diferentes colores en el mapa.

Hiperaridez

Una barrera Bioclimática infranqueable para la dispersión de las especies de flora y fauna

En el territorio del Perú hay áreas, algunas de ellas extensas, con condiciones de hiperaridez; no se registra lluvia en ellas. Para las especies de seres vivos, ésta es una de las barreras más definitivas, que impide una dispersión más allá de sus límites.

En el tercio Sur de la Costa peruana y el Norte de Chile se emplaza el desierto de Atacama, uno de los espacios más secos del mundo. Sus condiciones son el resultado de la amplitud de los Andes en ese sector, sumados a la acción de la corriente de Humboldt, que impide la formación de lluvias. En la Sierra o Serranía Esteparia, también existen ámbitos con características de aridez extrema.

En Suramérica, los biomas secos han actuado como la barrera que ha impedido la dispersión de flora y fauna de biomas húmedos como el bosque pluvial de la llanura Amazónica, hacia ambientes como la Mata Atlántica en Brasil. Esto ha ocasionado que, al paso de millones de años, los contenidos biológicos de estos reinos se hagan completamente diferentes.



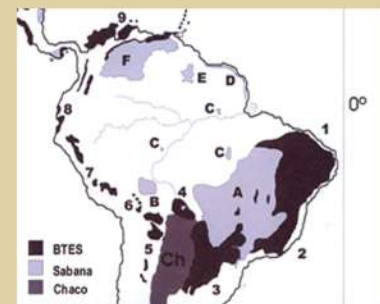
Izq.: en el tercio Sur del Perú y Norte de Chile se encuentra el desierto de Atacama, uno de los territorios más secos del planeta, para el cual no existen registros de lluvia. Es una gran barrera para la dispersión de especies biológicas.



Arriba: la hiperaridez existente en algunos ámbitos de la Sierra peruana determina espacios en los cuales escasas especies pueden adaptarse, y actúan también como barreras para la distribución de organismos vivos.



Der.: mapa de Suramérica; en tonos de gris están representadas las formaciones secas, BTES, bosques Tropicales Estacionalmente Secos; Sabanas; Chaco. Los bosques húmedos de la cuenca Amazónica, y los de la Mata Atlántica del Centro-Sur de Brasil, han quedado aislados durante millones de años, lo cual ha determinado una diferenciación radical en las especies que los habitan.



Arriba: el tercio Sur de la cordillera de los Andes es el más ancho, e impide el trasvase de la humedad procedente del Este. Eso se suma a la acción de la corriente fría de Humboldt, que fluye desde la Antártida e inhibe la formación de nubes cargadas con lluvia.

Der.: aunque la vegetación es muy escasa, algunas familias de plantas son endémicas de la Costa Sur del Perú, y poseen flores bellas y delicadas, como las Montiacáceas y Nolanáceas.

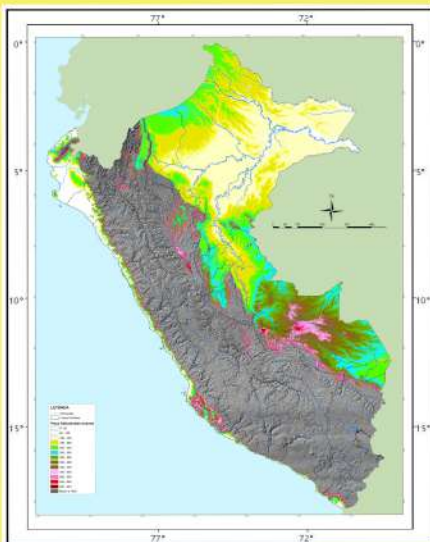


Los extremadamente diversos Bioclimas de la Llanura de la Amazonía peruana

La llanura de la Amazonía o Selva Baja pareciera ser un ambiente bioclimáticamente homogéneo, pero factores como la elevación, inundabilidad, drenaje, precipitación y latitud diferenciadas, crean una infinidad de condiciones ambientales localizadas.

Adicionalmente, la presencia de árboles colosales, así como de microclimas diversos en los cauces de ríos, quebradas y meandros, contribuyen a un escenario de ambientes únicos que se despliegan como un caleidoscopio.

La diversidad de la flora y fauna en este realme está lejos de haber sido catalogada en su totalidad. Para el caso de la flora arbórea, estimaciones y extrapolaciones bien sustentadas indican que cerca del 30% de las especies aun no son conocidas por la ciencia. Vale anotar que en esta lámina no consideramos la notoria diversidad de los suelos, que se superpone a las condiciones descritas y las maximiza.



Izquierda: Pese a ser entendido como un territorio ecológicamente uniforme, la Llanura de la Amazonía o Selva Baja muestra un relieve muy diverso, como se aprecia en el Mapa con estratos cada 50 m. Hacia el Norte predominan Zonas inundables entre 0-150 msnm, y al Sur áreas entre 250-450 msnm.



Tipos de bosques naturales muy diversos son observables, como los de arriba, en el río Camisea



Los árboles colosales generan un microclima diferenciado en su entorno



Elaborado por Mauricio Lucioni (2020) tomando como fuentes, entre otras, el Mapa Ecológico del Perú e Información de SENAMHI



Izq. Una enorme cantidad de ambientes acuáticos albergan a la ictiofauna más variada del planeta. Un pescador carga a duras penas un

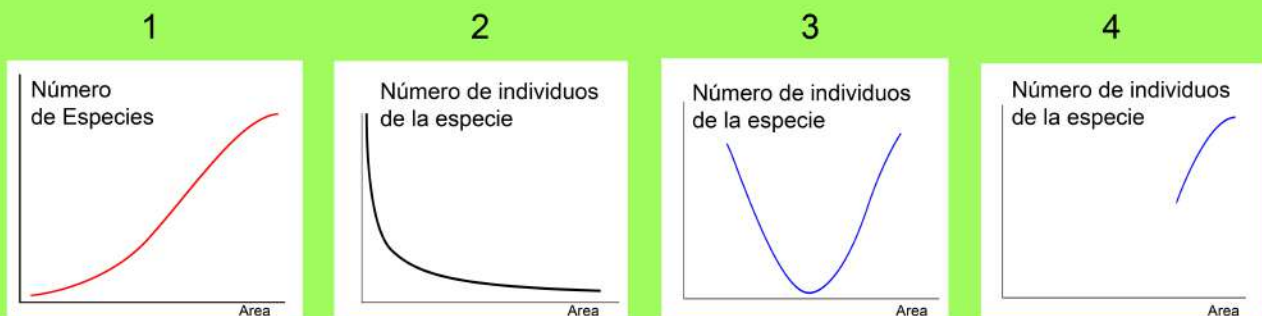
Bagre o Cunchi, especie de pez nativo en los ríos Amazónicos.

El Bioclima y su influencia en un bosque que se regenera

El Bioclima influye en la regeneración de las forestas a través de factores físicos como la temperatura, humedad, sequía, y también biológicos como la irrupción de plagas y pestes.

Las forestas se hallan en continua regeneración y crecimiento. Desde el punto de vista del Manejo Forestal y la Conservación de los Recursos del bosque, es fundamental contar con evaluaciones que permitan interpretar la marcha de estos procesos.

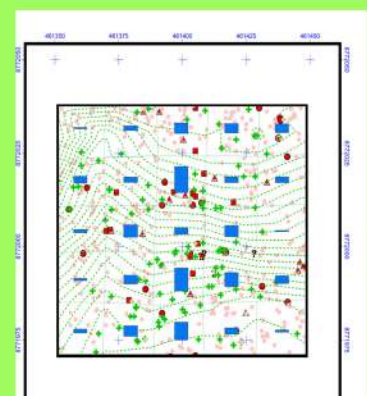
El establecimiento de Unidades de Muestra (UM) tales como Parcelas Permanentes (PP) o Transectos Gentry (TG), aquí tratadas en láminas individuales, permite documentar el devenir de los sucesos que ocurren en el bosque. Una forma de muestreo especializado es el *Muestro Diagnóstico*, que se enfoca en los individuos juveniles para documentar los procesos de regeneración.



Arriba: 1 Curva especies-área, cuya inflexión nos indica que el tamaño de la Unidad de Muestra (UM) es satisfactorio. 2 Curva en forma de J invertida, en la que se visualiza que la población de una especie tiene buena capacidad de regeneración. 3 y 4 Curvas que sugieren problemas en la capacidad de regeneración de la especie, con grupos diamétricos cercenados, que podrían resultar del impacto de enemigos naturales; en estos últimos casos, si no se interviene por medio de plantaciones, es muy posible que la especie no sobreviva.



Der.: visualización de los parámetros de crecimiento de los árboles al interior de una Parcela Permanente de 100 x 100 m. Ella está subdividida en 25 subparcelas, y los valores comparativos de crecimiento se muestran para cada subparcela, así como la posición de cada árbol individual y las curvas de nivel del relieve.



Bosques primarios, bosques secundarios y Bioclima

En el lenguaje forestal, nos referimos a los bosques no alterados como *bosques primarios* o *maduros*. Cuando éstos son impactados por causas naturales o antropogénicas, se habla de *bosques secundarios*. Si la destrucción del bosque original es total, se conforma un estadio inmediato de *bosque pionero*. Todas las condiciones mencionadas forman parte del proceso de *Sucesión Vegetal*.

El Bioclima bajo cada una de estas condiciones es diferenciado. Factores como el albedo, la temperatura, y la humedad, cambian en cada caso. Adicionalmente, el ritmo de crecimiento del bosque, de formación de biomasa, y los procesos de respiración e intercambio de gases con la atmósfera son más intensos en los bosques secundarios.

El arrasamiento de los bosques por el ser humano acarrea cambios en el Bioclima a nivel local y global. En el Perú, la pérdida de bosques está concentrada en algunas áreas, y la formalización de *Concesiones Forestales* para el Manejo Forestal Sostenible, supervisadas por el Estado, es la estrategia adecuada para minimizar los impactos y la destrucción de los bosques.



En la foto se aprecia un bosque sucesional. Las plantas pioneras están hacia la izquierda y abajo; las más maduras hacia la derecha y arriba.



Arriba: el bosque maduro alberga árboles de diámetros y portes colosales. A diferencia de los bosques secundarios, su crecimiento es más lento, y los procesos de respiración e intercambio de gases con la atmósfera también lo son.



Las semillas de especies del bosque secundario (izq.) son pequeñas, secas y deben resistir el sol directo, pues crecen en zonas donde el éste ha sido alterado. Por el contrario, las de especies propias del bosque maduro (der.) son grandes, carnosas y mueren si se les expone directamente al sol.



Arriba: árboles de *Cecropia*, característicos de bosques secundarios, creciendo al pie del río Amazonas en el Perú. Varios caracteres funcionales distinguen a estas especies: tienen un crecimiento muy rápido pues deben capturar el sitio, y sus semillas están adaptadas al sol pleno.

Der.: mapa de pérdida de bosques en el Perú. El arrasamiento de los ambientes naturales acarrea cambios en el Bioclima, relacionados a suelos más expuestos, con mayor nivel de reflexión de la insolación (albedo); también una mayor temperatura, humedad, y emisión de CO₂.

Comparativamente, la presencia de bosques maduros actúa de manera inversa.

Fuente del mapa: MINAM 2011



Ecosistemas Alóctonos

Conocemos bajo este nombre a aquellas formaciones en las cuales los insumos claves para el mantenimiento del ecosistema proceden de lugares externos, y muchas veces lejanos. Un buen ejemplo son los Bosques Montanos Nublados (BMN). Varios Parques Nacionales emplazados en BMN caen en esta categoría, y por ello los esfuerzos de conservación al interior de sus perímetros adolecen de un defecto de enfoque.

En muchos casos, las fuentes aportadoras de insumos básicos como la niebla no han sido precisadas ni investigadas.

Un ejemplo adicional de este tipo de ecosistema son los ambientes dulceacuícolas de la Amazonía, que dependen de los sedimentos acarreados desde las laderas de los Andes.

