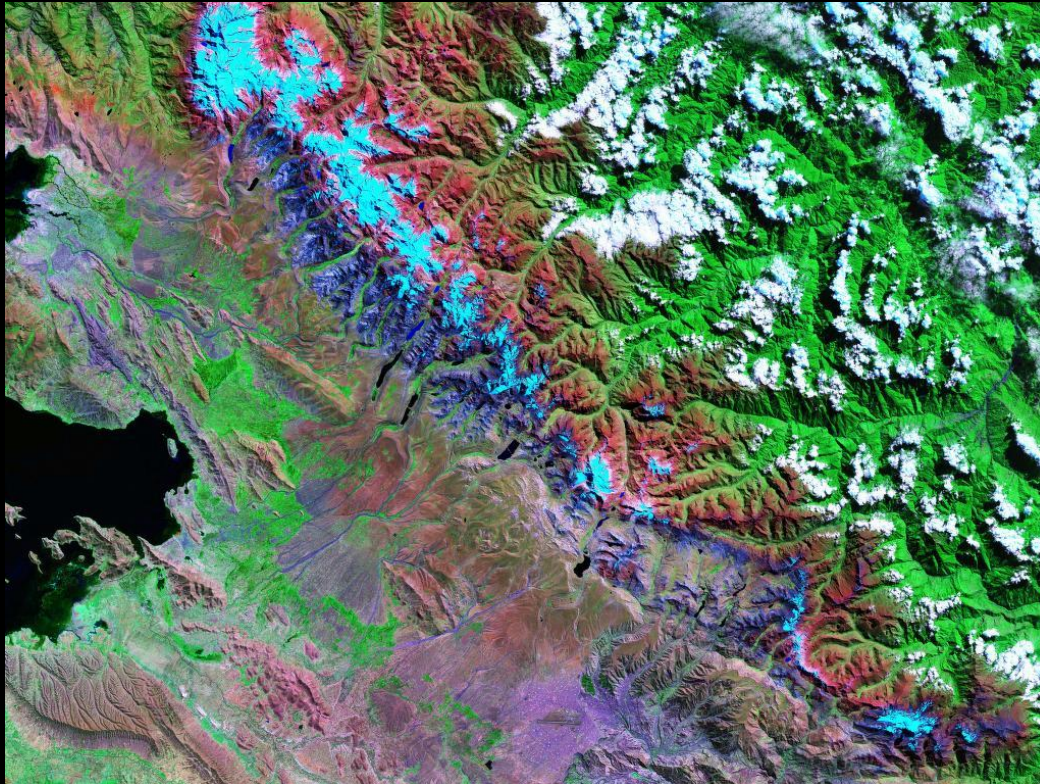


Geografía Física de Áreas de montaña

**BOLIVIA**

# LA CORDILLERA REAL DE LA PAZ



Jorge Catalá  
Marta Camarena

# 1. Cordillera de los Andes

A satellite-style image of the Andes mountain range in South America, showing the rugged terrain, snow-capped peaks, and surrounding green and brown landscapes. The range runs north-south along the western coast of South America.

## **Factores endógenos en la formación de la cordillera**

- División en dos ramales: Cordillera Occidental y Cordillera Oriental
- Ausencia de arco tectónico
- Distribución del vulcanismo y la actividad sísmica

## **Factores exógenos**

- El clima

# Factores endógenos

La Cordillera de los Andes cuenta con una compleja estructura cuya formación tuvo comienzo durante el período Jurásico cuando se inició el proceso de subducción que hoy día conforma este conjunto montañoso

Se trata de la zona de subducción más antigua del planeta, ya que a lo largo de decenas de millones de años el arco isla inicial ha ido transformándose en una estructura cada vez más compleja en la que se combina magmatismo activo que da lugar a la formación de volcanes y rocas plutónicas, con la formación de montañas asociadas a la compresión originada por el choque de la placa oceánica con la continental

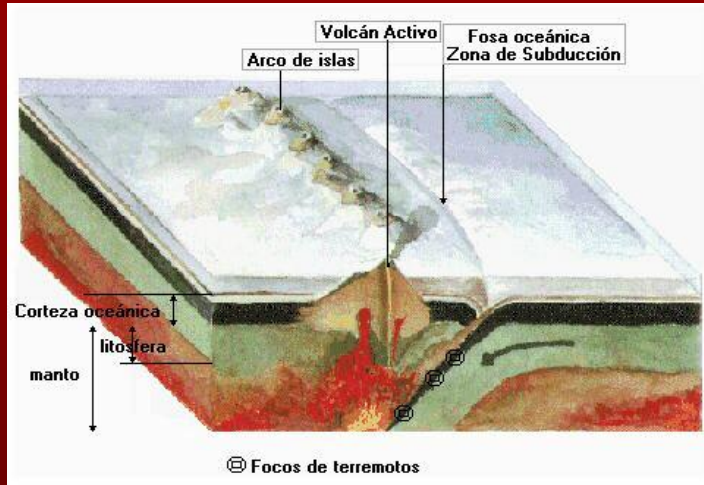
Hoy día la Cordillera es considerada como un orógeno de borde, lo que quiere decir que se trata de una gran formación montañosa asociada a un proceso de subducción muy dilatado en el tiempo que ha permitido la evolución del sistema a través de diversas etapas hasta llegar a formar una compleja estructura que continuará su evolución de manera indefinida, lo que continuará generando más estructuras montañosas de tipo volcánico, plutónico y compresivas y por tanto la formación de nueva corteza continental durante los próximos millones de años

Cerro Aconcagua (6962 m), Argentina, la mayor elevación de toda la cordillera y del continente americano

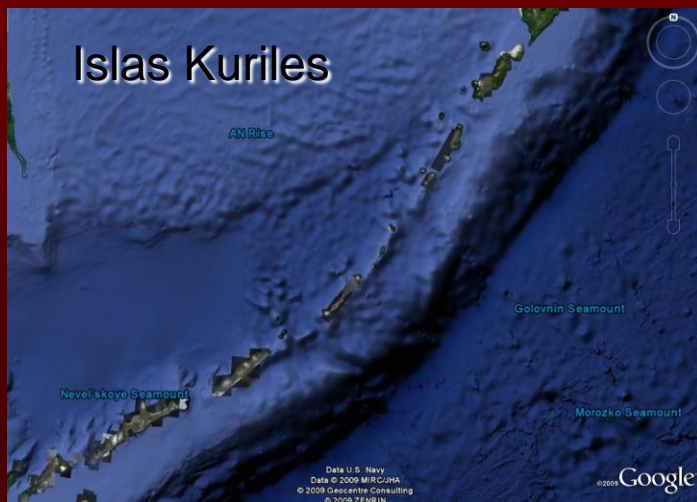
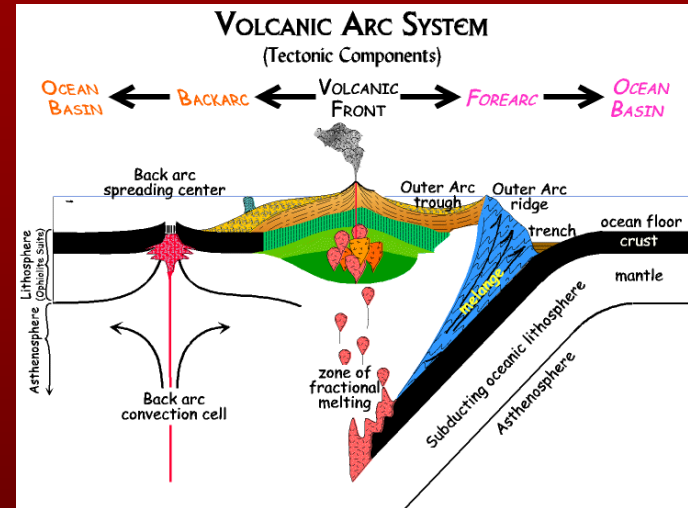


# Etapas de conformación de la cordillera

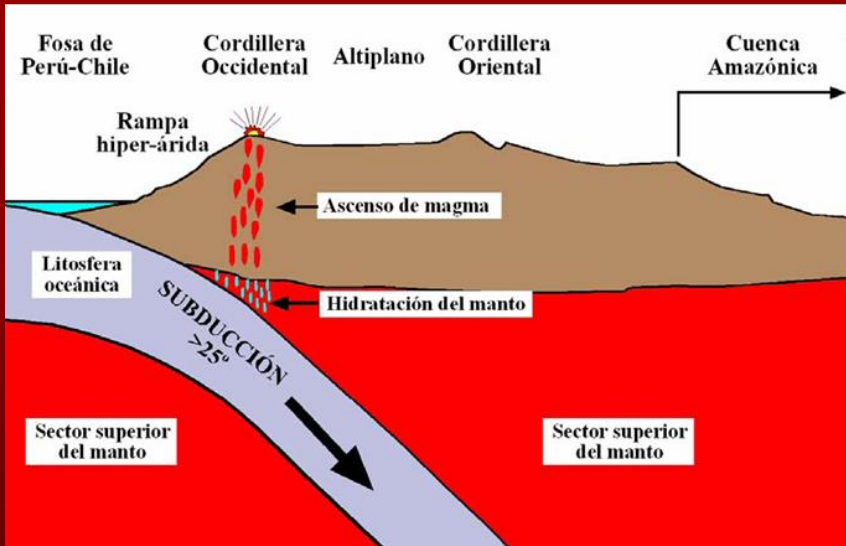
Arco isla inicial (Jurásico)



Aparición de arco tectónico

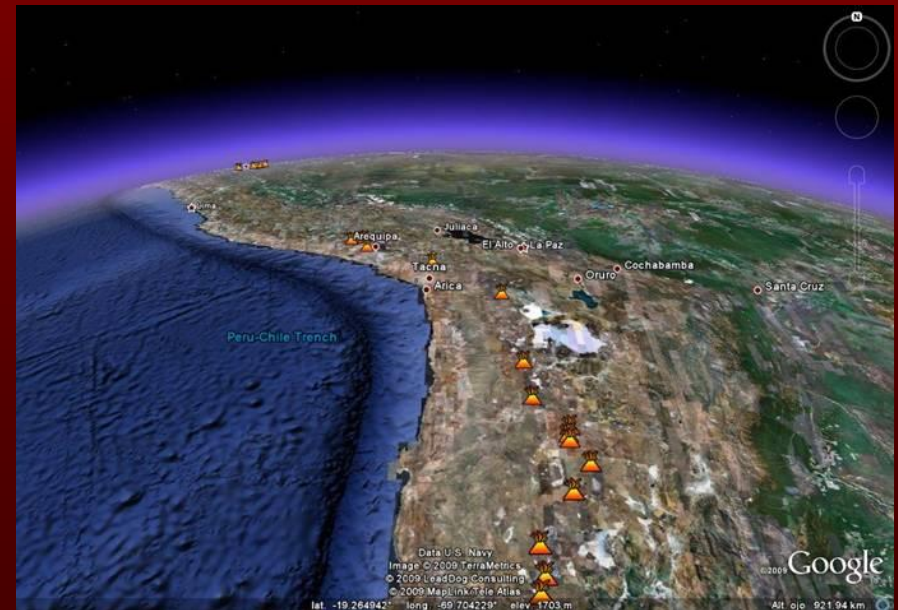


# Conformación actual de la Cordillera Andina



Esquema de la cordillera actual como orógeno de borde

Imagen de satélite donde puede apreciarse el eje de subducción y el complejo sistema Andino en su sector central



