

Recibido: 03 / 04 / 2009, aceptado en versión final: 20 / 04 / 2009

Subdivisión de la Placa de Nazca en tres nuevas placas tectónicas y su incidencia con la sismicidad peruana actual*

Subdivision of the Nazca Plate into three new tectonic plates and it's incident with the peruvian current seismicity

Churchill Vela Velásquez¹

RESUMEN

La Cordillera de los Andes se formó en el límite de las Placas de Nazca y Sudamericana por colisión de éstas, específicamente en el Borde oeste de esta última, deformándose en el tiempo por efectos de fases tectónicas aplicadas, cuyos esfuerzos estuvieron confinados al volumen de litósfera comprendida entre la Fosa Peruana-Chilena al Oeste y el Escudo Brasileño al Este, espacio que constituye el ámbito de la deformación andina. La base de la litósfera en la raíz de los Andes presenta una estructura arqueada cóncava, deformada por esfuerzos tectónicos progresivos y por el peso litosférico, hundiéndose en las rocas líquidas del Manto superior como si se tratara de un gran iceberg, lo que produce un importante engrosamiento litosférico del orden de los 200 km de espesor; mientras que en superficie, los Andes Centrales se levantan como máximo siete kilómetros sobre el nivel del mar.

El nuevo modelo tectónico propuesto pone en evidencia la subdivisión Pliopleistocena de la actual Placa de Nazca en Tres Nuevas placas: (1) **PLACA TÉCTÓNICA NAZCA SUR**, (2) **PLACA TÉCTÓNICA NAZCA CENTRO** y (3) **PLACA TÉCTÓNICA NAZCA NORTE**. Se propone bajar a la categoría de Subplaca a la actual Placa de Cocos, la misma que con la nueva Subplaca de Galápagos puesta en evidencia, conformarían la Nueva Placa Nazca Norte, por presentar similares mecanismos de deformación. Se evidencia la presencia de "Ciclos Sísmicos" en el Perú, que fluctúan en períodos comprendidos entre 33 y 40 años, en la actualidad el Bloque Centro Norte del Perú (CN) se encuentra amenazado por el "**Ciclo Sísmico 1985- 2019**" y en consecuencia, se espera el retorno de los ciclos sísmicos de los años de "1914-1950" y/o "1951-1984", donde se sucedieron los sismos catastróficos de 1940 en Lima y 1946 en los departamentos de Ancash y La Libertad; 1970 en Huaraz, 1974 en Lima y 1976 al norte de Huacho. Se demuestra también que los sismos históricos del Perú están directamente relacionados a Bloques Fallados del Oeste de la Placa Sudamericana, siendo las fallas de Paracas y la del Golfo de Guayaquil unas de las estructuras más importantes, la primera es de actividad tectónica reciente, en cuyo plano de falla se ubican los focos de los sismos destructores de los años 1908, 1946 y últimamente el Sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007 entre otros, ubicándose su foco a 39 kilómetros de profundidad.

Palabras clave: Subdivisión Placa de Nazca; deformación Placa de Nazca; subducción Placa de Nazca; subducción y sismicidad Placa de Nazca.

ABSTRACT

The Andean Cordillera was formed at the forefront of the South American Plate as a consequence of the collision of this Plate with the Nazca Plate. The Cordillera was later progressively deformed by subsequent tectonic events. The associated stresses acted on the volume of lithosphere between the Peru-Chile Trench on the west, and, the Brazilian Shield on the east. The base

* Derecho de autor registrado en Indecopi - Perú, Partida N.º 01071-2008, Asiento 01 de fecha 13/11/2008. Para el uso del texto y/o figuras de la investigación, deberá necesariamente hacer referencia al autor.

¹ Doctor (PhD) en Tectonofísica. Ingeniero Geólogo. Docente de la E.A.P. de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E-mail: churchillvela@hotmail.com / cgsconsultores@infonegocio.net.pe

of the lithosphere at the root of the Andes takes the form of a surface concave upwards, a consequence of the tectonics and the weight of the lithosphere. This root sinks into the fluids of the Upper Mantle favoring a lithosphere thickness of 200 Km, plus the 7 Km elevation above sea level of the Central Andes.