Los insumos necesarios para su sostenimiento proceden de otros lugares



Hay varios casos de ecosistemas de este tipo



Ambientes como los Bosques Montanos Nublados, y las Lomas costeras, son un ejemplo de estas formaciones

A la derecha, de arriba a abajo, habitantes endémicos de Ecosistemas Alóctonos:



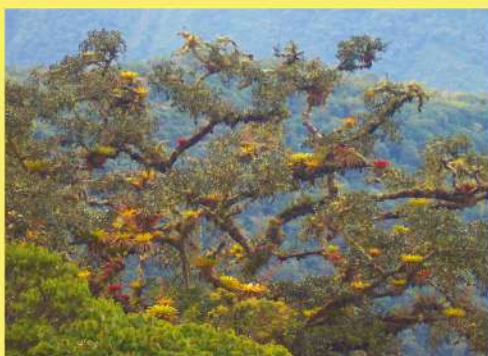
Epífitas sobre un tronco en el bosque seco, Piura (Foto J.C. Ocaña);



Una Tangara dorsidorada en el BMN Unchoj, Huánuco;



Victoria Amazonica, en los alrededores de Iquitos



Izq. arriba: un árbol con una enorme carga de epífitas, Puyu Sacha, Junín; abajo, un comedero de bromelias del Oso de Anteojos



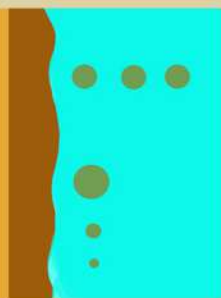
(Foto del Oso: TeleAmazonas)

(Foto Wikipedia)

Teoría de las Islas en Biogeografía y Conservación

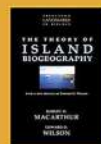
Como resultado de sus estudios en archipiélagos, R. MacArthur y E. Wilson publicaron un libro clásico en teoría ecológica en 1967. Fue décadas después que sus hallazgos fueron relacionados con las condiciones de los Andes como la analogía de un archipiélago.

Colocando los procesos macroevolutivos de especiación y proliferación de taxones en ese contexto, y con ayuda de herramientas de investigación filogenética, se ha podido trazar estrategias más avanzadas para la conservación de la elevada diversidad biológica que caracteriza a nuestro país. Los Corredores Biológicos son una de las herramientas de conservación derivadas de las ideas de conectividad que ellos investigaron



Para islas del mismo tamaño, la diversidad de especies disminuye con la distancia a tierra firme

En islas situadas a la misma distancia de tierra firme, las más pequeñas tienen menor diversidad de especies

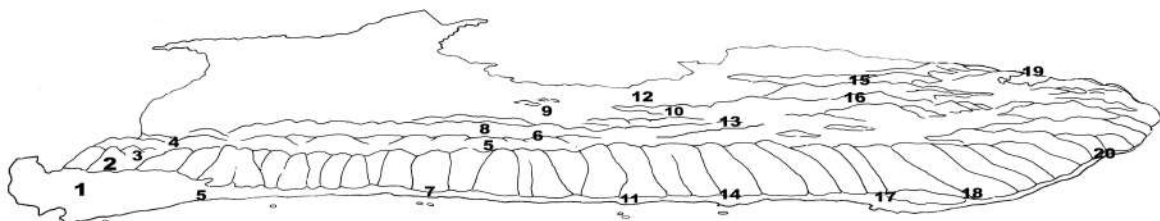


Adicionalmente, las tasas de extinción son mayores, y la migración es menor en las islas de menor tamaño

Izquierda arriba: conceptos básicos en biogeografía y conservación, resultantes de los hallazgos de MacArthur y Wilson.

Abajo: Los Andes peruanos forman un sistema de promontorios que replican a un archipiélago, o "islas".

Los conceptos mencionados permiten concebir estrategias apropiadas para la conservación de la diversidad biológica.



1 Piura 2 Morropón 3 Abra Porculla 4 Bagua 5 Cuenca del Santa 6 Cordillera Blanca 7 Chimbote 8 Cuenca del Marañón
9 Tarapoto 10 Cuenca del Huallaga 11 Huacho 12 Pucallpa 13 Cuenca del Mantaro 14 Lima 15 Cusco 16 Cuenca del Ene
17 Pisco 18 Río Colca 19 Lago Titicaca

Inviernos y veranos en la Amazonía peruana y una fiesta de Inti Raymi soleada

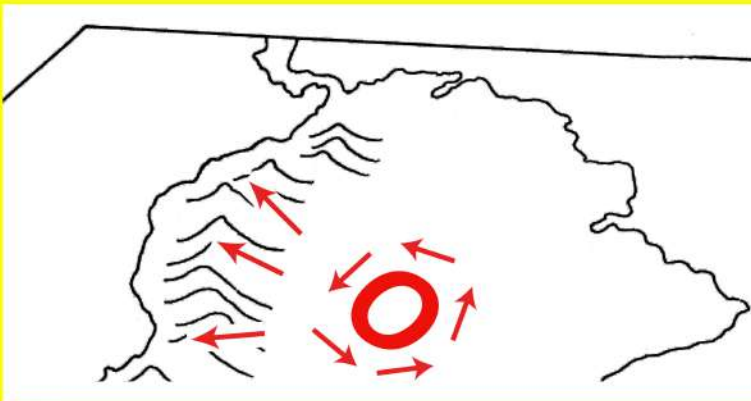
La población de la Amazonía peruana nos habla de un “invierno” caracterizado por intensas lluvias, y un “verano” característicamente más seco.

Estas condiciones climáticas son ocasionadas por la acción del Núcleo de Baja Presión del Chaco (NCh), situado entre Bolivia y Paraguay. El NCh se activa particularmente en el mes de Junio, cargando volúmenes de aire caliente y humedad desde el Atlántico hacia los Andes, ocasionando lluvias en toda la vertiente oriental de éstos, alcanzando las alturas Andinas.

Los flujos mencionados se producen en oleadas, por lo cual algunos días puede escampar. La conocida Festividad del Inti Raymi, que se celebra el 24 de Junio, coincide adicionalmente con el Solsticio de Invierno, que se produce cuando el cambio de inclinación del eje de rotación de la tierra sitúa al hemisferio Sur en su posición más alejada del Sol, debilitando la acción del NCh.



A la Izquierda, durante el invierno las labores no se detienen en la Amazonía. A la Derecha, lluvias y nevada en las alturas de los Andes.



Izq.: la acción del *Núcleo de Baja Presión del Chaco*, aquí representado en rojo, se intensifica con las altas temperaturas y sequías del verano en el hemisferio Sur, sobre todo en el mes de Junio. La humedad del Atlántico sumada a la Evapotranspiración de la Cuenca Amazónica son

succionadas hacia el piedemonte de los Andes, acarreado en un aire caliente que asciende hasta la altitud de condensación, entre 2800-3400 msnm, generando intensas lluvias en el flanco Amazónico, caracterizadas por la población como el “invierno” en la región.



En el proceso mencionado, el aire es acarreado en oleadas, por lo cual hay algunas semanas en que escampa, alternadamente.

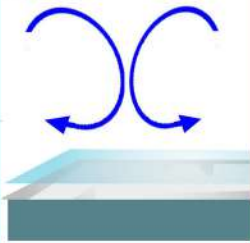
En los Andes del Cusco se mantiene desde la época del imperio Inca la tradición del Inti Raymi o *Fiesta del Sol*. Ella coincide con el Solsticio de Invierno (SI), que ocurre cuando el cambio de inclinación de la tierra hace que el hemisferio Sur quede más alejado del Sol. La suma del proceso descrito en el párrafo anterior más el SI propician un clima soleado durante la festividad.

Friajes: frentes de aire frío ingresan por los bosques de la Amazonía Sur del Perú

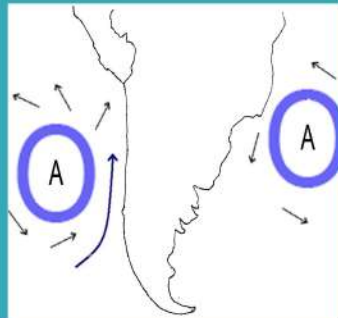
Vientos muy fríos, trasvasados desde el extremo Sur del continente, ingresan a los bosques Amazónicos, sobre todo durante los meses de Junio y Julio, con efectos que impactan a los ecosistemas.

Los friajes son causados por la actividad del Anticiclón del Pacífico Sur, un núcleo de baja presión situado frente a las Costas de Chile. Pueden extenderse hasta los tercios medio y Norte de la Amazonía peruana, y provocar descensos de hasta diez o quince grados centígrados de temperatura. Aunque duran pocos días, sus efectos en plantas y animales pueden ser devastadores.

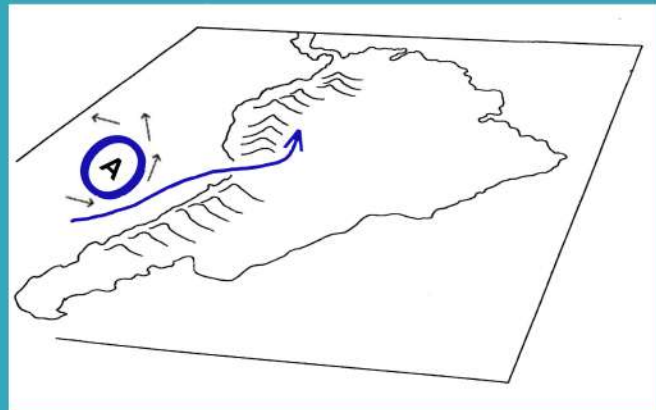
El Anticiclón del Pacífico Sur es un núcleo de baja presión situado sobre la superficie del mar. Su ubicación aproximada se observa en el mapa de la derecha.



Este núcleo de baja presión determina un movimiento en la superficie de las aguas. Influye en el flujo de la corriente a lo largo de la Costa del Perú y en varios otros procesos.



Arriba: Anticiclón del Pacífico Sur (A, izquierda) y Anticiclón del Atlántico Sur (A, derecha). Ellos se intensifican durante Junio y Julio, que corresponden a los meses secos en la Amazonía



Arriba: La intensificación de la actividad del Anticiclón del Pacífico Sur ocasiona que vientos muy fríos, conocidos como *Friajes*, ingresen en forma de cuña en la Amazonía Sur peruana. Localmente se les relaciona con la fiesta de San Juan, en el mes de Junio, y por ello se les llama también vientos de San Juan. Los Friajes se producen súbitamente y duran pocos días, pero las temperaturas usuales de 20-25° C suelen caer a 5- 10° C, con efectos devastadores para la fauna silvestre y la regeneración del bosque.

Derecha: el banco de semillas y las delicadas plántulas en el suelo del bosque, así como los animales, sufren notoriamente los efectos de los friajes



Ríos que fluyen sobre la copa de los árboles, y Polvo de Hadas

La investigación sobre la interacción bosque-atmósfera ha ido aclarando varios hechos en años recientes. Primero, partículas y polen emitidos desde la copa de los árboles actúan como núcleos de condensación para la lluvia. Metafóricamente, éstos han sido llamados *Polvo de Hadas*.

También, corrientes de humedad recorren el aire situado encima del dosel, a veces por distancias considerables.

Lo mencionado influye en parámetros Bioclimáticos, como por ejemplo la biotemperatura, precipitación pluvial y disponibilidad de CO₂, determinando una respuesta en la actividad de las plantas, su respiración, e incremento de su biomasa.



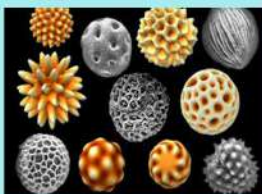
Der. y Abajo: estudios sobre la interacción bosque-atmósfera desarrollados en Brasil, demuestran que diminutas partículas de cortezas y polen son emitidos por los árboles, elevándose por encima de las copas.



Dichos materiales actúan como núcleos de condensación para la lluvia, y se desplazan en flujos definidos por encima del dosel. Estos hallazgos han sido confirmados mediante la construcción

de torres de hasta 150 metros de altura en los bosques de Manaus.

Fuente (Fotos):
Amazon Tall Tower Observatory ATTO



Arriba: Granos de polen son emitidos desde las copas de los árboles durante los períodos de floración. Han sido llamados *Polvo de Hadas* en alusión al importante rol que juegan para la condensación y activación de las lluvias.

Fuente (Foto): Univ. of Tennessee



Arriba: las torres construidas para investigación han permitido trazar los recorridos de corrientes de humedad y acarreo de lluvias que recorren áreas del bosque Amazónico

Der.: en el bosque húmedo tropical, la lluvia, y la presencia de nubes cargadas de humedad, pueden estar relacionadas a procesos que se desarrollan en la copa de los árboles.