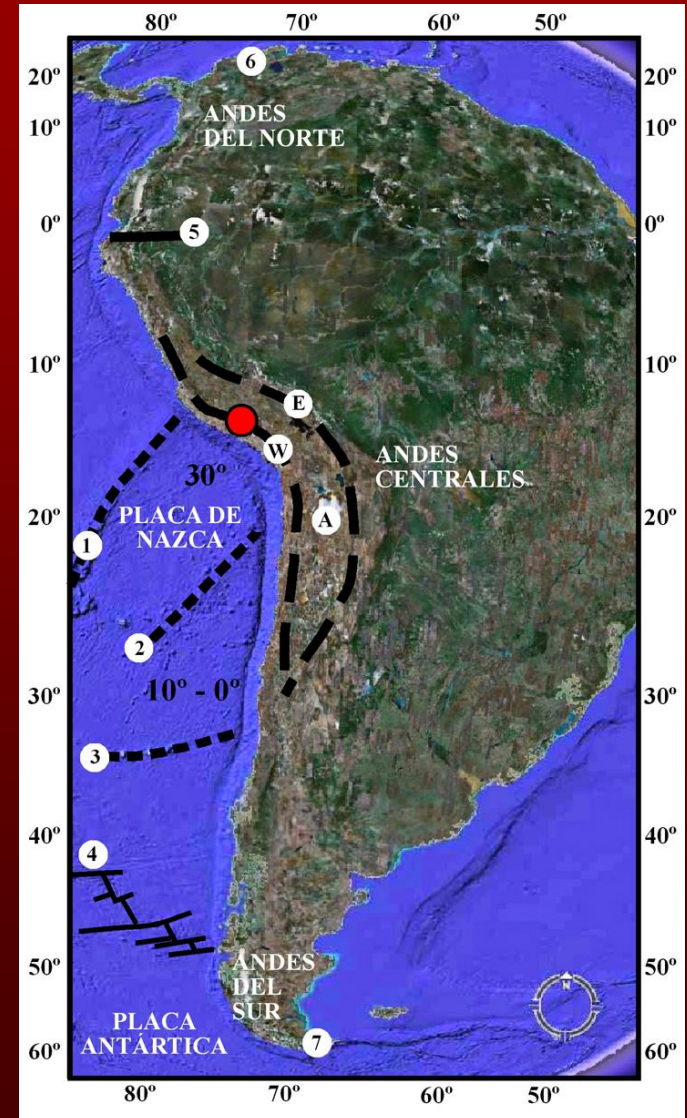
# División en dos ramales: Cordillera Occidental y cordillera Oriental

La cordillera de los Andes es la alineación montañosa más alargada del planeta, con una longitud total de más de 7500 km en disposición norte-sur que abarca desde los 11° N hasta los 56° S con una elevación media de unos 4000 m

Aunque se trata de una misma unidad, la cadena montañosa no está distribuida como una única alineación de varios miles de kilómetros, sino que se subdivide a lo largo de varios tramos en dos ramales que se separan y vuelven a unir en varias localizaciones denominadas “nudos”

En los Andes Septentrionales (Colombia y Venezuela) ya se puede apreciar esta división en dos ramales hasta su contacto con el Caribe. Más al sur la cordillera vuelve a unirse en un solo brazo

Pero es en los Andes Centrales donde cobra mayor importancia la división en dos ramales, denominados como Cordillera Occidental y Cordillera Oriental, ya que entre medias de ambas se extiende la altiplanicie más importante del planeta después de la meseta del Tíbet, en Asia



# Cordillera Occidental de los Andes

El sector Occidental de los Andes Centrales se caracteriza por la presencia de grandes elevaciones montañosas originadas por la compresión que genera la subducción de la placa de Nazca bajo la de Sudamérica. Pero además de montañas de origen tectónico existen grandes complejos volcánicos muy activos que suponen un riesgo natural para las poblaciones cercanas por la propia actividad eruptiva y procesos asociados a la fusión de hielo glaciar durante los episodios de actividad del volcán



En la imagen satélite obtenida del programa Google Earth, se puede observar la disposición de la cordillera en sentido NW-SE donde se señalan algunos de los volcanes cuya cima aparece cubierta por la nieve

# Cordillera Oriental de los Andes

El sector oriental de los Andes Centrales abarca un territorio más extenso que la Cordillera Occidental y cuenta con algunas de las elevaciones montañosas más altas del sistema andino.

El origen de este relieve está asociado a procesos tectónicos compresivos determinados por la subducción.

A diferencia del ramal occidental, la Cordillera Oriental carece por completo de actividad volcánica por encontrarse muy alejada del eje de subducción.



Entre las Cordilleras Occidental y Oriental se extiende el altiplano Boliviano, con una topografía más o menos llana pero gran altitud media (3800 m), donde hay actividad endorreica que da lugar a la formación de grandes lagos como el Titicaca.

# Ausencia de arco tectónico

En la actualidad la Cordillera de los Andes carece de un arco tectónico paralelo al eje de subducción localizado entre el arco volcánico que conforma el sector occidental de la misma y el sector oriental conformado en su mayor parte por rocas metamórficas y sedimentarias plegadas y fracturadas

Una posible explicación a este hecho podría ser el prolongado y acelerado proceso de subducción al que está sometida la cordillera, actualmente el más intenso del planeta, ya que en determinados sectores la corteza oceánica se desliza bajo la continental a razón de más de 10 cm por año, lo que conllevaría destrucción del arco tectónico original al ser también arrastrado bajo la corteza continental



# Distribución del vulcanismo y la actividad sísmica

La Cordillera Andina cuenta con una gran actividad sísmica y volcánica debido a la tectónica de subducción que tiene lugar frente a las costas pacíficas del continente americano.

La cordillera se dispone paralelamente al eje de subducción debido a la fuerza de empuje que ejerce la placa Pacífica al chocar contra la Americana.

Tanto los movimientos sísmicos, como la existencia de volcanes a lo largo de toda la cadena montañosa son fenómenos relacionados con la formación de la propia cordillera en un proceso de orógeno de borde.

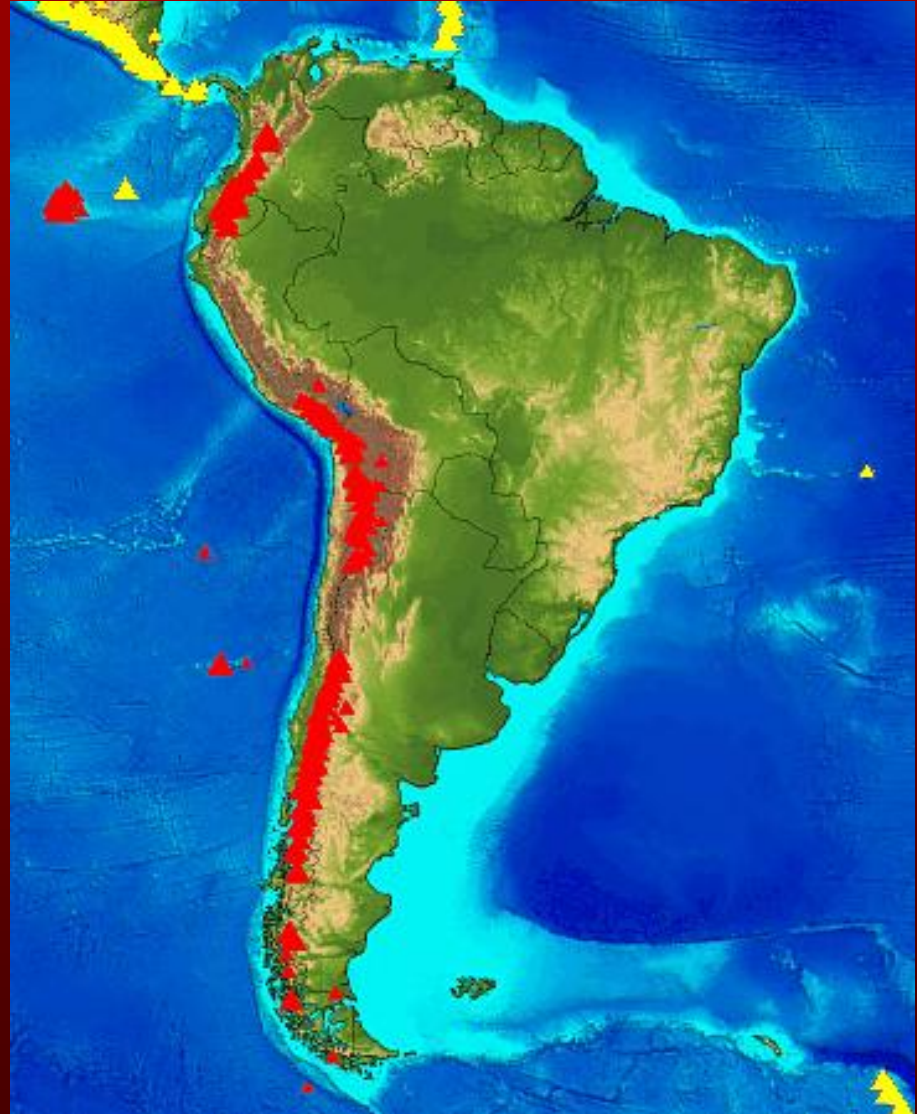
Mientras que la actividad sísmica afecta a toda la cordillera (más en su sector occidental) de manera más o menos uniforme, la actividad volcánica tiene una distribución más irregular, apareciendo amplios tramos donde la ausencia de volcanes es absoluta.

# Distribución de los volcanes

La disposición de la actividad volcánica a lo largo de la Cordillera de los Andes es irregular debido a diversos factores

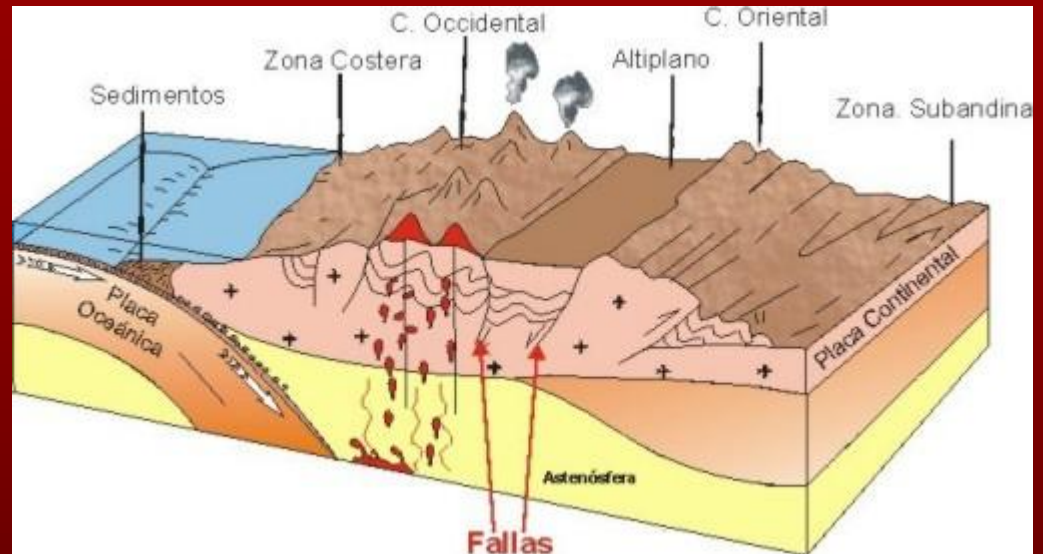
La mayor parte de los volcanes andinos aparecen en el sector Occidental de la cordillera, más cercano al eje de subducción

Encontramos grandes huecos a lo largo de la cordillera en los que no hay ningún tipo de actividad volcánica, como puede apreciarse en el mapa, debido a la menor inclinación del plano de subducción que impide la fusión del manto y por lo tanto la formación de magma