The new tectonic model herein proposed considers the division of the Nazca Plate into three segments: 1) Southern Nazca Plate, 2) Central Nazca Plate, 3) Northern Nazca Plate. Furthermore, it is proposed that the Cocos Plate be considered a Sub-Plate which, based on similar deformational mechanisms with the Galapagos Sub-Plate should together constitute the Nazca Plate North.

Evidence is presented that there are seismic cycles with recurrence periods of 33 to 40 years. The Central Northern Block is under the seismic cycle "1985-2019" and a return is expected of the seismic cycles of "1914-1950" and "1951-1984". Catastrophic events associated with these cycles include in 1940 in Lima, 1944-1946 in Libertad and Ancash, 1970 in Huaraz, 1974 in Lima, and 1976 in North Coast. Evidence will be shown that supports the hypothesis that past seismic events in Peru are related to faulted blocks on the western edge of the South American Plate. Two important expressions of this relationship are the Paracas Fault and the Gulf of Guayaquil Fault. The former one was formed by recent tectonic events and related to hypocenters during seismic movements in 1908, 1946 and, the most recent earthquake in Pisco on August 15, 2007 with hypocenter at 39 km below ground surface.

Keywords: Subdivision of the Nazca Plate; Nazca Plate deformations; subduction Nazca Plate; subduction and seismicity Nazca Plate.

RESUME

La Cordillera des Andes s'est formée dans la limite entre la Plaque Nazca et la Plaque Sud Américaine par la collision de celles-ci, spécifiquement dans le bord ouest de cette dernière, se déformant au fil du temps sous l'effet des Phases Tectoniques appliquées, dont les contraintes ont été confinées au volume de la lithosphère compris entre la Fosse Péruano-Chilienne à l'Ouest et le Bouclier Brésilien à l'Est, espace qui constitue le cadre de la déformation andine. La base de la lithosphère dans la racine des Andes présente une structure arquée concave, déformée par des efforts tectoniques progressifs et par le poids lithosphérique, s'enfonçant dans les roches liquides du Manteau Supérieur comme s'il s'agissait d'un iceberg, produisant un important épaissement lithosphérique de l'ordre de 200 km d'épaisseur, alors qu'en superficie, les Andes Centrales s'élèvent comme maximum à 7 km au-dessus du niveau de la mer.

Le nouveau modèle tectonique proposé met en évidence la subdivision plio-pléistocène de l'actuelle Plaque Nazca en trois nouvelles plaques : (1) **PLAQUE NAZCA SUD**, (2) **PLAQUE NAZCA CENTRE** et (3) **PLAQUE NAZCA NORD**. **On propose de passer à la catégorie de Sous-Plaque l'actuelle Plaque de Cocos, celle-là même qui, avec la nouvelle Sous-Plaque de Galapagos mise en évidence, conformeraient la nouvelle Plaque Nazca Nord, pour présenter des mécanismes similaires de déformation. La présence de « CYCLES SISMIQUES » au Pérou a été mise en évidence, avec des périodes qui fluctuent entre 33 et 40 ans, le Bloc Centre Nord du Pérou (CN) se trouvant actuellement menacé par le « Cycle Sismique 1985 – 2019 » et, en conséquence, on attend le retour des Cycles Sismiques des années « 1914 – 1950 » et/ou « 1951 – 1984 » pendant lesquels se sont produits les séismes catastrophiques de 1940 à Lima et 1946 dans les Régions de Ancash et de La Libertad ; 1970 à Huaraz, 1974 à Lima et 1976 à Nord Huacho.**

On démontre également que les séismes historiques du Pérou sont directement liés aux Blocs Fracturés de l'Ouest de la Plaque Sud Américaine, les Failles de Paracas et celle du Golfe de Guayaquil étant parmi les structures les plus importantes, la première étant d'activité tectonique récente, dans le plan de faille de laquelle se situent les épicentres des séismes destructeurs des années 1908, 1946 et, dernièrement, du séisme de Pisco du 15/08/2007, entre autres, dont l'épicentre était situé à une profondeur de 39 km.