Fuente (Gráfico):
NASA



En décadas pasadas, los bosques actuaron como sumideros de CO₂. Actualmente es lo inverso, visualizable en la línea roja vertical.

4

El hombre en resguardo del Bioclima y el ambiente

Protegiendo los ambientes de colinas en la Amazonía - Agroforestería en Selva

En el paisaje de los bosques húmedos premontanos del flanco oriental de los Andes, dos factores que determinan la destrucción del suelo y el lavaje de sus nutrientes son la intensa lluvia y la pendiente.

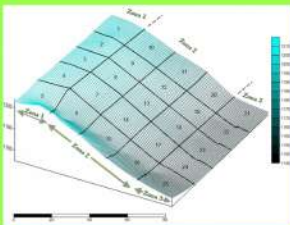
En ese escenario, la cubierta vegetal arbórea asociada a los cultivos es el gran escudo protector. No solamente neutraliza la erosión, sino que evita las avalanchas y flujos de agua cargada de turbidez.

Especies de Leguminosas como los Pacaes del género botánico *Inga* tienen, adicionalmente, la capacidad de fijar gran cantidad de Nitrógeno en el suelo, haciendo que su fertilidad perdure.

El establecimiento de estas prácticas en zonas con suelos deforestados y empobrecidos promueve también la recuperación de la biodiversidad. Programas de extensión apropiados priorizan la agroforestería en estas áreas.



Arriba: agroforestería con diseño de callejones - añade una cubierta arbórea sobre los cultivos.



Arriba: estudios evidencian que la erosión y pérdida de suelos y nutrientes se detienen con el establecimiento de agroforestería. Se muestra una evaluación detallada en un bosque Amazónico situado en pendiente.

Derecha: Café y Cacao, dos cultivos cuya calidad aumenta cuando se cultivan bajo la sombra de árboles.



Derecha: nódulos radiculares de una especie de *Inga*, los árboles de Pacae de la Amazonía peruana. Los microorganismos aliados que habitan en esos nódulos tienen la capacidad de fijar en el suelo cantidades significativas del Nitrógeno existente en el aire. Éste es un macronutriente que los cultivos toman en gran cantidad. Se trata de árboles que son abonadores naturales del suelo.



Arriba: la proliferación de fauna silvestre es uno de los beneficios de la agroforestería.

Derecha: una reunión de coordinación con agricultores para la puesta en marcha de agroforestería.



Agroforestería con especies de *Inga* en el valle de Chanchamayo, un libro que hemos producido para orientar estas prácticas en el ámbito

Operaciones extractivas resguardan el ambiente

A partir del año 2003, el Perú adoptó estándares ambientales de vanguardia para el acompañamiento de las operaciones extractivas, incluyendo las del petróleo, gas natural y minería. Herramientas operacionales y de gestión como las *Evaluaciones de línea de Base* previas al inicio de los impactos, los *Planes de Adecuación y Manejo Ambiental* para el monitoreo continuo y la adecuación de las medidas de mitigación y recuperación, así como los *Planes de Cierre* de las operaciones, constituyen estándares normados.

Un requerimiento de las operaciones está constituido también por un relacionamiento con las comunidades y grupos humanos que habitan los entornos que son intervenidos, con un componente importante de educación ambiental



Izq.: los trabajos de adecuación ambiental se inician con una evaluación de *Línea de Base*, cuyo objetivo es conocer las características de la flora, fauna y ambiente en el cual se desarrollará la operación, antes de que esta suceda. Una evaluación bien conducida permitirá precisar qué medidas de recuperación serán necesarias



para una apropiada neutralización de los impactos cuando la operación avance y finalice.

En las imágenes de la izquierda se observan medidas de la Ingeniería Ambiental como aquellas mecánico-estructurales para la estabilización de áreas en pendiente.



Arriba a la derecha, se aprecia la separación y encauzamiento de contaminantes presentes en un curso de agua.

La comunicación cercana con la población local y las labores de difusión y educación ambiental son esenciales para lograr una participación positiva de aquellos que habitan en el ámbito de influencia.



Ecoturismo y Turismo de Naturaleza

El *Ecoturismo* incluye las actividades turísticas que se desenvuelven en las zonas de amortiguamiento y entornos de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), contribuyendo al desarrollo de éstas. El *Turismo de Naturaleza* lleva la actividad turística a los ambientes naturales en general. Por su capacidad de generar ingresos contrarrestando la destrucción de los ambientes naturales, ambas actividades han sido denominadas *industrias sin chimeneas*. En el Perú, ellas pueden producir rentabilidades hasta 8 veces mayores que otras como la ganadería, asegurando un beneficio para las poblaciones locales.

Las posibilidades del país para las actividades mencionadas son enormes y distan mucho de ocupar todos los espacios con potencial actual.



Fuente (Foto): Binghamton Univ.

En las fotos adyacentes se muestran ejemplos de la infraestructura relacionada con las actividades de turismo de naturaleza; a la izquierda



hay una pasarela sobre las copas de los árboles, y albergues a la derecha.



La asombrosa belleza escénica es parte de la experiencia que se vive en algunas localizaciones, como el bosque Puyu Sacha en las montañas de Chanchamayo, visitadas por avituristas, incluyendo grupos familiares.



Der.: bellísimas flores de *Cinchona officinalis*, la Quina o Cascarilla, árbol nacional del Perú. Abajo de ellas, flores de una Solanácea, familia de la Papa, notable por su riqueza de especies en los Andes del



Perú. Aves, mariposas y otros elementos de la fauna silvestre son un componente abundante en los paisajes vivientes de toda la extensión del territorio.



Foto: PromPerú

5

Investigando la relación entre el Bioclima, la Ecología y los bosques

Alexander von Humboldt

Bioclima y Biogeografía - el observador maravilloso

Alexander von Humboldt y el médico Aimée Bonpland exploraron el Continente Suramericano documentando su Bioclima, Ecología y Biogeografía. Humboldt estaba interesado particularmente en las relaciones entre la latitud, el clima, la vegetación y la Ecología. Realizó evaluaciones detalladas de los cambios en parámetros Bioclimáticos, y la relación entre éstos y la vegetación existente, durante el ascenso a cumbres montañosas en diferentes latitudes.

Ellos ingresaron a Perú y se desplazaron desde la Costa hasta la Sierra de Cajamarca, realizando observaciones Ecológicas y colectando miles de especímenes botánicos.

Humboldt completó sus observaciones viajando a Norteamérica, y subsecuentemente a las zonas circumpolares desde Siberia, integrando todos sus conocimientos en su libro *Cosmos*, que describe la Biogeografía del mundo en su totalidad.

Alexander von Humboldt y Aimée Bonpland - arribo al Perú

- A inicios de 1802, arriban a Ecuador desde Colombia, vía Puente Rumichaca, en nor-centro Ecuador.
- De allí viajan al Sur hasta Quito, Loja y Cuenca (Cotopaxi, Chimborazo), en un recorrido de 6 meses
- Ingresan a Perú tal vez desde la costa ecuatoriana (previamente en Loja) hacia Agosto 1802.



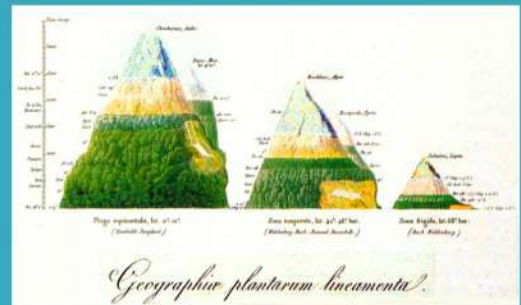
Arriba, de izq. a der.: durante sus viajes en Perú y Ecuador, Humboldt y Bonpland colectaron y describieron muchas especies de plantas nuevas para la ciencia, tales como el Camu camu, las Intimpas y la Castaña de Madre de Dios.

ITINERARIO EN PERÚ

- Lambayeque hacia el Este: Ayabaca, Huancabamba y Jaén
- Retorno a través de Hualgayoc (minas), Cajamarca y Trujillo (3 meses en total, hasta fin de Octubre)
- De allí a Lima. Retorno a Guayaquil por barco en Diciembre 1802. Su viaje prosigue luego rumbo a México.

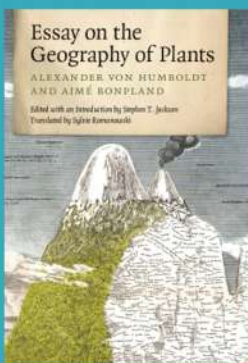


Der.: cadenas montañosas en diferentes latitudes fueron estudiadas en detalle por Humboldt, para encontrar las relaciones entre el



Bioclima, la latitud, la altitud y los tipos de vegetación existentes.

Luego de sus viajes por el trópico, documentó la Biogeografía de las regiones templadas, y emprendió un viaje final a Siberia para el estudio de los ambientes polares. Con toda la información producida, publicó su obra *Cosmos*, una Biogeografía integrativa que analiza los parámetros de todo el planeta, y cuyos criterios perduran hasta la actualidad.



Izq.: Humboldt, deseoso de investigar el Bioclima de la zona ecuatorial y su relación con la Ecología y las plantas, ascendió al volcán Chimborazo, registrando acuciosamente la altitud, su relación con los cambios en el clima y la vegetación, y colectando 3000 especímenes de plantas, muchas de ellas nuevas para la ciencia, para documentar sus hallazgos.

Arriba: *Ensayo sobre la Geografía de las Plantas*, uno de sus libros. La ilustración muestra el perfil del volcán, y con letra muy pequeña, los nombres de las especies que encontró.

Der.: frases de Humboldt (1769-1859) y Goethe (1749-1832), que exteriorizan su filosofía de la ciencia como parte de la formación completa de un ser humano, bajo una concepción holística.

- LA NATURALEZA PARA MÍ NO ABARCA SÓLO FENÓMENOS OBJETIVOS, SINO ES UN ESPEJO DEL ESPÍRITU DEL HOMBRE

Humboldt

- LO IMPORTANTE EN LA CIENCIA ES LO QUE TU FORMA DE HACER CIENCIA HACE DE TI

Goethe

Augusto Weberbauer y su mapa de la vegetación y Bioclimas del Perú (1922)

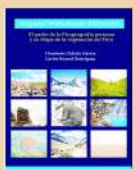
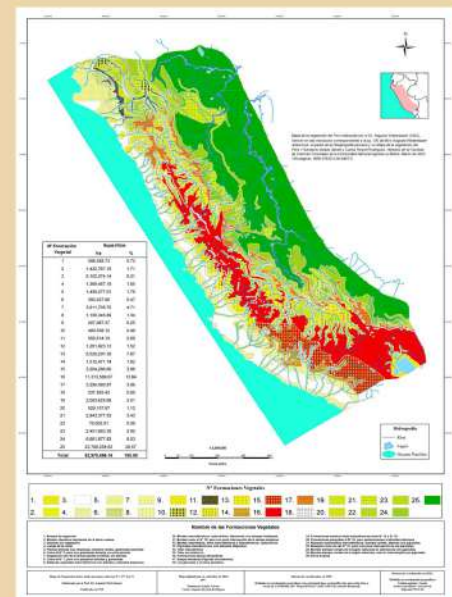
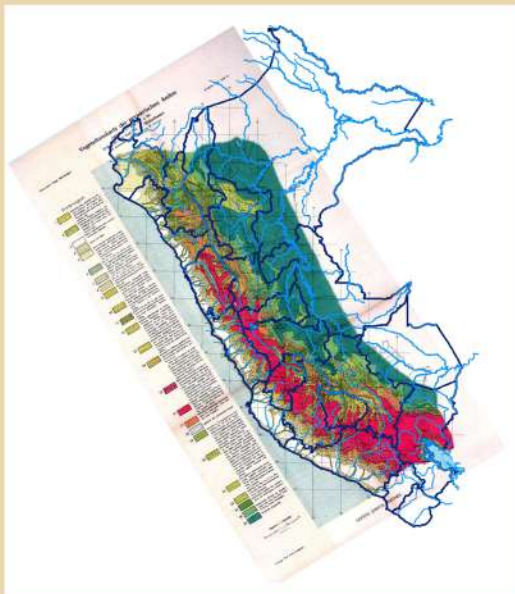
El Doctor Weberbauer arribó desde Alemania al Perú en el año 1901 enviado por su Profesor A. Engler, líder de la escuela botánica alemana y Director del Herbario de Berlín, entonces el más grande del mundo.