# Sectores con actividad volcánica

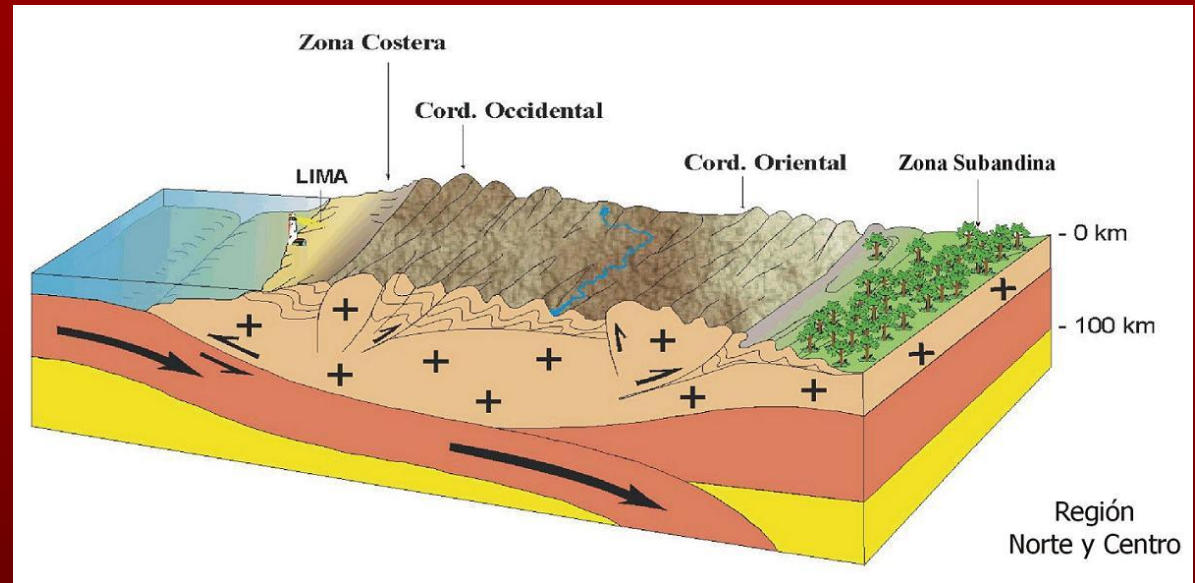
En la imagen puede observarse el modelo de subducción que se da en la mayor parte de la cordillera, en la que el ángulo con el que la corteza oceánica se hunde bajo la continental es suficientemente inclinado como para contactar con la astenósfera y permitir así su fusión y la generación de magma. Tiene lugar así la aparición de actividad volcánica y plutónica característica del ramal occidental de la cordillera



Encontramos actividad volcánica en el sector occidental de los Andes buena parte de Colombia, Ecuador, sur de Perú y Bolivia y también en franjas discontinuas a lo largo de los Andes Chilenos y sur de Argentina, en Tierra de Fuego

# Zonas con ausencia de vulcanismo

En este esquema se puede apreciar el tipo de proceso tectónico que se da en los sectores que carecen de actividad volcánica, como son las regiones norte y centro de Perú y la franja situada al norte de Santiago de Chile, donde el ángulo de subducción es tan escaso que la corteza oceánica no llega a contactar con la astenósfera y por tanto no hay actividad magmática



En estos sectores, en lugar de formaciones volcánicas y plutónicas, encontramos únicamente montañas generadas por la compresión de las rocas sedimentarias a lo largo de millones de años en los que se han generado plegamientos y cabalgamientos de gran magnitud y complejidad

# Volcanes de los Andes

La actividad volcánica de la cordillera Andina está asociada a la subducción que tiene lugar en la costa pacífica de Sudamérica

Esta región está incluida dentro del denominado Anillo de Fuego del Pacífico, que se extiende a lo largo de miles de kilómetros por las costas continentales y los arcos de islas que conforman las tierras emergidas en este océano

Se trata de la zona del planeta con mayor actividad sísmica y volcánica de todo el planeta

Los Andes cuentan con todo tipo de formaciones volcánicas asociadas a los diferentes tipos de erupciones que existen en la Tierra, pero domina la presencia de estrato-volcanes y otras formas asociadas a magmas fríos y más viscosos típicos de bordes de subducción

# Principales volcanes de los Andes

Realizando un recorrido de norte a sur a lo largo de la cordillera encontramos los siguientes volcanes considerados como activos:

En Colombia están el Nevado del Ruiz, el Tolima, el Purace, el Huila, el Doña Juana y el Galeras entre otros

En Ecuador destacan volcanes como Imbabura, Cayambe, Reventador, Guagua Pichincha, Antisana, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, sin contar con los existentes en el archipiélago de galápagos, asociados a un punto caliente

Los volcanes más destacados de Perú son el Coropuna, el Solimana, el Ampato, el Misti y el Ubinas además de otros conjuntos menos activos

En Bolivia se pueden señalar entre otros el Acotango, el Nevado Sajama, el Parinacota, el Tunupa y el Uturuncu

Entre los cientos de ejemplos que podemos encontrar en Chile debido a su gran extensión latitudinal se pueden destacar volcanes como el Llaima, el Villarrica, el San José, el Riñihue, el Puntagudo, el Nevado Ojos del Salado y el Chaitén, aunque existen muchos otros volcanes con gran actividad

# Algunos volcanes de los Andes



Nevado del Ruiz (5321 m), Colombia

# Algunos volcanes de los Andes



Chimborazo (6257 m), volcán más alto de Ecuador

# Algunos volcanes de los Andes



Nevado Coropuna (6377 m), volcán más alto de Perú

# Algunos volcanes de los Andes



Nevado Ojos del Salado (6891 m), Chile-Argentina. El volcán más alto del mundo y la segunda montaña más alta de los Andes

# Erupción del Chaitén en Chile

En mayo de 2008 entró en erupción el volcán Chaitén, localizado al sur de Chile, tras permanecer inactivo durante más de 9000 años, según geólogos chilenos. Se trata de la mayor erupción ocurrida en la tierra desde la del Monte Santa Helena en 1980



# Imagen de la nube de ceniza tomada desde el espacio

Posición del volcán





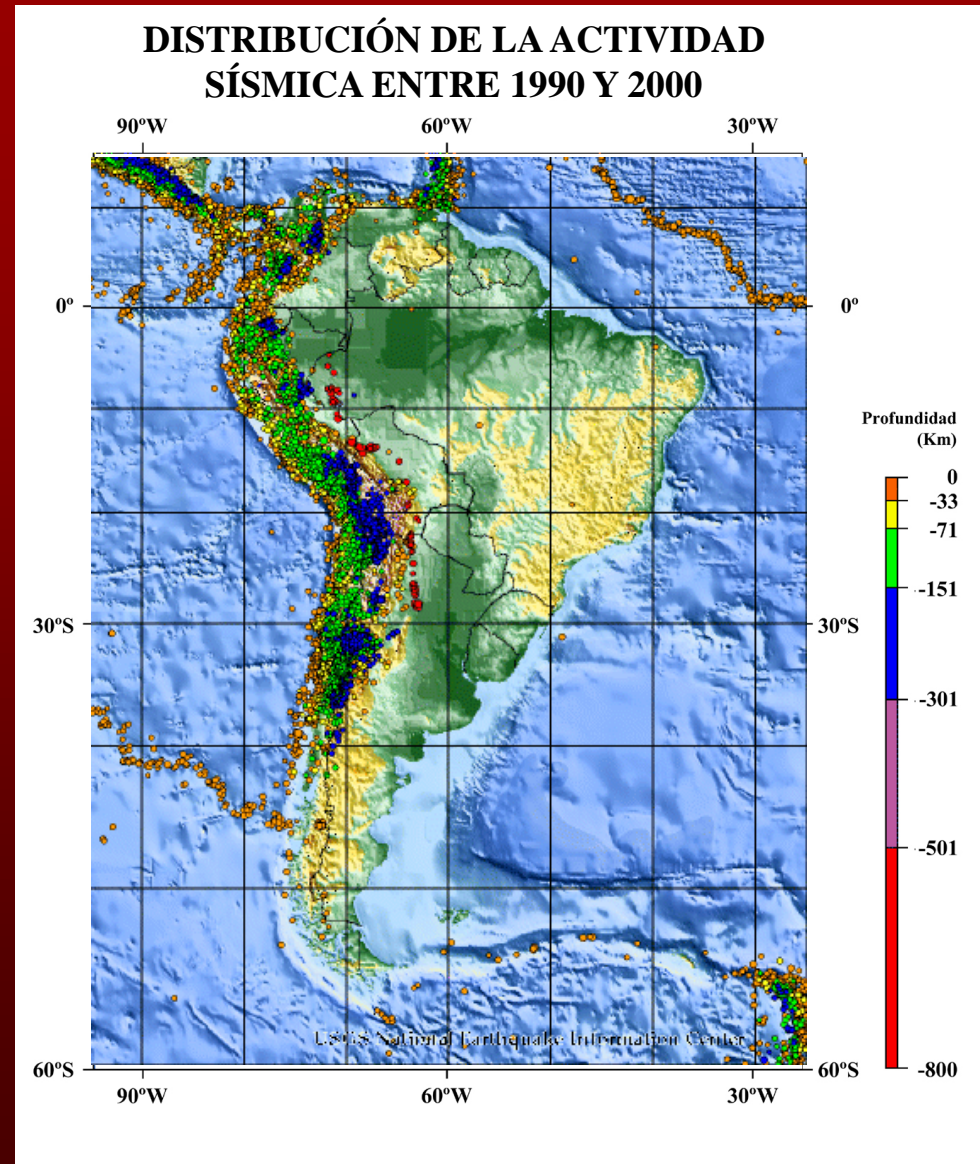
Fotografía nocturna tomada durante la erupción del volcán en la que se puede observar la reacción de las cenizas cargadas de electricidad estática al entrar en contacto con la humedad de la atmósfera

# Distribución de la actividad sísmica

A lo largo de la Cordillera de los Andes la actividad sísmica es sumamente elevada y a diferencia de los volcanes, en el caso de los terremotos, afectan de manera bastante uniforme a toda la región

No obstante, los efectos sobre la superficie de este tipo de fenómenos es más notable cuanto más cerca de la costa se produce el seísmo debido a que la profundidad del plano de subducción es más próxima a la superficie cuanto más cerca nos encontramos de la fosa tectónica que hay frente a las costas

En algunas ciudades próximas a la costa como es el caso de Guayaquil en Ecuador, Lima en Perú o Valparaíso en Chile, se pueden sentir al cabo del año entre 2 y 6 movimientos sísmicos perceptibles por la población, mientras que en ciudades localizadas en el interior tan sólo se perciben 1 ó 2 por década, como sucede en La Paz, en Bolivia, donde los terremotos son tan profundos que a pesar de darse con bastante frecuencia, las ondas llegan tan debilitadas a la superficie que apenas llegan a percibirse



# Eventos sísmicos de importancia ocurridos en Sudamérica desde 1900

Fecha y lugar	Magnitud
31 de enero de 1906, Colombia y Ecuador	8,8
24 de enero de 1939, Chillán, Chile	7,8
22 de enero de 1944, San Juan, Argentina	7,8
22 de mayo de 1960, Valdivia, Chile	9,5
31 de mayo de 1970, Perú	7,8
12 de diciembre de 1979, Colombia	7,7
3 de marzo de 1985, Santiago de Chile	7,4
5 de marzo de 1987, Ecuador	7
15 de agosto de 2007, Ica, Perú	7,9

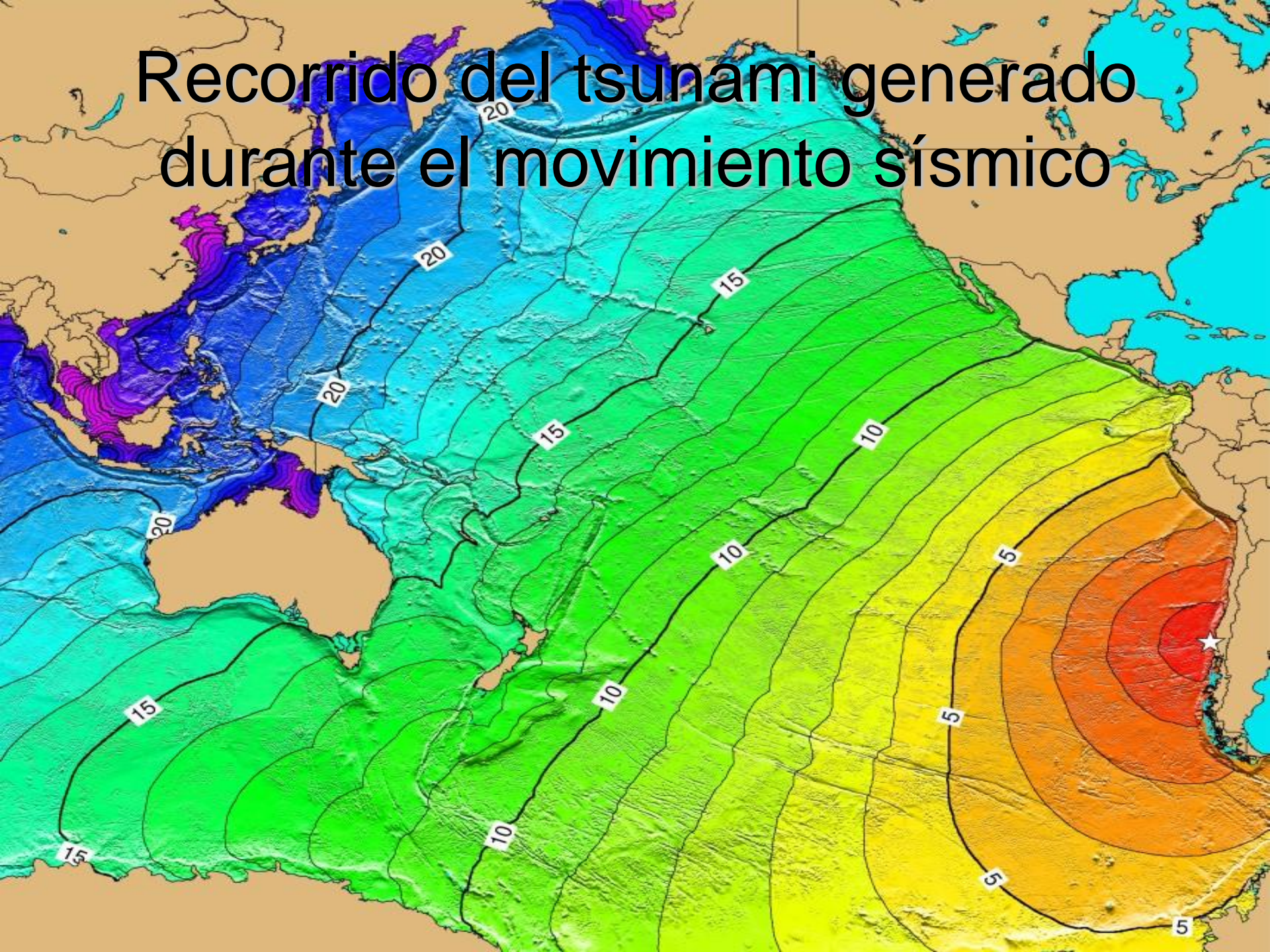
# Terremoto de Valdivia (Chile)

El 22 de mayo de 1960 la ciudad Chilena de Valdivia, localizada en la Región de Los Lagos al sur del país fue sacudida por el mayor terremoto registrado en la Historia, con una magnitud de 9,5 grados en la escala de Richter y una intensidad de XII en la escala modificada de Mercalli. El movimiento fue sentido por la población en todo el cono sur. Afectando a todo Chile, Argentina, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y sur de Brasil.



La imagen muestra el efecto que tuvo sobre el relieve el movimiento sísmico, provocando un descenso de la altitud de la ciudad sobre el nivel del mar de 2 metros, lo que ocasionó que parte de la misma quedase sumergida bajo las aguas del río Valdivia

# Recorrido del tsunami generado durante el movimiento sísmico

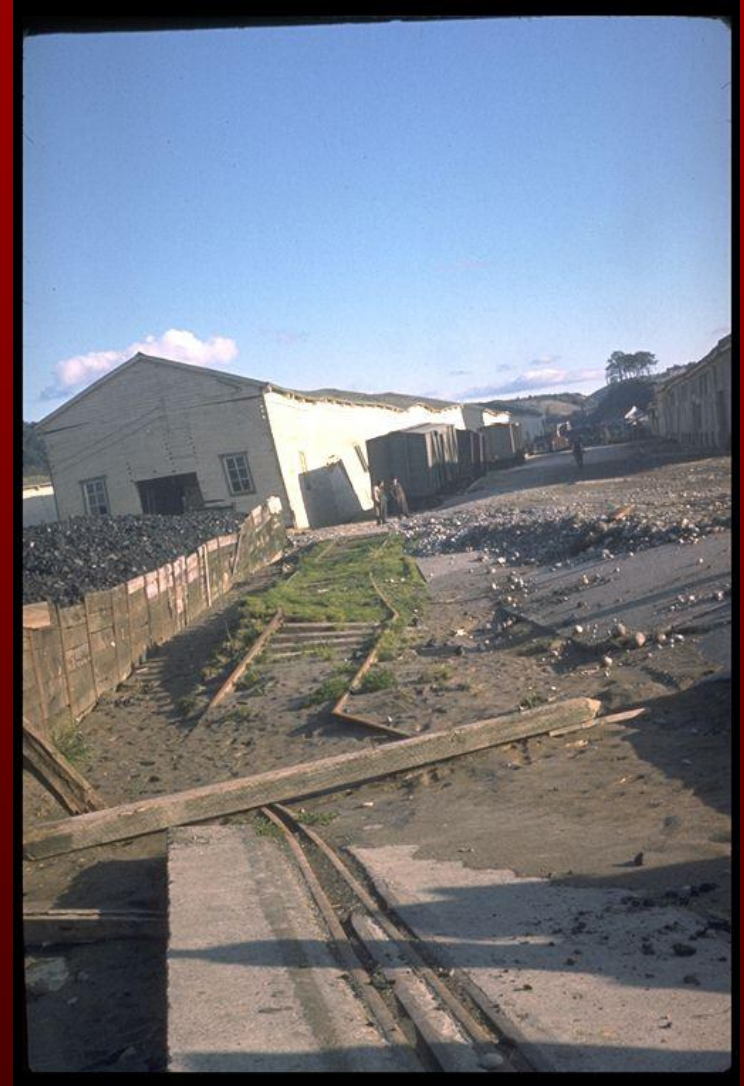


# Terremoto de Valdivia (Chile)



La imagen superior muestra los efectos del tsunami generado por el brusco levantamiento de la placa americana durante el movimiento sísmico. 12 olas de hasta 15 metros barrieron las costas de Chile de sur a norte.

A la derecha se puede apreciar la gran deformación sufrida por el suelo a causa del paso de las ondas sísmicas que perceptibles a simple vista durante el movimiento



# Factores exógenos: el clima

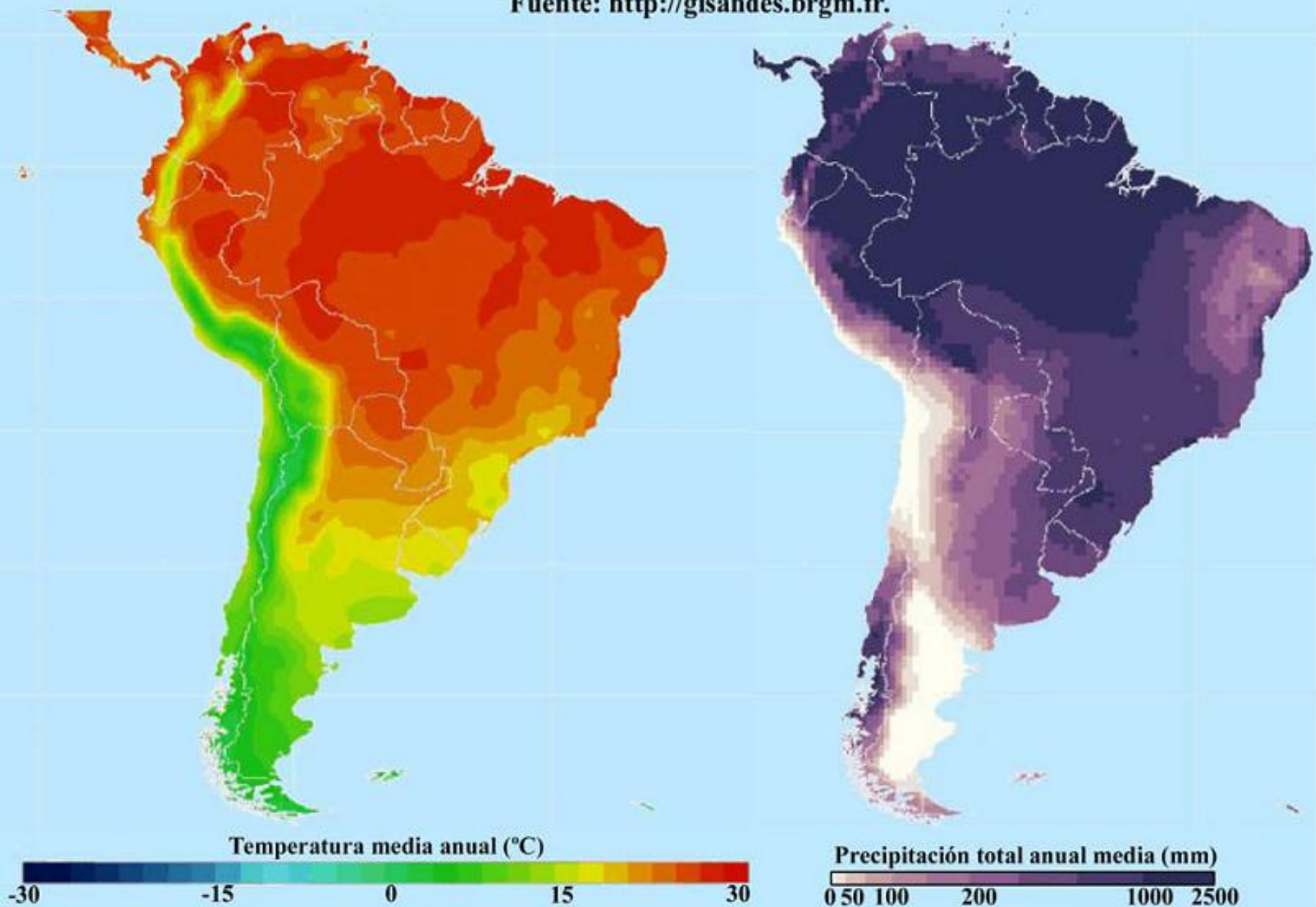
La cordillera andina se caracteriza por poseer una gran diversidad climática que depende de múltiples factores como son los vientos dominantes, las corrientes oceánicas y fundamentalmente la disposición del relieve de manera latitudinal, que provoca un marcado efecto Foëhn, lo cual determina que un área de la cordillera reciba enormes precipitaciones, mientras que la otra sufre una marcada aridez

También encontramos una variación climática con la altitud, donde se puede pasar progresivamente de un clima típicamente ecuatorial o tropical con altas temperaturas durante todo el año en zonas bajas a un clima pseudo-ártico por encima de los 5000 metros. Es lo que se conoce como pisos climáticos

La influencia del clima sobre el relieve es de gran importancia, ya que la marcada erosión que sufren las zonas montañosas donde se acumula la mayor cantidad de precipitación determina que el levantamiento de la cordillera se acelere debido al reequilibrio isostático que experimenta la corteza

# DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA Y LA PRECIPITACIÓN EN SURAMÉRICA

Fuente: <http://gisandes.brgm.fr>.