Afortunadamente, al momento de su arribo ya existía un mapa base de excelente calidad para el territorio peruano, el cual había sido preparado por M. Paz Soldán en 1865, priorizado por el presidente Pardo con fines limítrofes.

Weberbauer transectó el Perú desde la Costa a la Selva mediante 49 líneas, sumando 39,000 Km de recorridos en una labor hercúlea, registrando distancias, características del relieve, Bioclimas y tipos de vegetación. El mapa reconoce 6 ámbitos Bioclimáticos definidos en función de su altitud, niveles de temperatura y precipitación pluvial, y 25 formaciones vegetales.

Esta joya cartográfica ha sido digitalizada y compensada utilizando los recursos de la cartografía moderna, y se halla actualmente disponible en línea. Permite una comparación del estado de la vegetación y las líneas de nieve glaciara entre ese momento y la actualidad.

Una auténtica joya cartográfica, este mapa elaborado en 1922 por un botánico y fitogeógrafo experto, que buscó una total exactitud en su trabajo



Izq.: Libro sobre el Mapa de Weberbauer (Zelada y Reynel, 2023), en el que se recopila el trabajo asociado a esta obra, y se muestra el producto digitalizado. Está disponible en línea.

Weberbauer es también conocido por otra obra monumental, *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos* (1945), publicada con el auspicio de la Escuela Nacional de Agricultura, ahora Universidad Nacional Agraria-La Molina.

El Sistema de clasificación por Zonas de Vida 1

Conceptos básicos - la genialidad de Holdridge

Biotemperatura y Evapotranspiración

Leslie Holdridge (1907-1999), hizo estudios postgraduados de Silvicultura (Univ. Maine) y Ecología (Univ. Michigan). Su mente inquieta se planteó preguntas en el campo de la física de la luz (*), y entre otras, una pregunta ecológica fundamental: ¿qué factores determinan el paisaje viviente en un lugar dado?. Sobre lo último publicó un artículo clásico (**) desarrollando varios conceptos fundamentales en ecología, dentro de ellos los de *Biotemperatura* y *Evapotranspiración*.

Biotemperatura y precipitación pluvial



- Biotemperatura: rango de temperatura dentro del cual tiene lugar el crecimiento vegetal 0-30 oC
- Precipitación Total Anual promedio (mm)
- Piso Altitudinal, tal como mostrado en el lado izquierdo del Diagrama

El concepto de Biotemperatura explica que en periodos con T_0 por debajo de 0oC el crecimiento vegetal entra en latencia

La línea roja horizontal corresponde a la Biotemperatura en la ciudad de La Merced (aprox. 22oC)

Las líneas verdes diagonales corresponden a la Precipitación Total Anual promedio

La Precipitación en La Merced es algo más de 1000 mm, lo que la sitúa en una Zona de Vida de bosque húmedo Premontano - Tropical



El famoso diagrama o Triángulo de Holdridge sintetiza el enfoque en tres parámetros bioclimáticos medibles, la Biotemperatura y Precipitación Pluvial, que son complementados por la Latitud.

Los polígonos al interior del Triángulo corresponden a las **Zonas de Vida**.

Evapotranspiración

Suma de la evaporación desde el suelo y el agua, más la transpiración de la vegetación



- Evt potencial

- Relación de Evt potencial = $\frac{\text{Evapotranspiración Anual}}{\text{Precipitación anual}}$

Si es mayor a 1, el ambiente es seco
Si es menor a 1, el ambiente es húmedo

Un aspecto único del Sistema de Holdridge es que las Zonas de Vida son halladas en base a parámetros medibles, lo cual elimina cualquier subjetividad en la asignación de una Z. V.

Los países Andinos adoptaron el Sistema prontamente, por lo cual en la actualidad se cuenta con mapas ecológicos compatibles para toda la Región.

(*) Holdridge, L. 1987. A complete Cosmology; the cyclic Universe. NY, Vantage. 179 pp.

(**) Holdridge, L. 1947. Determination of World Plant formations from simple climatic data. Science 105(2727): 367-368.

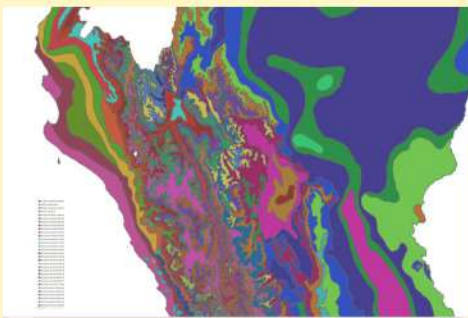
El Sistema de clasificación por Zonas de Vida 2

Un Sistema Bioclimático y Ecológico concordado para la Región Andina

Una de las ventajas notables del Sistema de Clasificación por Zonas de Vida es que la delimitación de las Zonas está basada en parámetros medibles, como la Temperatura, bajo la forma de Biotemperatura, la Precipitación Pluvial y la Latitud. De otro lado, el poder de resolución en detalle de las formaciones Ecológicas es muy grande.

Reconociendo el valor de este Sistema, los países Andinos se alinearon en la elaboración de Mapas, que han ayudado grandemente a comparar y precisar las concentraciones potenciales de alta diversidad biológica.

Hallazgos posteriores de estudiosos de la Biodiversidad, como Gentry, han confirmado la relación entre parámetros bioclimáticos y las concentraciones de diversidad vegetal, particularmente la arbórea.



Los parámetros Bioclimáticos señalados por Holdridge serían investigados en mayor detalle a partir de la década de los 1980s, confirmándose que otros adicionales, como lluvias continuadas a lo largo del año, aunados a la riqueza de algunos nutrientes en el suelo, son factores determinantes de elevados niveles de diversidad vegetal.



Arriba a la Derecha, una foto de L.R. Holdridge.



Arriba e Izq. Mapas Ecológicos de Perú y Colombia.



El establecimiento de Unidades de

Muestra en áreas megadiversas de la Amazonía de Perú y Ecuador arroja valores récord de 300 especies de árboles por hectárea. Como referencia, en Costa Rica, paíspreciado por su alta diversidad, los máxmos bordean 80 especies / ha., y los países de Europa se sitúan en rangos entre 30-60 especies en su totalidad.

84 de 117 Zonas de Vida posibles existen en nuestro país.

Arriba: algunos ejemplos del patrimonio de diversidad Biológica del Perú, representado por plantas aun no puestas en valor. De Izquierda a Derecha, un árbol de *Handroanthus*, cuya corteza posee Lapachol, compuesto con propiedades en el tratamiento de algunos tipos de cáncer; un *Hesperomeles*, manzano silvestre; una enredadera de *Rubus*, Zarzamora; una Guadua, Bambú nativo, material con excelentes propiedades de resistencia y durabilidad; flor y fruto de *Genipa*, el árbol de Huito, único por poseer pigmentos naturales decolor azul, verde y morado. Muchas especies de flora y fauna aun no descubiertas existen en áreas con alta diversidad Biológica cuya exploración debe ser una prioridad para el país.

Parcelas Permanentes en el bosque

Una metodología para evaluar los cambios que suceden en el entorno y el ambiente

Una de las metodologías más difundidas para evaluar los cambios que suceden en el bosque es el establecimiento de Parcelas Permanentes (PP). Ellas permiten estudiar el crecimiento, la mortalidad y el desplazamiento de las especies arbóreas a lo largo del tiempo. Los parámetros mencionados están relacionados con los cambios que suceden en el entorno del bosque, incluyendo las tendencias del Bioclima y sus efectos en la Ecología.

Los valores de crecimiento de la madera y los diámetros de los árboles suelen hacerse mayores cuando la temperatura y las lluvias aumentan. Lo contrario sucede cuando éstas decrecen. Las PP son remedidas cada 4 años, y permiten analizar las respuestas de especies individuales, y del bosque en su conjunto.

En la actualidad se han formado consorcios de investigación entre Instituciones y Organizaciones de todo el mundo, para el establecimiento de PP. En el caso de Sur-América, uno de los más importantes es RAINFOR, en el cual participa el Herbario de la FCF UNALM, y comparte información desde su sitio web.



Izq.: el crecimiento de la madera se hace mayor cuando la temperatura y disponibilidad de agua en el entorno son altas. Lo contrario ocurre cuando hay sequías marcadas o bajas temperaturas.



Izq.: las Parcelas Permanentes (PP) son áreas de evaluación establecidas en el bosque y monitoreadas a lo largo de los años. Parámetros como la mortalidad de los árboles, el crecimiento, el ingreso de especies de otras localizaciones, etc. son analizados e interpretados para ver su significado en términos de cambios en el Bioclima y la Ecología de una región.



Izq.: actualmente, redes de PP se han establecido en los bosques del Perú y de todo el mundo, para hacer seguimiento de los cambios en el Bioclima, los impactos de ellos en la Ecología, y las interacciones entre los bosques y la atmósfera.

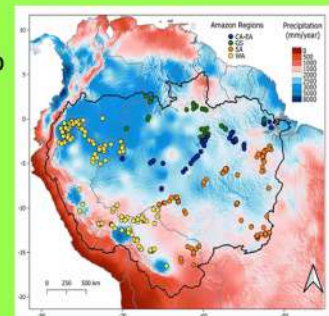
Los bosques son muy sensibles al aumento de CO₂, que puede expresarse en un mayor crecimiento de la biomasa vegetal.

Der.: en el recuadro se muestra la secuencia de establecimiento de una PP; placado de los árboles; delimitación del área de la PP; y colección de especímenes botánicos para su identificación.



Izq.: libro sobre el Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM, que describe en detalle la red de PP establecidas por iniciativas de éste, y está en línea.

Der.: la Red Rainfor de PP es un consorcio de instituciones y organizaciones cuyo objetivo es el levantamiento de PP con metodologías concordadas, para estudios a gran escala en las temáticas mencionadas



Transectos Gentry (TG)

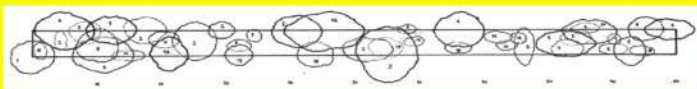
Una metodología para evaluar la Diversidad y los cambios en las comunidades vegetales y sus ambientes

El Botánico y Ecólogo Alwyn Gentry (1945-1993), quien fue Director del Proyecto *Flora of Peru* del Jardín Botánico de Missouri, trabajando en conjunción con el estadístico Rick Clinebell, diseñaron esta metodología de Transectos de muestreo de las comunidades vegetales y sus ambientes. Actualmente, es una de las más difundidas y utilizadas en los bosques del neotrópico.

Los TG permiten sondear la composición de la flora a lo largo de gradientes y relacionar los hallazgos con variables Bioclimáticas y Ecológicas. El Herbario de la FCF UNALM ha establecido cerca de un centenar de TG en gradientes altitudinales y ambientales de la Selva Central del Perú.



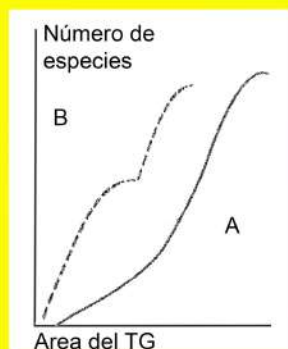
Una ventaja adicional de los TG es que documentan la vegetación de diámetros menores (sotobosque), que muchas veces incluye especies valiosas por sus productos diferentes a la madera.



Der.: las especies presentes son colectadas y se preparan especímenes para su identificación en el Herbario. Los puntos de inicio y final del Transecto se marcan perdurablemente en el terreno.

Arriba se muestra un diagrama de la disposición de las copas de los árboles.

Der.: la curva de acumulación de especies, o curva especies / área, visualiza el registro de especies conforme el área del TG se incrementa. Su punto de inflexión indica un tamaño de muestra apropiado.



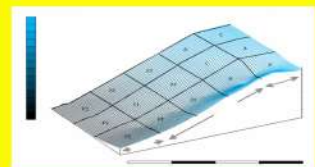
Izq.: curvas hipotéticas de acumulación de especies a lo largo de un TG.