# Corrientes oceánicas y vientos dominantes

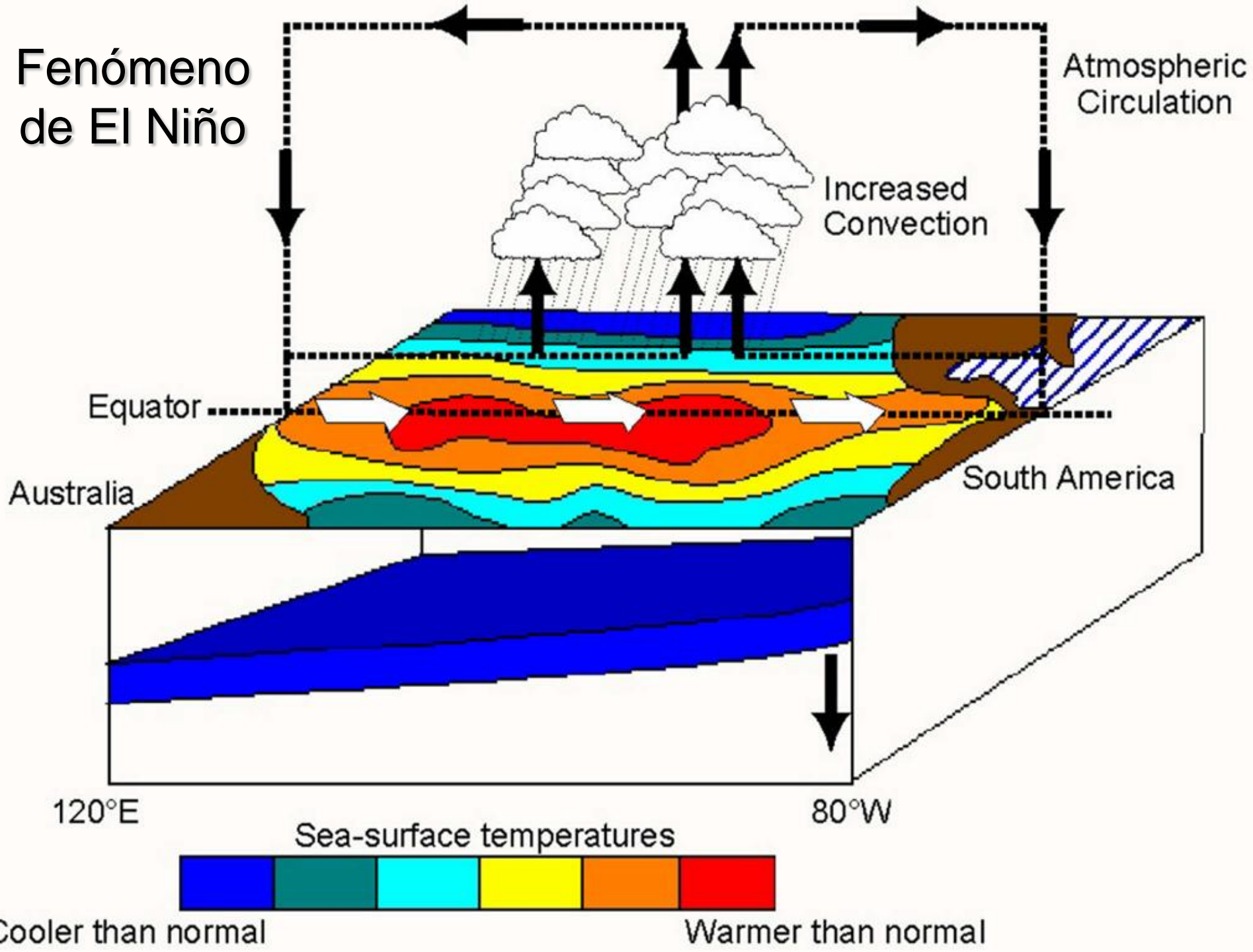
En las latitudes intertropicales dominan los vientos alisios, mientras que hacia el sur, fuera de los trópicos lo hacen los vientos del oeste

Las zonas localizadas a barlovento son las que reciben mayor precipitación, mientras que las situadas a sotavento son mucho más áridas, como sucede con el desierto de Atacama o el de Patagonia

Las corrientes marinas también determinan la mayor o menor humedad de las costas que bañan dependiendo de si son cálidas o frías



# Fenómeno de El Niño



# Selva ecuatorial localizada al este de la Cordillera



# Piso de alta montaña



# Desierto de Atacama, localizado al oeste de la Cordillera



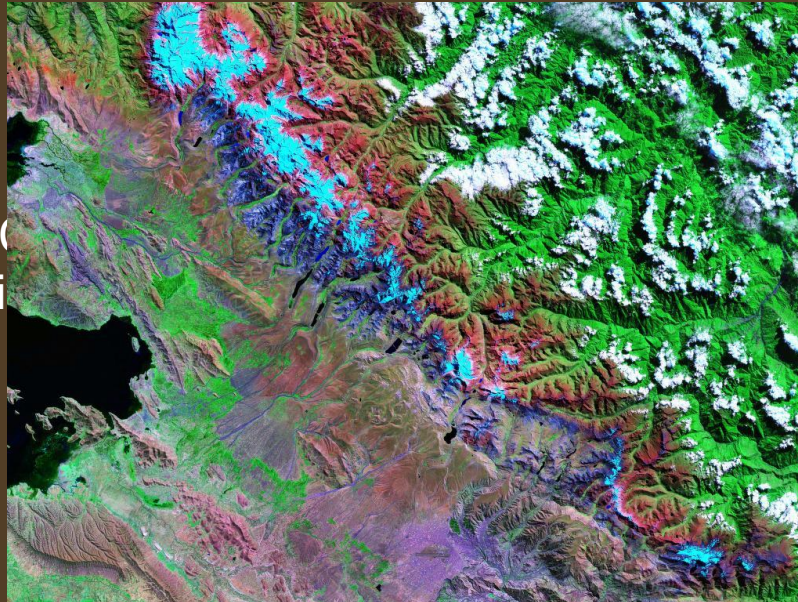
# 2. La Cordillera Real

## Localización y descripción

La Cordillera Real de Bolivia, también llamada Cordillera de la Paz, es una cadena montañosa, prolongación meridional de la Cordillera peruana de Carabaya, integrada en el conjunto de la Cordillera Oriental de los Andes.

Se extiende a lo largo de 200 km entre el macizo Illampu y el Illimani en dirección NW-SE; y actúa como barrera natural entre el Altiplano y la Amazonía

Se separa de la cordillera de Muñecas por la profunda quebrada del río Sorata al NO, y de la cordillera de Tres Cruces por el cañón del río de La Paz, al SE. A partir de ese punto se deprime para ramificarse hacia al sur en numerosas sierras.



Sectores de la Cordillera Oriental en Bolivia

Sierra de Apolobamba  
**Cordillera Real de la Paz**  
Sierra de Tres Cruces  
Sierra de Azanaques  
Sierra de los Frailes  
Sierra de Chichas  
Sierra de Lipez

# Contexto geomorfológico de la cordillera Real

Al **Norte**, dominando la región de la Paz se alinean de NW-SE las cimas cubiertas de nieves y hielos de la Cordillera Real y de la Cordillera Tres Cruces.

El sector de la cordillera de los Andes Orientales en la provincia de La Paz se caracteriza por presentar un conjunto de macizos elevados con caras abruptas, aristas triangulares y glaciación casi general alrededor de los 5.000- 4.800 m.

El conjunto de estas formas está determinado por la existencia de estratos primarios salpicados por intrusiones graníticas terciarias.

Al **Sureste**, en dirección a Oruro las alturas disminuyen (4.500-4.700 m) y el paisaje alpino de altas cumbres es sustituido por una formación apalachense de lomas suaves y superficies planas.

Al **Oeste** de la cadena aparece el corazón deprimido y endorreico del Altiplano, un conjunto de vastas depresiones que coinciden con los fondos de antiguos lagos cuaternarios.

Los Lagos Titicaca y Poopo, avenados por el río Desaguadero, son desde un punto de vista geomorfológico, la superficie culminante de un enorme terraplén terciario. Se trata de un conjunto de estratos sedimentarios fluvio-lacustres recientes (arcillas, limos y arenas), poco plegadas sobrepuestas a sedimentos plegados terciarios (areniscas, argilitas, conglomerados, yesos) o a sedimentos más antiguos paleozoicos y mesozoicos (areniscas, cuarcitas, calizas, margas). Estos emergen en muchos lugares de la cobertura cuaternaria, dando lugar a serranías y cerros inter-altiplánicos que sobresalen de la llanura.

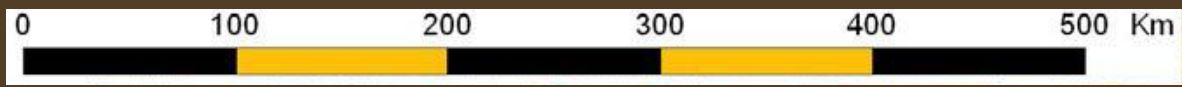
NAVARRO (2002)

Entre la Cordillera Oriental y el fondo del Altiplano se extiende una zona de piedemonte continuo.

Al **Sur** está constituida por glaciares y conos superpuestos, mientras que río abajo, en la proximidad de Oruro aparecen las superficies horizontales y blanquecinas de los principales salares.

Al **Norte** aparece un inmenso piedemonte fluvio-glacial donde las morrenas y las áreas de clastos se extienden hasta los actuales glaciares de la Cordillera Real.

# Contexto geomorfológico de la cordillera Real



# Geología y tectónica

La Cordillera Oriental de los Andes, está compuesta esencialmente por facies ordovícicas y silúrico-devónicas deformadas durante los levantamientos hercínico y andino.

El flanco Oeste (Faja plegada de Huarina) donde se localiza la Cordillera Real, está compuesto por batolitos graníticos plegados durante dichas orogenias, que se elevaron sobre el basamento paleozoico, dando lugar a las mayores elevaciones de la cadena, cuyas cimas acogen los glaciares más grandes de la zona oriental andina.

Estas intrusiones graníticas al Norte del río de La Paz están datadas en edades triásico-jurásicas (180-200 Ma) y entre ellas destacan los macizos Illampu, Huayna Potosí e Illimani.

Sin embargo, el estudio de la composición petrográfica de los materiales indica que las rocas que conforman la Cordillera Real más que de verdaderos granitos, se trata de **rocas calcoalcalinas** intermedias, como demuestra su tonalidad y granulometría; aunque mantiene estructura porfídica.



# Elevación de la Cordillera Real

## Erosión diferencial



Estudios



Interpretación del mapa geológico

Observación del relieve

Afectó a los estratos paleozoicos encajonados dejando en resalte los batolitos intrusivos más resistentes

Evidencias:

- Formas escarpadas, pulidas y verticales, *horns* en las cumbres **graníticas**
- Circos y valles glaciares localizados sobre terrenos esquistosos **paleozoicos** menos rígidos, que originan formas cóncavas, cumbres modestas y mesetas monoclinales.

## Estudios petrográficos

Sobre la resistencia de las rocas ígneas, y la comparación con otras áreas equivalentes intensamente erosionadas, han determinado la invalidez de esta teoría para los sectores donde las rocas intrusivas han sido fuertemente descohesionadas por meteorización mecánica o química.

- Depósitos fluvio-glaciares del piedemonte de La Paz: abundan los restos de rocas graníticas, demostrando que la erosión glacial ha “mordido” intensamente los depósitos intrusivos masivos, que por su parte atestiguan las formas agudas de los circos en las partes superiores.

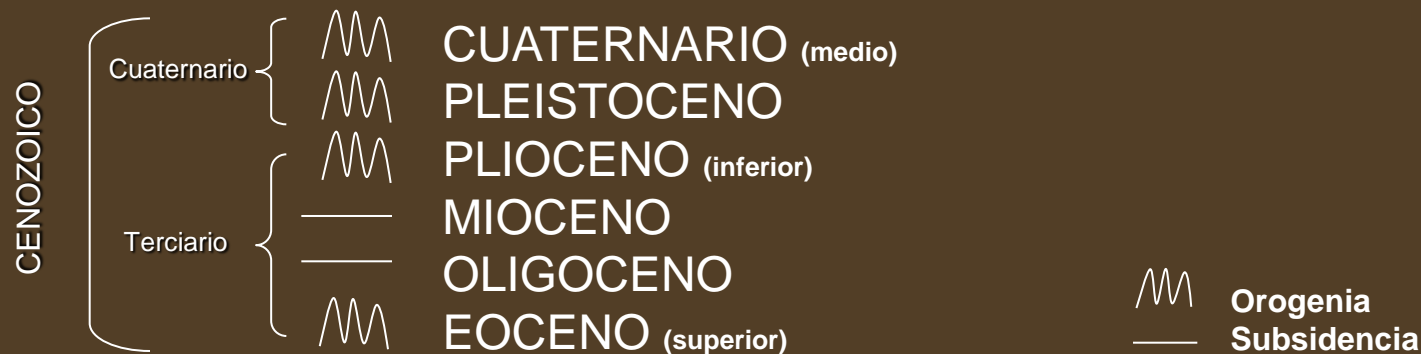
Estas rocas cristalinas han sido muy alteradas por la desagregación granular y la descamación, mientras que los fragmentos de areniscas silíceas paleozoicas se mantienen intactos. Esto demuestra que las rocas intrusivas son muy sensibles a los procesos de meteorización mecánicos y químicos.