A muestra una comunidad de especies presumiblemente homogénea; B evidencia el cambio de una comunidad a otra con un ensamblaje diferente de especies.

Der.: El Dr. Alwyn Gentry fue un estudioso apasionado de la flora y su diversidad en las Américas. También, un profesor que capacitó decenas de alumnos en Latinoamérica y Perú.



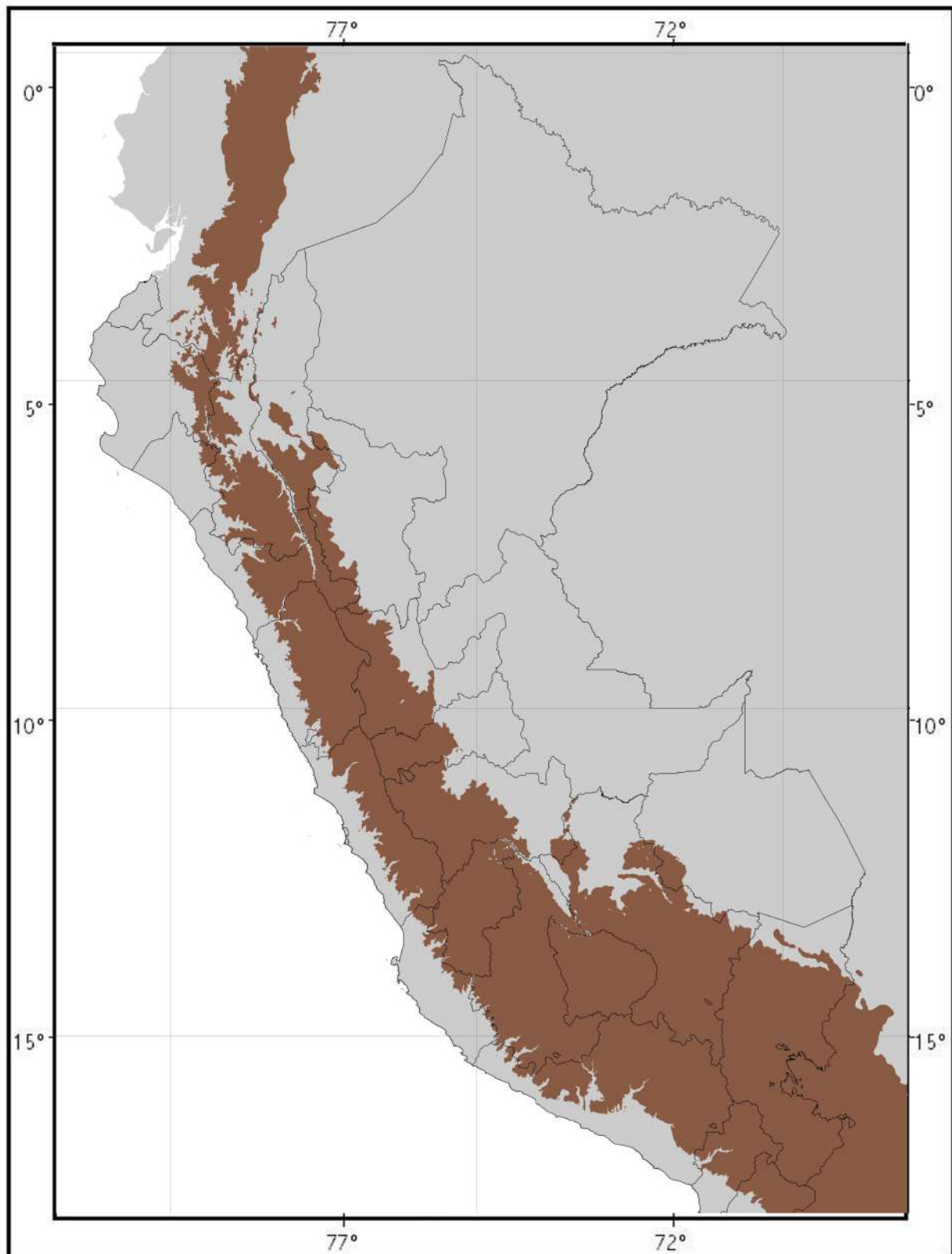
Der.: los TG son particularmente valiosos para investigar la influencia de gradientes altitudinales y Bioclimáticas en las comunidades vegetales.