- Sector de los Andes Occidental, compuesto por rocas de similares aunque de edades distintas, no conforman relieves sobresalientes, sino dan lugar a formaciones aplanadas

# Elevación de la Cordillera Real

## Tectónica

Tras la demostración de los estudios petrográficos de que las rocas intrusivas no son tan resistentes como aparentan, la explicación a la posición culminante del altiplano y de la Cordillera Real se debe fundamentalmente a causas tectónicas.



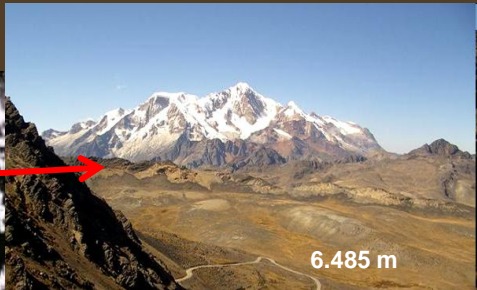
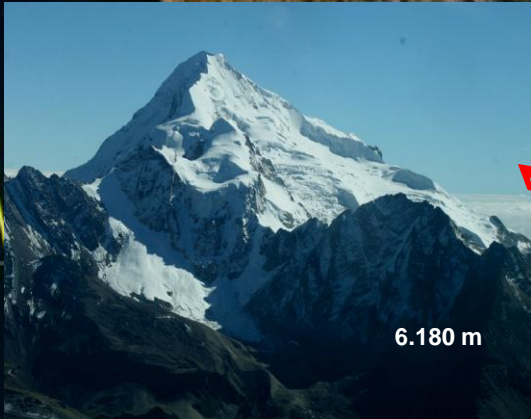
La tectónica reciente es la responsable de que la Cordillera Real haya conformado una inmensa barrera orográfica, con cimas que superan los 2.500 m de altura sobre el altiplano.

2 dinámicas tectónicas fundamentales:

**Levantamiento** acentuado coincidiendo con la existencia de un rosario de batolitos secundarios y miocenos.

**Hundimiento** del altiplano respecto a la Cordillera Real durante el terciario y cuaternario.

Tras descartar la erosión diferencial como principal responsable del vigor del relieve, la Cordillera Real ha dejado de ser percibida como una formación residual, que gracias a la resistencia de sus materiales ígneos ha permanecido elevada a modo de gigantescos montes isla, en medio del proceso de aplanamiento de la Cordillera Oriental. Por el contrario responde a la existencia de una faja tectónica ligada a la presencia de batolitos en los cuales persiste tras el Mioceno la tendencia a la elevación.



# TEMPERATURAS Y PRECIPITACIONES

## Observatorio de física cósmica de Chacaltaya

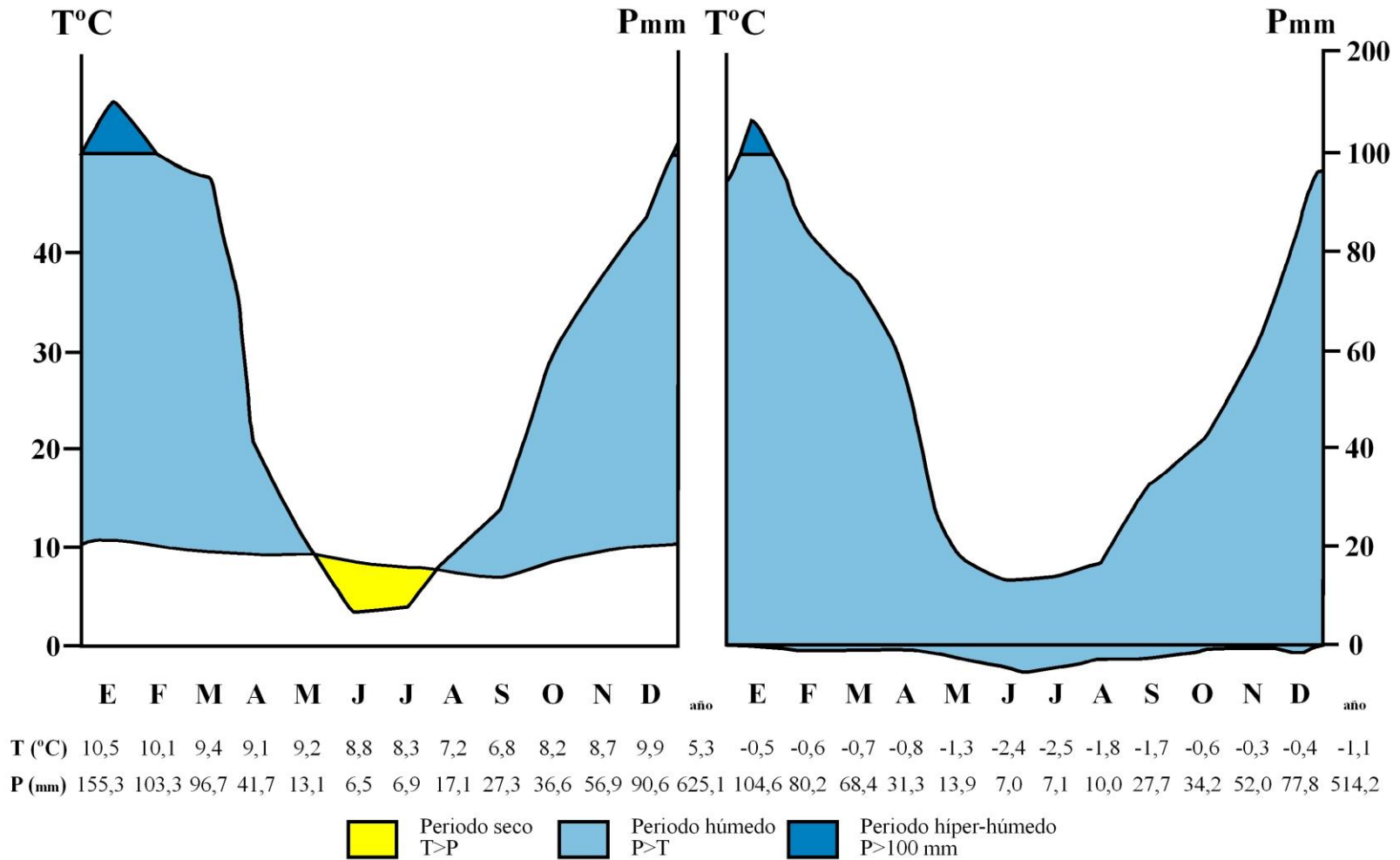
- **Temperatura media** de La Paz: 10,7°C
- Año hidrológico comienza en **octubre - septiembre**
- **Efecto Föhn:** la precipitación detrás de la cordillera (Amazonía)
  - aumenta con la altitud y una vez que atraviesa la cordillera estos valores
  - Disminuyen con la altura.
- Precipitación media anual: **700 mm.**
- Distribución de las precipitaciones **estacional:**
  - Mayores valores en verano (diciembre, enero, febrero y marzo) **(67%)**
  - Precipitaciones mas bajas en invierno (mayo, junio, julio y agosto) **(8%)**

# La Paz - El Alto (Bolivia)

16°52'S · 68°18'W · 4.050 m.s.n.m. · 1979-1996

# Chacaltaya (Bolivia)

16°32'S · 68°16'W · 5.240 m.s.n.m. · 1953-1996



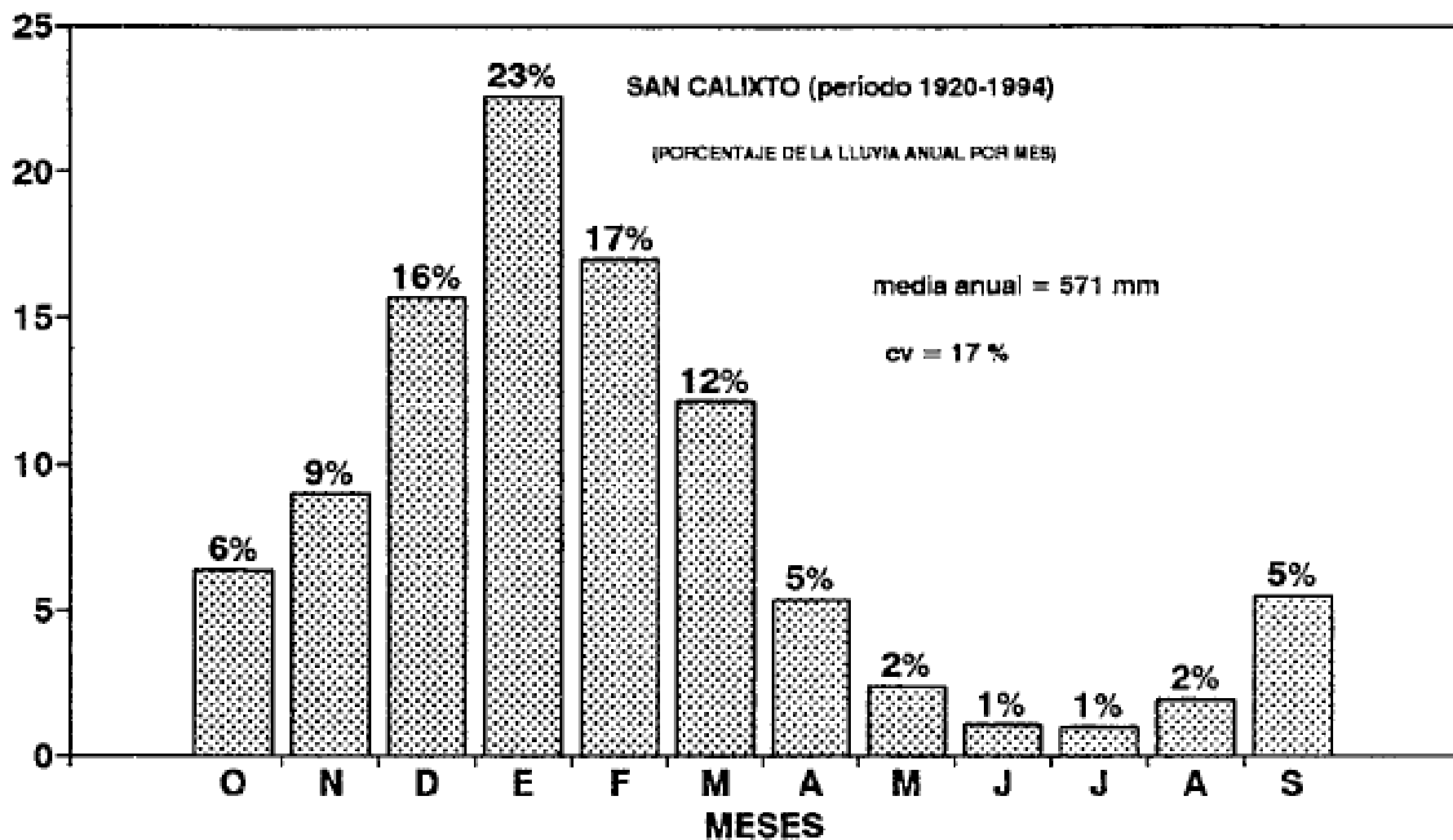
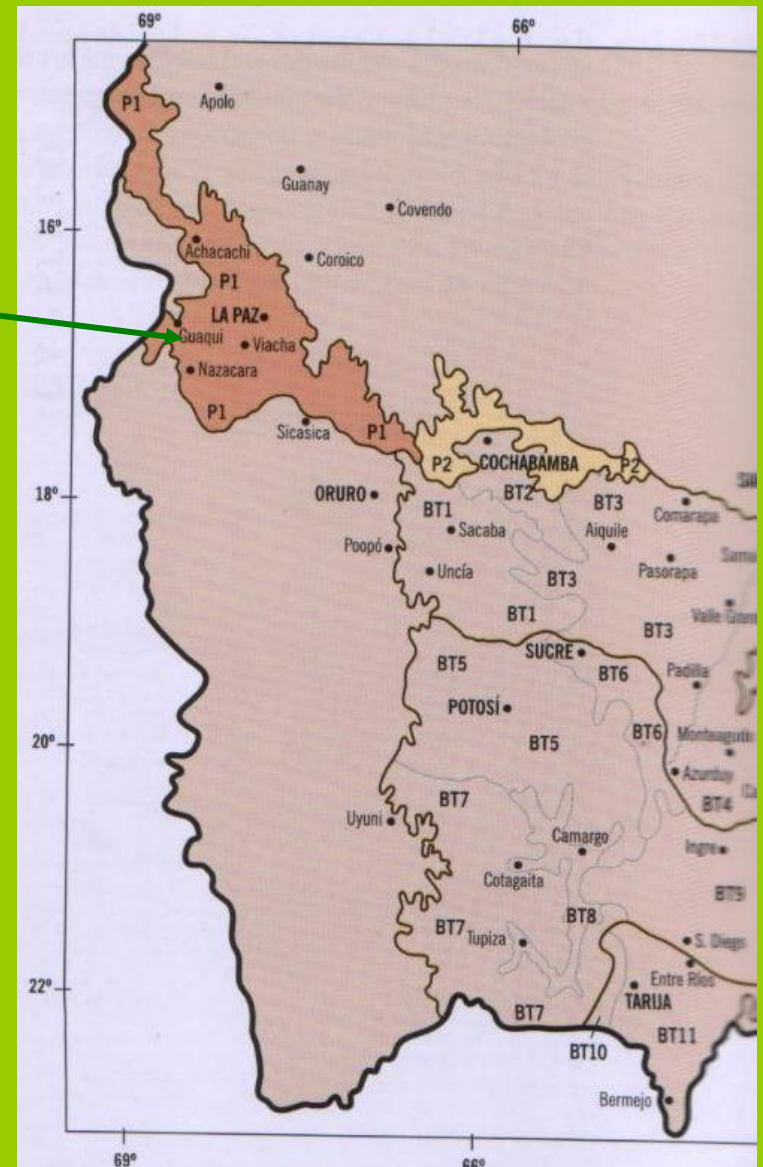


Fig.2 Distribución mensual de la lluvia en la ciudad de La Paz

# Caracterización bioclimática

La Cordillera Real de la Paz pertenece a la Provincia Biogeográfica de la Puna Peruana, que se extiende desde el sur de Ecuador hasta el centro de la Cordillera Oriental y Altiplano de Bolivia.

En Bolivia se extiende desde la frontera con el Perú, en la Cuenca del Lago Titicaca y el altiplano de la Paz, hasta aproximadamente el flanco Norte del valle del río Desaguadero; ocupando el W del departamento de la Paz.



## Factores bioclimáticos:

El bioclima predominante es el **pluvial-estacional** con ombrotipos desde subhúmedo a húmedo, en los pisos bioclimáticos supratropical, orotropical y criorotropical.

Según los datos del observatorio de Chacaltaya (5.200m) situado en el límite de los pisos criorotropical y atérmico, el ombrotipo sería **ultra híper-húmedo**, y el **bioclima pluvial**, lo que probablemente es extensible a las zonas más altas de estas cordilleras con nieve o hielo permanente.

El **bioclima xérico** se limita a los pisos bioclimáticos mesotropical y supratropical inferior de la cuenca alta de los ríos La Paz y Luribay que originan profundos valles internos altos en sombra orográfica de lluvia.

# VEGETACIÓN

- **Piso Pre-puneño:**

**Localización** en los valles altos con termoclina mesotropical (cabecera río de La Paz) 2,300m-3,100m

**Vegetación clímax:** arbustos xeromórficos y espinosos de hasta 6 m. Cactáceas columnares arborescentes y arbustivas.

Las formaciones vegetales se encuentran intensamente modificadas a consecuencia del pastoreo y la extracción de leña.

- **Piso Puneño:**

**Localización** 3,100m-4,000m ocupando el piso bioclimático supratropical, con bioclima pluviestacional y ombroclima subhúmedo. A sotavento de los vientos amazónicos, en las laderas occidentales (vertiente del río de la Paz) existe una franja 3,200-3,400m con bioclima xérico seco (única representación de este bioclima en el N de Bolivia)

**Vegetación clímax:** arbustos xeromórficos. Vegetación xérica clímax original desconocida

- **Piso Altoandino:**

**Localización** 3,900m-4,700m ocupando el piso bioclimático orotropical, con bioclima pluviestacional húmedo.

**Vegetación clímax:** pajonales húmedos, escasa insolación de la franja norte de la Cordillera Oriental.

Pajonales climatófilos  
Pajonales edafoquerófilos  
Pajonales higrófilos  
Bofedales  
Vegetación palustre y acuática  
Vegetación saxícola y rupícola

- **Piso Subnival:**

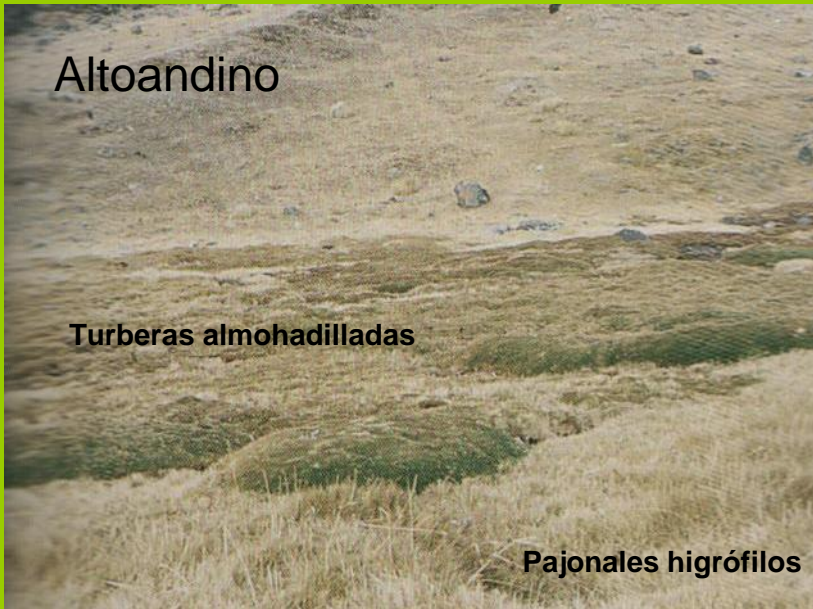
**Localización** Desde 4.600- hasta límite inferior de la franja de nieves perpetuas.

Ocupa el piso bioclimático criorotropical. Suelos con procesos diarios de geliturbación donde solo se desarrolla una vegetación adaptada con muy poca

Cobertura: Formación **FRIGORIDESERTA**

**Vegetación clímax:** Pajonales cespitosos desarrollados a favor de las vertientes del agua de deshielo

# PAISAJES VEGETALES



# 3. Presente y pasado de los Glaciares de la Cordillera Real de la Paz

La acción del glaciario cuaternario ha tenido gran importancia en la cordillera Oriental de la Paz, quedando aun varios glaciares activos y habiendo originado un modelado glaciar muy patente con numerosos valles y lagunas glaciares así como numerosos depósitos morrénicos.

Navarro (2002)

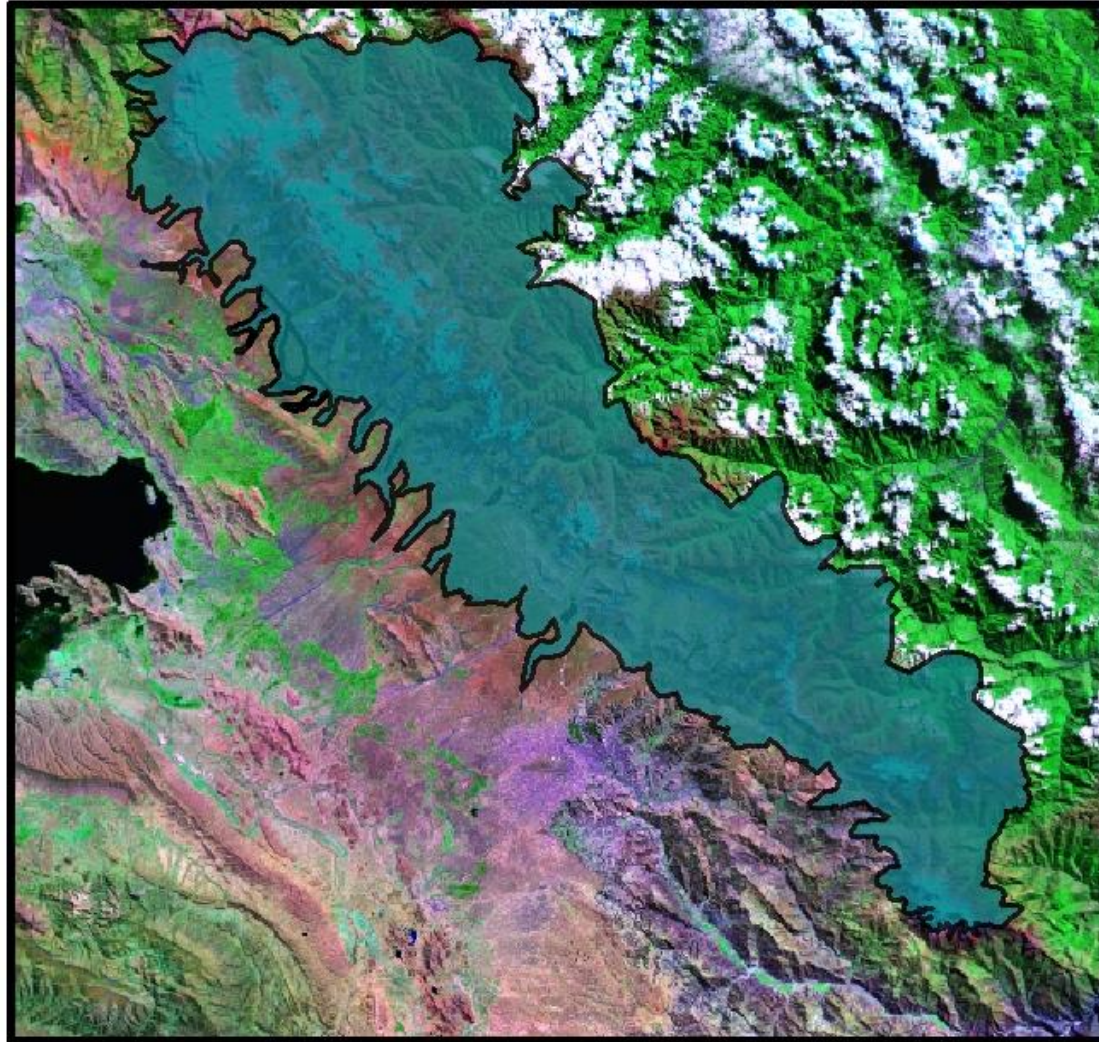
La estratigrafía del entorno de la Paz estudiada en 1962 indica la sucesión distintas etapas de avance y retroceso de los glaciares de la Cordillera Real

Existieron 4 glaciaciones separadas por 3 periodos interglaciares. La segunda y tercera glaciación se localizan en el lugar de los glaciares de piedemonte, mientras que la última glaciación (Choqueyapu, 27.000-18.000 años BP) no afectó a los valles de piedemonte.