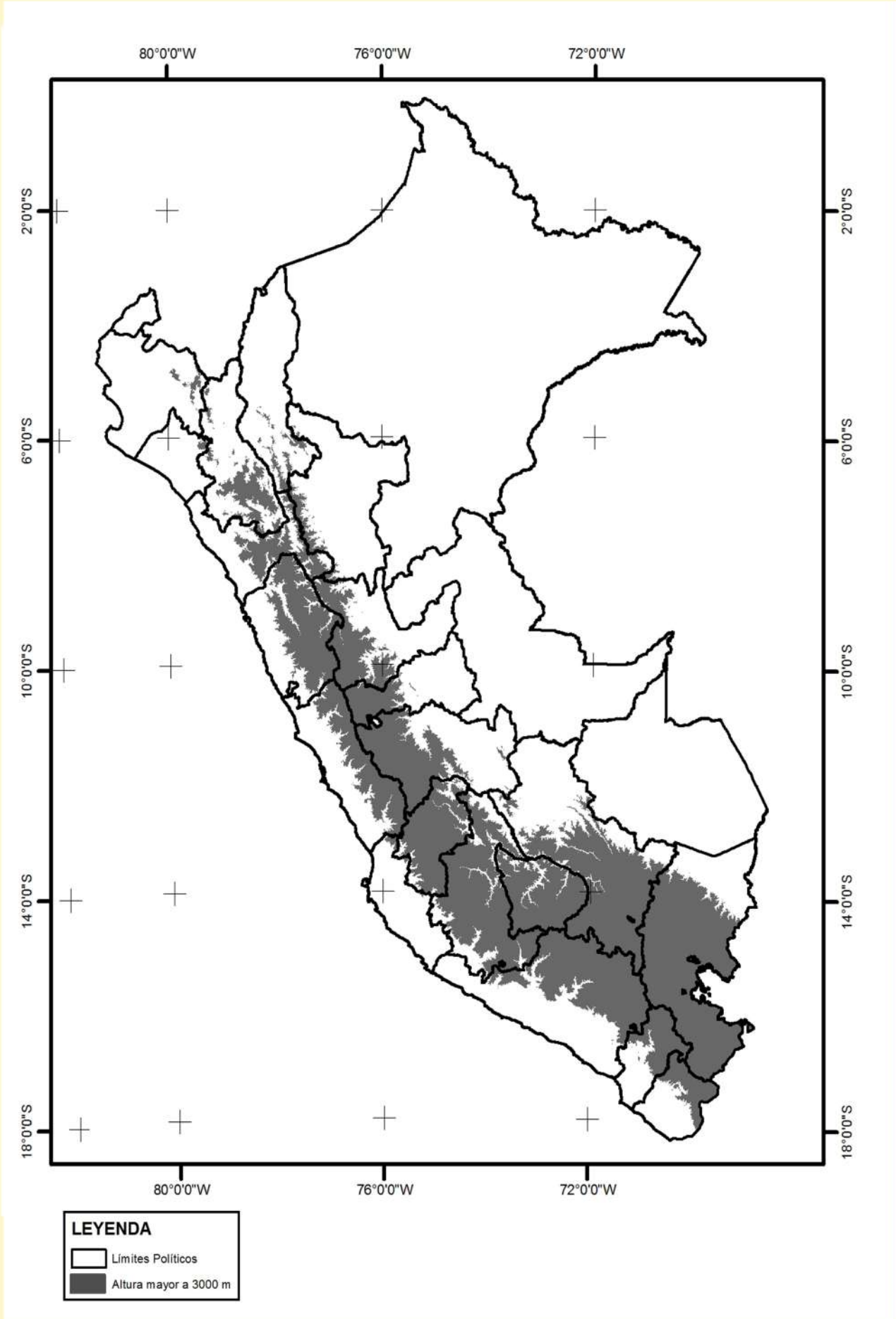
6

Mapas complementarios

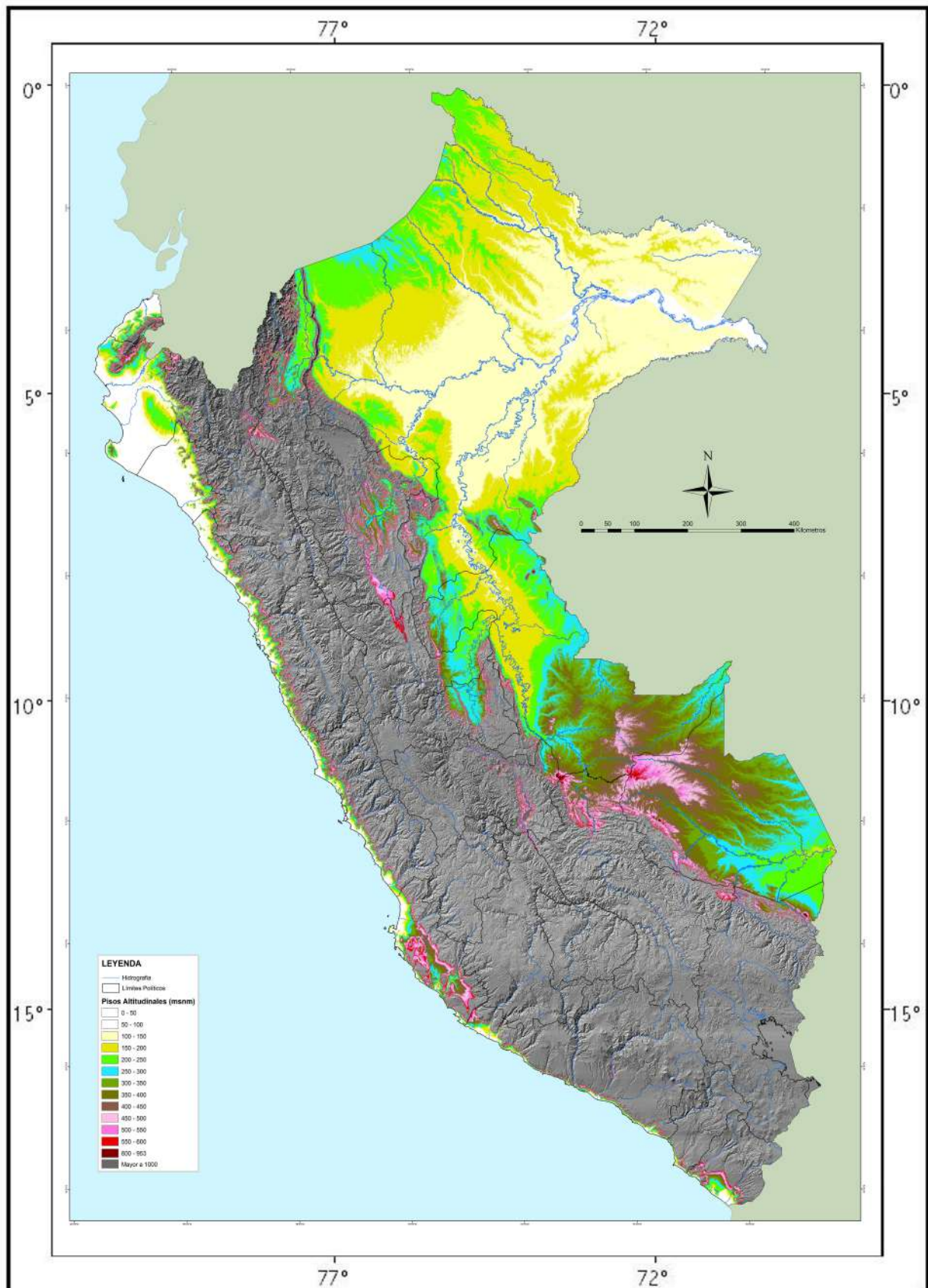
Mapa Areas encima de 1800 msnm



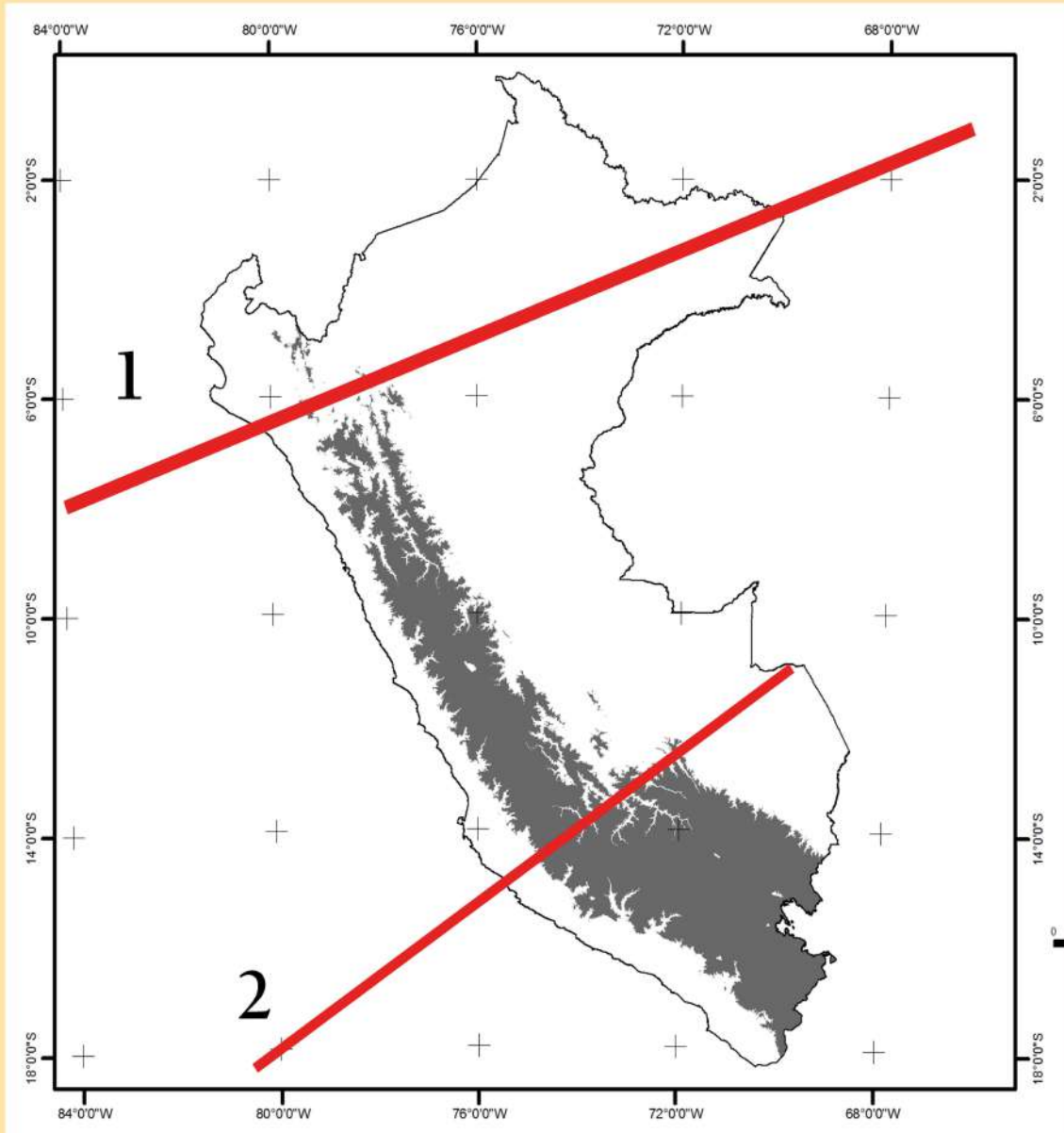
Mapa Areas por encima de 3000 msnm



Mapa 3. . Relieve cada 50 m, para áreas bajo 600 msnm



Mapa Rasgos geológicos importantes, con implicancias en la ecología



- 1 Deflexión de Huancabamba
- 2 Deflexión de Abancay / Cresta de Nazca

Mapa Meses con precipitación menor a 100 mm

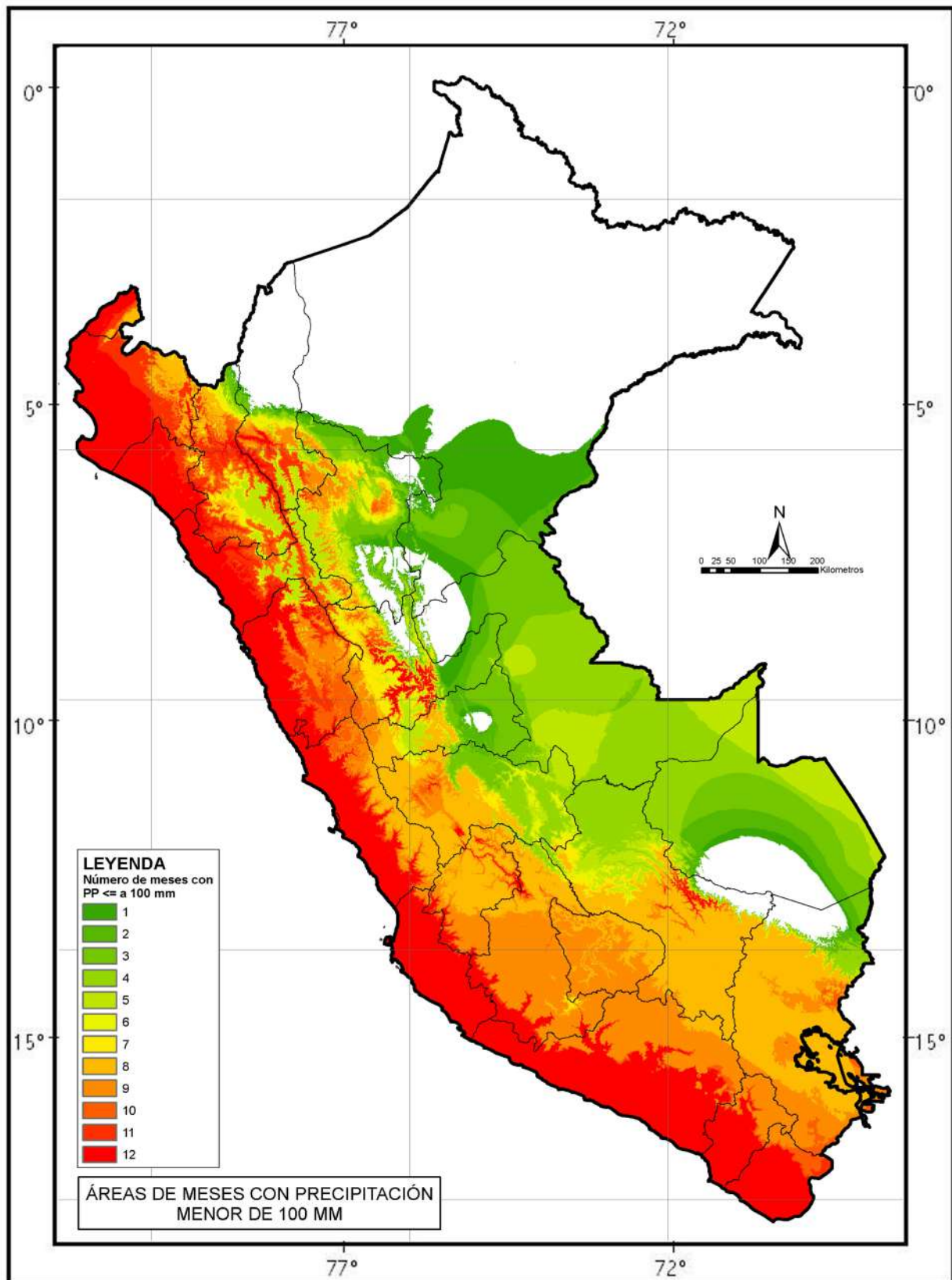


Imagen satelital mostrando el relieve desde el sur



Fuente: NASA, 2020

7

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA, Y ADICIONAL SUGERIDA POR LÁMINA

1. HECHOS Y PROCESOS FUNDAMENTALES

LA TIERRA EN EL ESPACIO

NASA. 2026. Facts about earth. EarthScience direct. National Aeronautic and Space Administration of the United States of America NASA.

CONVECCIÓN

Arroyo, A. 2007. Agua en la atmósfera. Rev. Ciencias, Univ. Nac. Autónoma de México / Acad. Mexicana de Ciencias 58(3), sep. 2007.

Hendon, M. 2019. El papel de la convección atmosférica en el Calentamiento Climático Global. J. of Geography, Environmental and Earth Sci. Intl. 19(4): 1-8, art. JGEESI 47650.

CICLOS CLIMÁTICOS DE MILÁNKOVITCH

Martínez, M., Lorenzo, E. y A. Alvarez. 2017. Los Ciclos Climáticos de Milánkovitch, aplicaciones en cicloestratigrafía y el estudio de sistemas petroleros. Rev. Científica y Tecnológica UPSE (Ecuador) 4(3): 56-65.

Milankovitch M. 1920. Théorie Mathématique de phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. Gauthiers-Volars, Paris.

EL PALEOCLIMA Y EVENTOS DEL PASADO HAN DETERMINADO LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AMBIENTES ECOLÓGICOS

Andriolli, M., Roddaz, M., Ventura, R., Antoine, P., Marivaux, L., Stutz, N., Dantas, E., Jaramillo, C. et al. 2023. New stratigraphic and palaeoenvironmental constraints on the Paleogene palaeogeography of Western Amazonia. J. South American Earth Sci. 124, Apr. 2023, 104256.

Antoine, P., Salas-Gismondini, R., Baby, P., Benammi, M., Brusset, S., De Franceschi, D., Espurt, N., Golliot, C., Pujos, F., Tejada, J. y Urbina, M. 2007. The middle Miocene (Laventan) Fitzcarrald fauna, Amazonian Peru. En Díaz-Martínez, E. y Rábano, I. (Eds.): 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America. Cuadernos del Museo Geominero No 8. Instituto Geológico y Minero de España.

Bloom, D. y Lovejoy, N. 2011. The Biogeography of Marine incursions in South America. Pp. 137-144 En Albert, J. y Reis, R. (Eds.): Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. University of California Press, Berkeley, California.

Burnham, R. y Johnson, K. 2004. South American palaeobotany and the origins of Neotropical rainforests. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B Biological Sciences 359: 1595-1610

Cárdenas, M., Gosling, W., Sherlock, S., Poole, I., Pennington, R. y Mothes, P. 2011. The Response of Vegetation on the Andean Flank in Western Amazonia to Pleistocene Climate Change. *Science* 331: 1055-1058.

Head, J., Bloch, J., Hastings, A., Bourque, J., Cadena, E., Herrera, F., Polly, D. y Jaramillo, C. 2009. Giant Boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures. *Nature* 457(7230):715-717.

Pérez, O., Zizka, A., Bermúdez, M., Meseguer, A., Condamine, F, Hoorn, C., Hooghiemstra, H., Pu, Y., Bogarín, D., Boschman, L., Pennington, R.T., Antonelli, A., y G. Chomicki. 2022. The Andes through time: evolution and distribution of Andean floras. *Trends in Pl. Sci.* 27(4): 365-378. Apr. 2022.

VACÍOS DE CONOCIMIENTO SOBRE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Honorio, E., y Reynel, C. 2003. Vacíos en la colección de la flora de los bosques húmedos del Perú. Universidad Nacional Agraria-La Molina, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales. Lima. 87 pp.

Joppa, L., Roberts, L., Myers, N. y Pimpe, S. 2010. Biodiversity hotspots house most undiscovered plant species. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.* 32 (108): 13171-13176.

Nelson, B. 1990. Endemism centers, refugia and botanical collection density in Brazilian Amazonia. *Nature* 345: 714-716.

2. PROCESOS GLOBALES

CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Aber, J., Neilson, R., McNulty, S., Lenihan, J., Bachelet, D. y Draper, R. 2001. Forest processes and Global Environmental change: predicting the effects of individual and multiple stressors. *BioScience* 51: 735-751.

Farrera, I., Harrison, S., Prentice, I., Ramstein, G., Guiot, J., Bartlein, P., Bonnefille, R., Bush, M., Cramer, W., Von Grafenstein, U., Holmgreen, K., Hooghiemstra, H., Hope, G., Jolly, D., Lauritzen, S., Ono, Y., Pinot, S., Stute, M. y Yu, G. 1999. Tropical climates at the Last Glacial Maximum: a new synthesis of terrestrial palaeoclimate data. *Climate Dynamics* 15: 823-856.