Al pie del cerro Chacaltaya, a 6 Km de La Paz se localizan las morrenas terminales Choqueyapu, pertenecientes a lenguas de hielo bien individualizadas muy distintas de los extensos lóbulos y complejas de las glaciaciones de piedemonte.

# CORDILLERA REAL DE BOLIVIA

## Extensión del último máximo avance glaciar

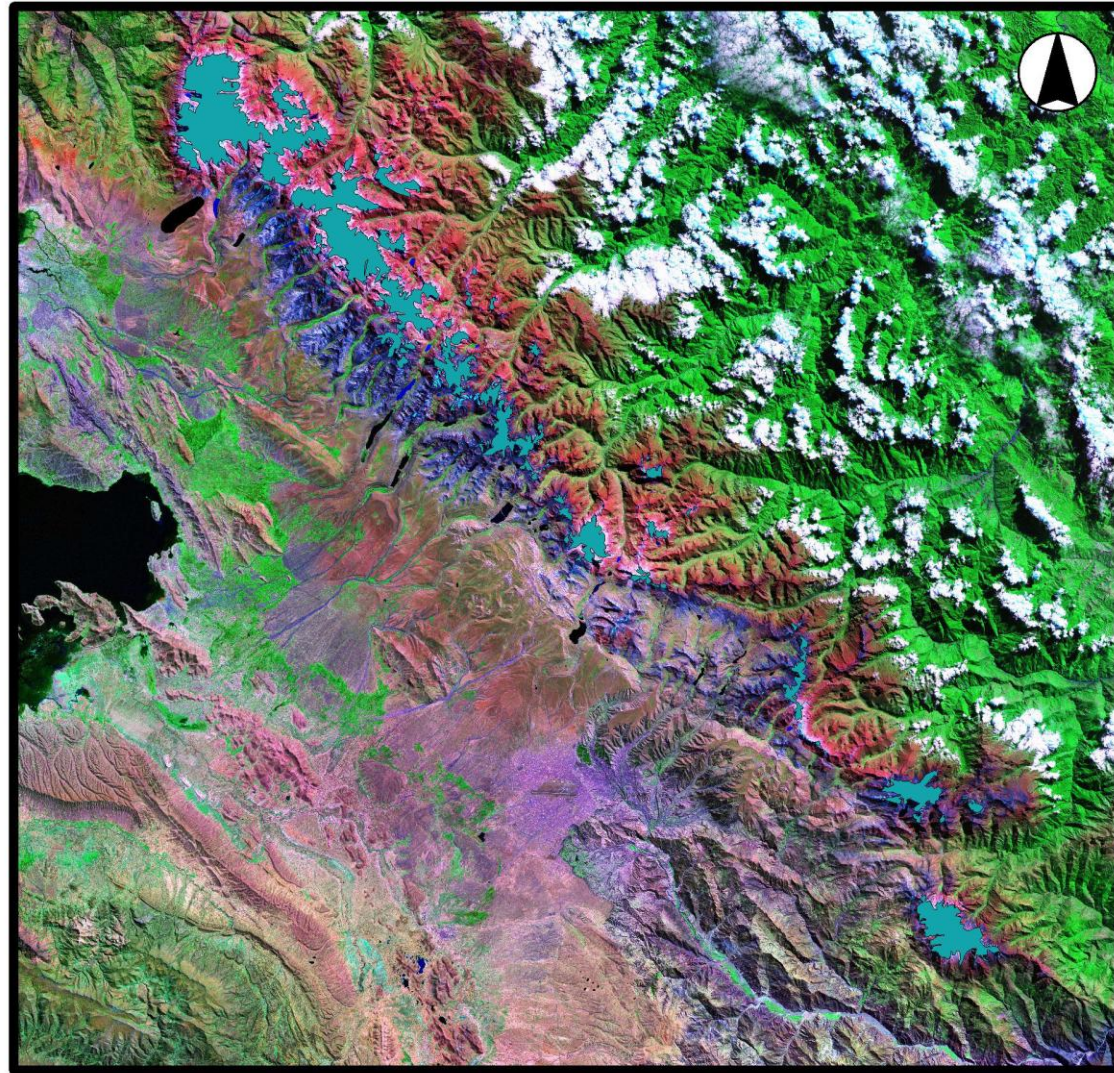


0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Km


Último máximo avance glaciar. Superficie: 3344.065 Km<sup>2</sup>

# CORDILLERA REAL DE BOLIVIA

## Extensión de los glaciares actuales



0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 Km

 Glaciares y cubierta nival actual. Superficie: 286.304 Km<sup>2</sup>

# Los glaciares subtropicales

## CARACTERÍSTICAS:

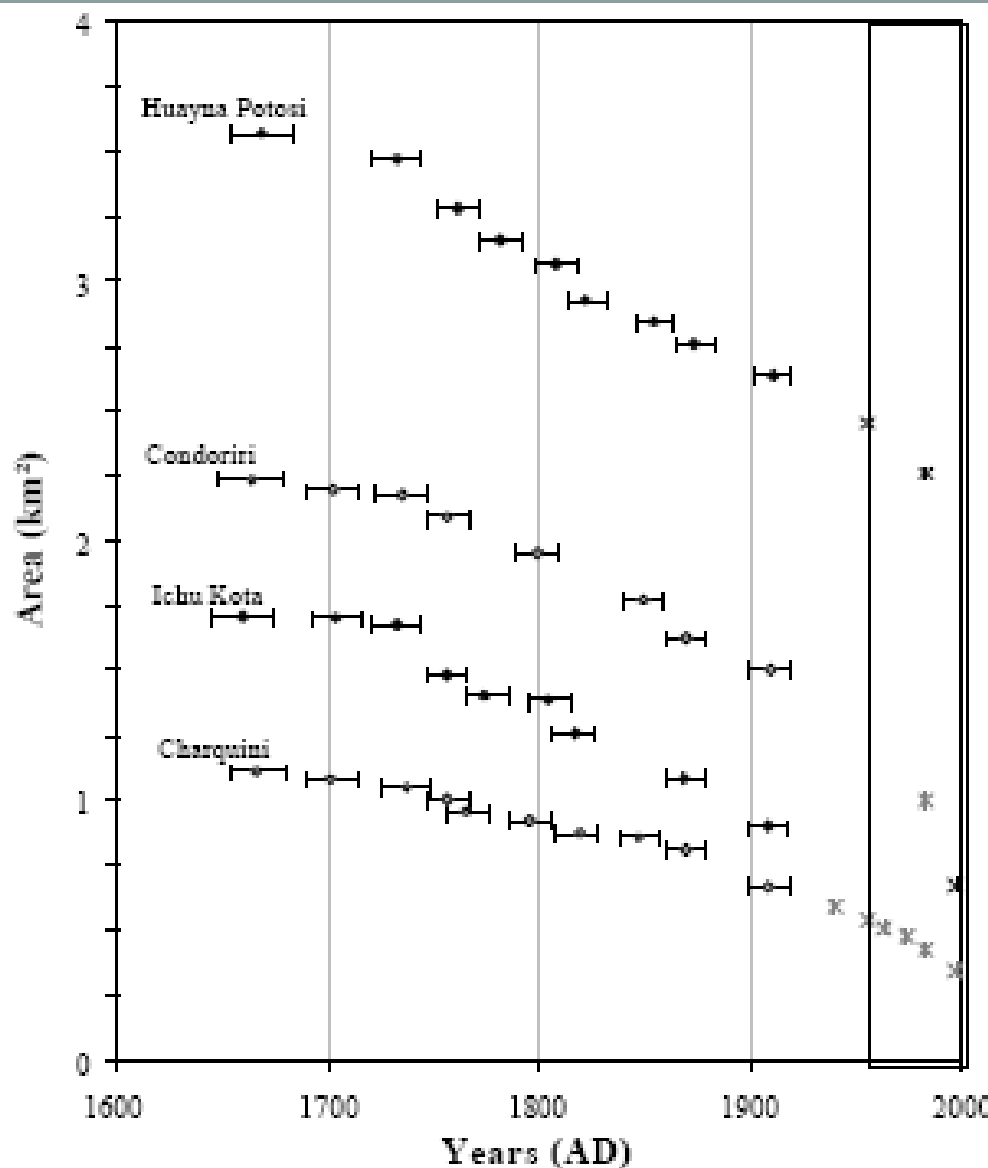
- **Períodos de acumulación coinciden con los períodos de mayor radiación solar, propicios para el proceso de ablación.**
- **La ablación se produce además durante todo el año, como consecuencia de la fuerte radiación solar diurna. Eso sucede porque la amplitud térmica diaria es mucho mayor que la amplitud térmica anual**

En los glaciares de las latitudes medias la ablación se produce a partir de la primavera y sólo hasta el otoño, porque en invierno hace demasiado frío. En las áreas de alta montaña de los trópicos lo característico es que la temperatura puede ser relativamente elevada durante el día aunque baje bastante por la noche, y mantiene un régimen más o menos constante durante todo el año

## Los glaciares de la Cordillera Real

- **Se localizan en un límite natural entre la Amazonía y el Altiplano.**
- **La principal fente de humedad y precipitaciones son las masas húmedas que llegan desde la Amazonía.**

# Glaciares de la cordillera Real y cambio climático



Reducción del área glaciar  
morrenas datadas por  
liquenometría (siglos 17-20)  
en el norte de Bolivia  
*Rabatel et al., Quat. Res.*  
*(in press, 2008)*

# ¿Que ocurre en los glaciares durante **El Niño // La Niña?**

- **Disminuyen las precipitaciones**  
(en Bolivia: -10%/-30%)

- **Aumentan las precipitaciones en**  
(más en Bolivia que en el Ecuador)  
cantidad y frecuencia

controla el albedo

- **Aumenta la temperatura**  
atmosférica

- **Baja la temperatura**  
atmosférica

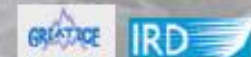
Sube/baja el limite lluvia/nieve en los glaciares –afectando el albedo –  
y aumenta el flujo de calor sensible

- **Disminuye la nubosidad**  
(más en Bolivia)

- **Aumenta la nubosidad**

aumenta/disminuye la cantidad de radiación de ondas cortas entrante  $SW \downarrow$

Wagnon et al., 2001 (J.Glaciog); . Francou et al., 2003, 2004, (J.Geophys. Res.)



# Los Glaciares de la cordillera Real y el cambio climático

Los glaciares de la Cordillera Real de Bolivia no presentan condiciones adecuadas para recuperar la masa de hielo perdida tras la pequeña edad del hielo y su retroceso persistirá en tanto impere el clima actual (1991-2007):



- **1) La fusión máxima coincide con la temporada de precipitaciones (verano)**
- **2) Importancia del balance de radiación vía el albedo (depende de las precipitaciones sólidas)**
- **3) Intensidad ablación (depende de la temperatura atmosférica)**
- **5) El flujo de calor latente (o de cambio de estado) es determinante pues aumenta la energía acumulada para la fusión**

## **Glaciares grandes a más de 5,500 m (ZONGO- Huayna Potosi)**

Las ELAs son en promedio demasiado altas (~70-80 m en el caso del Zongo) para que los glaciares mantengan durablemente su geometría actual

## **Glaciares pequeños (< 1Km<sup>2</sup>) a menos de 5,500 m (Chacaltaya)**

Las ELAs están por encima de sus límites superiores y tienden a desaparecer por completo en los próximos años.

Entre 1963-2003 el Chacaltaya ha perdido el 85 %de su área y el 80% de su volumen

## **CONCLUSIONES:**

A pesar de la complejidad del balance energético, todo indica que el factor clave en las pérdidas de masa glaciar es la degradación del albedo que influye sobre el balance de radiación, particularmente en el periodo del año con mayor energía incidente, que corresponde al periodo de precipitación (verano)

La elevación de la temperatura atmosférica y las fases cálidas del ENSO También es un factor determinante de la degradación de los glaciares andinos (intensificación de la ablación )

**GRACIAS  
POR VUESTRA ATENCIÓN**