EL NIÑO - OSCILACIÓN DEL SUR (ENSO), FASE CÁLIDA

Dillon, M., Nakazawa, M. y Leyva, S. 2003. El Niño in Peru: Biology and Culture over 10,000 years. *Fieldiana Botany, New Series* 43: 1-9.

INFLUENCIA DEL OCÉANO

Dillon, M., Nakazawa, M. y Leyva, S. 2003. El Niño in Peru: Biology and Culture over 10,000 years. *Fieldiana Botany, New Series* 43: 1-9.

Simpson, B. 1975. Glacial climates in the eastern tropical South Pacific. *Nature* 253: 34-36.

ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL (ZCIT O ITCZ)

Intertropical Convergence Zone. Pp. 121-131 En Waliser, D. y YJiang, X. (Eds.), *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, 2nd. Ed. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00417-5>

BIOCLIMA E INTERACCIONES PLANTA- ANIMAL

Barth, F. 1985. *Insects and flowers, the biology of a partnership*. Princeton University Press, New Jersey. 297 pp.

Bertin, R. 1989. *Pollination Biology*. Pp. 23-83 En Abrahamson, W. (Ed.): *Plant-Animal interactions*. McGraw-Hill, USA.

Fenster, C., Armbruster, W., Wilson, P., Dudash, M. y Thomson, J. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology and Systematics* 35: 375-403.

Kursar, T., Dexter, K., Lokvama, J., Pennington, T., Richardson, J., Weber, M., Murakamia, E., Draked, C., McGregor, R. y Coley, P. 2009. The evolution of antiherbivore defenses and their contribution to species coexistence in the Tropical tree genus *Inga*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 106(43): 18073-18078.

Molbo, D., Machado, C., Sevenster, J., Keller, L. y Herre, E. 2003. Cryptic species of fig-pollinating wasps: Implications for the evolution of the fig-wasp mutualism, sex allocation, and precision of adaptation. *100*: 5867-5872.

Murcia, C. 2003. *Ecología de la Polinización*. Pp. 493-530 En Guariguata, M. y Kattan, G. (Compiladores): *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales*. Libro Universitario Regional, Costa Rica.

ZOONOSIS

Conn, J. y Mirabello, L. 2007. The biogeography and population genetics of Neotropical vector species. *Heredity* 99:245-256.

Marcili, A., Lima, L., Valente, V., Valente, S., Batista, J., Junqueira, A., Souza, A., Da Rosa, J., Campaner, M., Lewis, M., Llewellyn, M., Miles, M. y Texeira, M. 2009. Comparative Phylogeography of *Tripanosoma cruzi* TCIIC: new hosts, association with terrestrial ecotopes, and spatial clustering. *Infection, Genetics and Evolution* doi 10.1016/j.meegid.2009.07.003.

3. INFLUENCIA DEL RELIEVE, LA HIDROGRAFÍA Y LA CORRIENTE DE HUMBOLDT ANDES, UNA CORDILLERA QUE MODIFICA LA ECOLOGÍA DE TODO UN CONTINENTE

Antonelli, A., Nylander, J., Persson, C. y Sanmartin, I. 2009. Tracing the impact of the Andean uplift on Neotropical plant evolution. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.* 24(106): 9749-9754.

Berry, E. 1929b. An Eocene tropical forest in the peruvian desert. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.* 14: 345-346.

- Cordani, U., Sato, K., Teixeira, W., Tassinari, C. y Basei, M. 2000. Crustal evolution of the South American platform. Pp. 19-24 En Cordani, U., Milani, E., Thomaz Filho, A. y Campos, D. (Eds.): Tectonic Evolution of South America. Proceedings of 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil.
- Garzzone, C., Hoke, G., Libarkin, J., Withers, S., MacFadden, B. Eiler, J., Ghosh, P. y Mulch, A. 2008. Rise of the Andes. *Science* 320: 1304-1307.
- Gentry, A. 1982. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, Pleistocene climatic fluctuations or an accident in the Andean orogeny? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 557-593.
- Gonzales, L., y Pfiffner, O. 2012. Morphologic evolution of the Central Andes of Peru. *International Journal of Earth Sciences* 101: 307-321.
- Graham, J. 2006b. The Andes: a Geological overview from a Biological perspective. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 93: 371-385.
- Gregory-Wodzicki, K. 2000. Uplift history of the Northern and Central Andes: a review. *Geographical Society of America Bulletin* 112(7): 1091-1105.
- Kennan, L. 2000. Large-scale Geomorphology in the Central Andes: interrelationships of tectonics, magmatism and climate. Pp. 167-199 En Summerfield, M. (Ed.): Geomorphology and global tectonics. J. Wiley, England.
- Petit, R., Aguinagalde, I., De Beaulieu, J., Bittkau, C., Brewer, S. y Cheddadi, R. 2003. Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity. *Science* 300: 1563-1565.
- Woodcock, D., Meyer, H., Dunbar, N., McIntosh, W., Pardo I. y Morales, G. 2009. Geologic and taphonomic context of El Bosque Petrificado Piedra Chamana (Cajamarca, Peru). *Geological Society of America Bulletin* 121: 1172-1178.

EL MOSAICO DE SUELOS Y EL BIOCLIMA DETERMINAN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AMBIENTES

- Fine, P., Daly, D., Villa, G., Mesones, I. y Cameron, K. 2005. The contribution of edaphic heterogeneity to the evolution and diversity of Burseraceae trees in the western Amazon. *Evolution* 59: 1464-1478.

LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DETERMINAN EL BIOCLIMA Y LA BIODIVERSIDAD

- Campbell, K., Frailey, J. y Romero, L. 2006. The Pan-Amazonian Ucayali peneplain, Late Neogene sedimentation in Amazonia, and the birth of the modern Amazon river system. *Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 239: 166-219.
- Devries, G., Zúñiga, F., Hay-Roe, H. y Alvarez, E. 2011. A Reappraisal of the Mesozoic/ Cenozoic Tectonics and Sedimentary Basins of Peru. *Search and Discovery Article* 10332.

Esput, N., Baby, P., Brusset, S., Roddaz, M., Hermoza, W., Regard, V., Antoine, P., Salas-Gismondi, R. y Bolaños, R. 2007. Influence of the Nazca ridge subduction on the modern Amazonian retro-foreland basin. *Geology* 35(6): 515-518.

Gascon, C., Malcom, J., Patton, J., Da Silva, M., Bogarti, J., Loughheed, S., Peres, C., Neckel, S. y Boag, P. 2000. Riverine barriers and the geographic distribution of Amazonian species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 97(25): 13672

Jaillard, E., Bengtson, P. y Dhondt, A. 2005. Late Cretaceous marine transgressions in Ecuador and northern Peru: a refined stratigraphic framework. *Journal of South American Earth Sciences* 19(3): 307-323.

Kennan, L. y Pindell, J. 2012. Sedimentary basins of NW Peru and SW Ecuador: the Caribbean connection, and why it matters. 2 pp. Accesible en www.tectonicanalysis.com.

Le Roux, J., Tavares, C. y Alayza, F. 2000. Sedimentology of the Rímac-Chillón alluvial fan at Lima, Peru, as related to Plio-Pleistocene sea level changes, glacial cycles and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 13(6): 499-510.

Mora, A., Baby, P., Roddaz, M., Parra, M., Brusset, S., Hermoza, W. y Espurt, N. 2010. Tectonic history of the Andes and sub-Andean zones: implications for the development of
Jaillard, E., Bengtson, P. y Dhondt, A. 2005. Late Cretaceous marine transgressions in Ecuador and northern Peru: a refined stratigraphic framework. *Journal of South American Earth Sciences* 19(3): 307-323.

Kennan, L. y Pindell, J. 2012. Sedimentary basins of NW Peru and SW Ecuador: the Caribbean connection, and why it matters. 2 pp. Accesible en www.tectonicanalysis.com.

Le Roux, J., Tavares, C. y Alayza, F. 2000. Sedimentology of the Rímac-Chillón alluvial fan at Lima, Peru, as related to Plio-Pleistocene sea level changes, glacial cycles and tectonics. *Journal of South American Earth Sciences* 13(6): 499-510.

Mora, A., Baby, P., Roddaz, M., Parra, M., Brusset, S., Hermoza, W. y Espurt, N. 2010. Tectonic history of the Andes and sub-Andean zones: implications for the development of the Amazon drainage basin. Pp. 38-60 En Hoom, C. y Wesselingh, P. (Eds.): *Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past*. Wiley-Blackwell Publishing, Reino Unido.

Weigend, M. 2002. Observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba zone in Northern Peru. Pp. 38-54 En: Young, K., Ulloa, C., Luteyn, J. y Knapp, S. *Plant Evolution and Endemism in Andean South America*. *Botanical Review* 68(1): 38-54.

Wise, J. y Noble, D. 2008. Late Pliocene inception of external drainage and erosion of intermontane basins in the highlands of Central Peru. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 21(1-2): 73-91.

Young, K. y Reynel, C. 1997. Huancabamba Region, Peru and Ecuador. Pp 465-469 En Davis, S., Heywood, V., Herrera-Macbride, O., Villa-Lobos, J. y Hamilton, A. (Eds.): *Centers*

of Plant diversity: a guide and strategy for their conservation, 3: North America, Middle America, South America, Caribbean Islands. IUCN, Cambridge, England.

PROCESOS ADIABÁTICOS Y SU INFLUENCIA EN LA ECOLOGÍA DEL BOSQUE MONTANO NUBLADO (BMN)

Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. Pp. 103-126 En Churchill, S., Balslev, H., Forero, E. y Luteyn, J. (Eds.): Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. Missouri Botanical Garden, St. Louis

Pennington, R., Hollingsworth, M., Ponge, A. y Zamora, N. 2003. Tropical mountains and plant evolution: the influence of the Andes on *Dussia*. Abstract 38 En Association for Tropical Biology and Conservation, Annual Meeting Abstracts for talks.

EL TRASVASE DE HUMEDAD A LOS BMN EN DIFERENTES CANTIDADES CREA UNA INFINIDAD DE AMBIENTES ECOLÓGICOS

Anton, D. y Reynel, C. (Eds.) 2004. Relictos de Bosques de excepcional diversidad en los Andes centrales del Perú. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria - La Molina / Asociación Peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible APRODES, Lima. 323 pp.

Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. Pp. 103-126 En Churchill, S., Balslev, H., Forero, E. y Luteyn, J. (Eds.): Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. Missouri Botanical Garden, St. Louis

Groot, M., Bogotá, R., Lourens, L., Hooghiemstra, H., Vriend, M., Berrio, J., Tuenter, E., Van der Plicht, J., Van Geel, B., Ziegler, M., Weber, S., Betancourt, A., Contreras, L., Gaviria, S., Giraldo, C., González, N., Jansen, J., Konert, M., Ortega, D., Rangel, O., Sarmiento, G., Vandenberghe, J., Van der Hammen, T., Van der Linden, M. y Westerhoff, W. 2011. Ultra-high resolution pollen record from the northern Andes reveals rapid shifts in montane climates within the last two glacial cycles. *Climate of the Past* 7: 299-316.

Hartley, A. 2003. Andean uplift and climate change. *Journal of the Geological Society*, London 160: 7-10.

Pennington, R., Hollingsworth, M., Ponge, A. y Zamora, N. 2003. Tropical mountains and plant evolution: the influence of the Andes on *Dussia*. Abstract 38 En Association for Tropical Biology and Conservation, Annual Meeting Abstracts for talks.

Van der Hammen, T., y Hooghiemstra, H., 2001. Historia y paleoecología de los bosques montanos Andinos Neotropicales. Pp. 63-84 En Kapelle, M. y Brown, D. (Eds.): Bosques nublados del Neotrópico. Editorial INBIO, Costa Rica.

Van der Werff, H. y Consiglio, T. 2004. Distribution and conservation significance of endemic species of flowering plants in Peru. *Biodiversity and conservation* 13: 1699-1713.

BOSQUES SECOS, SU DIFERENTE NATURALEZA Y CONTENIDO BIOLÓGICO

Bridgewater, S., Pennington, T., Reynel, C., Daza, A. y Pennington, T. 2003. A preliminary floristic and phytogeographic analysis of the woody flora of seasonally dry forests in northern Peru. *Candollea* 58: 129-148.

Lavin, M. 2006. Floristic and geographical stability of discontinuous Seasonally Dry Tropical forests explains patterns of plant phylogeny and endemism. Pp. 433-448 En Pennington R., Lewis, G. y Ratter, J. (Eds.): *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography and Conservation*. CRC Press, Florida, USA.

Linares-Palomino, R., Oliveira-Filho, A. y Pennington, R. 2011. Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism and biogeography of woody plants. Pp. 3-21. En Dirzo, R., Mooney, H., Ceballos, G. y Young, H. (Eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests: Biology and conservation*. Island Press, Washington.

Linares-Palomino, R. y Ponce, S. 2005. Tree community patterns in seasonally dry tropical forests in Cerros de Amotape Cordillera, Tumbes, Peru. *Forest Ecology and Management* 209: 261-272.

Linares-Palomino, R. 2004b. Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos: I. Fitogeografía y composición florística. *Arnaldoa* 11(1): 85-102.

Linares-Palomino, R. 2004a. Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos: I. El concepto de los Bosques secos en el Perú. *Arnaldoa* 11(1): 103-138.

Palacios, S. y Reynel, C. 2011. Una formación vegetal subxerófila en el valle de Chanchamayo, Dp. de Junín. Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina. 72 pp.

Pennington, R., Lewis, G. y Ratter, J. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical savannas and seasonally dry forests. Pp. 1–29 En Pennington, R., Lewis, G. y Ratter, J. (Eds.): *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography and conservation*. The Systematics Association Special Volume, Series 69. Boca Raton: CRC Press.

Särkinen, T., Pennington, R., Lavin, M., Simon, M. y Hughes, C. 2011. Evolutionary islands in the Andes: persistence and isolation explain high endemism in Andean dry Tropical forests. *Journal of Biogeography* 39: 884-900.

Särkinen, T., Marcelo, J., Daza, A., Simon, M., Pennington, R., y Hughes, C. 2011. Underestimated plant species diversity in the dry-interandean valley of the rio Marañón,

northern Peru: an example from *Mimosa* (Leguminosae, Mimosoideae). *Taxon* 60(1): 139-150.

HIPERARIDEZ

Clarke, J. 2006. Antiquity of aridity in the Chilean Atacama desert. *Geomorphology* 73: 101-114.

Dillon, M. 2005. The Solanaceae of the *Lomas* formations of Coastal Peru and Chile. *Missouri Botanical Garden Monographs in Systematic Botany* 104: 131-156.

Dunai, T., López, G., y Juez-Larré, J. 2005. Oligocene- Miocene age of aridity in the Atacama desert revealed by exposure dating of erosion sensitive landforms. *Geology* 33: 321-324.

Evenstar, L., Hartley, A., Rice, C., Fin, S., Mather, A. y Chong, G. 2005. Miocene-Pliocene climate change in the Peru-Chile Desert. 6th International Symposium on Andean Geodynamics, Extended Abstracts: 258-260. Barcelona, España.

Hartley, A., Chong, G., Houston, J. y Mather, A. 2005. 150 Million years of climatic stability: evidence from the Atacama dessert, northern Chile. *Journal of the Geological Society* 162: 421-424.

Koepke, H. 1961. Synökologischestudien an der Westseite der peruanischenAnden. *Bonner GeographischeAbhandlungen* 29: 1-320.

Koepke, M. 1958. Die vogel des waldes von Zárate. *Bonn. Zool. Beitr.* 2/4: 130-193.

LOS EXTREMADAMENTE DIVERSOS BOSQUES DE LA LLANURA DE LA AMAZONÍA PERUANA

Clinebell, R., Phillips, O., Gentry, A., Stark, N. y Zuuring, H. 1995. Prediction of Neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and conservation* 4: 56-90.

Gentry, A. 1988a. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75(1): 1-34.

Gentry, A. 1988b. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 85:156-159.

Gentry, A. y Ortiz, R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonia peruana. Pp. 155-166 *En* Kalliola, R., Puhakka, M. y Danjoy, W. (Eds.): *Amazonia peruana, vegetación húmeda Tropical en el llano subandino*. PAUT y ONERN, Lima.

Jaramillo, C. 2012. Historia Geológica del Bosque Húmedo Tropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 36(138): 59-79.

Pennington, R. y Dick, C. 2010. Diversification of the Amazonian flora in relation to key ecological and environmental events: a molecular perspective. Pp. 373-385 En Hoorn, C. y Wesselingh, P. (Eds.): *Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past*. Wiley-Blackwell Publishing, Reino Unido.

Pennington, R., Richardson, J. y Lavin, M. 2006. Insights into the historical construction of species-rich biomes from dated plant phylogenies, neutral ecological theory and phylogenetic community structure. *New Phytologist* 172: 605-616.

Pitman, N., Terborgh, J., Silman, M., Núñez, P., Neill, D. y Cerón, C. 2001. Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology* 82: 2101-2117.

Ter Steege, H., Pitman, N., Sabatier, D., Castellanos, H., Van der Hout, P., Daly, D., Silveira, M., Phillips, O., Vasquez, R., Van Andel, T., Duivenvoorden, J., Adalardo, A., Ek, R., Lilwah, R., Thomas, R., Van Essen, J., Baider, C., Maas, J., Mori, S., Terborgh, J., Núñez, P., Mogollon, H. y Morawetz, H. 2003. A spatial model of tree a-diversity and tree density for the amazon. *Biodiversity and Conservation* 12: 2255-2277

Wing, S., Herrera, F., Jaramillo, C., Gomez-Navarro, C., Wilfe, P. y Labandeira, C. 2009. Late Paleocene fossils from the Cerrejón Formation, Colombia, are the earliest record of Neotropical rainforest. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 106(44): 18627-18632.

EL BIOCLIMA Y SU INFLUENCIA EN UN BOSQUE QUE SE REGENERA

Aguilar, M. y Reynel, C. 2009. Dinámica forestal y regeneración en un bosque montano nublado de la selva central del Perú (localización Puyu Sacha, valle de Chanchamayo, Dp. Junín, 2100 msnm). Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina. 167 pp.

BOSQUES PRIMARIOS, BOSQUES SECUNDARIOS Y BIOCLIMA

Buttgenbach, H., Vargas, C. y Reynel, C. 2013. Dinámica forestal en un bosque premontano del valle de Chanchamayo (Dpto. de Junín, 1200 msnm). 103 pp. Universidad Nacional Agraria La Molina, Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales. Lima, Imprenta Bellido. (accesible en línea).

De Rutte, J. y Reynel, C. 2016. Composición y diversidad arbórea en la cumbre del bosque montano nublado Puyu Sacha, Chanchamayo, Dp. de Junín, Perú. 110 pp. Con Auspicio del Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria-La Molina, el Centro de Estudios en Dendrología de la Fundación para el Desarrollo Agrario CED FDA y

la Asociación peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible APRODES. Diciembre 2016. Imprenta Bellido, Lima. (accesible en línea).

ECOSISTEMAS ALÓCTONOS

Meade, R., Dunne, T., Richey, J., Santos, U. y Salati, E. 1985. Storage and remobilization of suspended sediment in the lower Amazon river of Brazil. *Science* 228: 488-490.

Van der Werff, H. y Consiglio, T. 2004. Distribution and conservation significance of endemic species of flowering plants in Peru. *Biodiversity and conservation* 13: 1699-1713.

TEORÍA DE LAS ISLAS Y SUS IMPLICANCIAS EN ECOLOGÍA Y CONSERVACIÓN

Hughes, C., y Eastwood, R. 2006. Island radiation on a continental scale: exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 103(27): 10334-10339.

MacArthur, R. y Wilson, E. 1967. *The theory of island biogeography*. Monographs in Population Biology 1. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 204 pp.

Vuilleumier, F. 1970. Insular biogeography in continental regions. I. The northern Andes of South America. *The American Naturalist* 104: 373-388.

FRIAJES: FRENTES DE AIRE FRÍOS INGRESAN POR LA AMAZONÍA SUR DEL PERÚ

Marengo, J. 1984. Estudio Sinóptico climáticos de los Friajes (Frijens) en la Amazonía peruana. *Rev. Forestal del Perú*. 80 pp.

Quispe, N. 2006. Caracterización de eventos fríos en la Amazonía Sur del Perú. SENAHMI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 4 pp.

RÍOS QUE FLUYEN SOBRE LA COPA DE LOS ÁRBOLES, Y POLVO DE HADAS

ATTO. 2026. Amazon Tall Tower Observatory Website.

INVESTIGANDO LA RELACIÓN ENTRE EL BIOCLIMA, LA ECOLOGÍA Y LOS BOSQUES

ALEXANDER VON HUMBOLDT, BIOCLIMA Y BIOGEOGRAFÍA

Von Humboldt, A. y Bonpland, A. 1805. *Essai sur la geographie des plantes*. Levrault, Schoell & Cie., Paris.

AUGUSTO WEBERBAUER Y SU MAPA DE LA VEGETACIÓN Y BIOCLIMAS DEL PERÚ

Zelada, H. y Reynel, C. 2023a. Augusto Weberbauer Adamczyk, el padre de la Fitogeografía peruana y su mapa de la vegetación del Perú. 199 pp. (Digital). Con Auspicio del Centro de Estudios en Dendrología de la Fundación para el Desarrollo Agrario CED FDA y Asociación peruana para la Promoción del Desarrollo Sostenible APRODES. ISBN 978-612-00-8467-0

Zelada, H. & Reynel, C. 2023b. Estimando y contrastando la extensión de las formaciones vegetales microtermales del Perú de inicios del siglo XX. *Espacio y Desarrollo* 40: 87-113. DOI: 10.18800/espacioydesarrollo.2023.004

ZONAS DE VIDA

Brack, A. y Mendiola, C. 2010. *Ecología del Perú*. Editorial Bruño, Lima. 496 pp.

Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en las zonas de vida*. Centro Científico Tropical, Costa Rica. 216 pp.

INRENA. 1995. *Mapa Ecológico del Perú. Guía explicativa y Mapa (Actualización y reimpresión del mismo elaborado por ONERN, 1976)*. Instituto Nacional de Recursos Naturales, Lima. 220 pp.

INRENA. 2005. *Mapa de deforestación de la Amazonía peruana al 2000. Memoria descriptiva preparada por H. Portuguez y P. Huerta*. Instituto Nacional de Recursos Naturales y Consejo Nacional del Ambiente, Perú.

ONERN 1976. *Mapa Ecológico del Perú. Mapa y Guía explicativa*. Oficina Nacional de

PARCELAS PERMANENTES

Clinebell, R., Phillips, O., Gentry, A., Stark, N. y Zuuring, H. 1995. Prediction of Neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and conservation* 4: 56-90.

Gentry, A. 1988a. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75(1): 1-34.

Gentry, A. 1988b. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.* 85:156-159.

Gentry, A. y Ortiz, R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonia peruana. Pp. 155-166 En Kalliola, R., Puhakka, M. y Danjoy, W. (Eds.): *Amazonia peruana, vegetación húmeda Tropical en el llano subandino*. PAUT y ONERN, Lima.

Pitman, N., Terborgh, J., Silman, M., Núñez, P., Neill, D. y Cerón, C. 2001. Dominance and distribution of tree species in upper Amazonian terra firme forests. *Ecology* 82: 2101-2117.

Ter Steege, H., Pitman, N., Sabatier, D., Castellanos, H., Van der Hout, P., Daly, D., Silveira, M., Phillips, O., Vasquez, R., Van Andel, T., Duivenvoorden, J., Adalardo, A., Ek, R., Lilwah, R., Thomas, R., Van Essen, J., Baider, C., Maas, J., Mori, S., Terborgh, J., Nuñez, P., Mogollon, H. y Morawetz, H. 2003. A spatial model of tree α -diversity and tree density for the amazon. *Biodiversity and Conservation* 12: 2255-2277

Whittaker, R. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.

TRANSECTOS GENTRY

Phillips, O. y Miller, J. 2002. Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. St. Louis, Missouri. U.S.A. 319 pp.