Des mots clefs: subdivision Plaque de Nazca; déformation Plaque de Nazca; subduction Plaque de Nazca; subduction et sismicité Plaque de Nazca.

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio es el resultado del conocimiento tectónico de los Andes Centrales del Perú, realizado durante más de 25 años de investigación independiente en todo el territorio peruano, aplicando los métodos tectónicos y microtectónicos descubiertos por el profesor Maurice Mattauer en la Universidad de Montpellier, Francia, de quien el autor de la publicación es su discípulo.

Los métodos indicados fueron mejorados y adaptados a la investigación tectónica de los Andes peruanos, lo que permitió poner en evidencia las diferentes fases tectónicas que intervinieron en la evolución de la

Cordillera de los Andes; preparar Mapas Tectónicos de gran parte del territorio peruano con integración de toda la información geológica disponible, así se elaboró un Mapa Tectónico-Geológico del Perú a escala 1/2'500,000 (inédito), mapas y secciones tectónicas de franjas transversales a los Andes desde la costa a la selva peruana; información que pone en evidencia las grandes estructuras del Perú a nivel de la Bordura Oeste de la Placa Sudamericana. En lo que respecta al estudio de la Placa de Nazca, se interpretó la geología y tectónica en base a las edades de la litósfera oceánica inferidas de anomalías magnéticas publicadas por diferentes autores [Cande S.C. *et al.*, 1989]. A la información tectónica obtenida, se

superpuso información de sismicidad histórica del Perú, lográndose así los resultados de la presente investigación.

II. PRINCIPALES FASES TECTÓNICAS DE DEFORMACIÓN ANDINA

La deformación andina es el resultado de la aplicación de las fases tectónicas siguientes:

2.1. Fase Tectónica Tardihercínica: edad Intrapérmico (Paleozoico superior) - esfuerzos en compresión

Fracturó al continente único denominado “Pangea”, dando lugar a la formación de ocho placas tectónicas primigenias de evolución reciente. Las placas del Pacífico Sur (hoy Placas de Nazca y Cocos), Sudamericana y Africana son algunas de éstas. Se caracterizó por presentar fallas de desgarre profundas que fracturó longitudinalmente al continente sudamericano, dos de estas fallas son las que habrían fracturado el Borde Oeste de la Placa Sudamericana y afectado toda la litósfera, formando una franja longitudinal limitada al Oeste por la falla que daría origen a la zona de subducción y al Este la falla que limitaría a la Cordillera de la Costa, cuyo basculamiento del bloque formado, habría hundido en el mar parte del extremo Oeste de la Placa Sudamericana para dar origen a la “Cuenca Sedimentaria Peruana”.

2.2. Fase de Sedimentación de la Cuenca Peruana

Funcionó durante el Triásico-Jurásico, Cretáceo inferior y parte del Cretáceo superior (Cenomaniano-Coniaciano), con dos tipos de sedimentación bien marcada: al Oeste, una facie sedimentaria-magmática (volcánica e hipabisal), denominada “Eo-Geosinclinal Andino”; y al Este, una facie netamente sedimentaria sin interrupciones magmáticas, denominada “Mio-Geosinclinal Andino”. La Cuenca Peruana durante su sedimentación estuvo afectada por esfuerzos tectónicos en tracción de la Fase Nevadiana, de edad Jurásico superior (Malm: ± 150 MA).

2.3. Fase Tectónica Intracretácea: edad Cenomaniana-coniaciana (100-80 ma) - esfuerzos en compresión

Da inicio a la formación de la Subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana y del levantamiento precoz de la Cuenca Peruana, asociada a la intrusión de las rocas básicas del Batolito de la Costa (gabro-diorita), plegamiento flexural en zona de costa y fases de mineralización.

2.4. Fase Tectónica Peruana: Edad Cretácea terminal (65-70 ma) - esfuerzos en compresión

Es la responsable del esbozo de la Cordillera de los Andes y del levantamiento definitivo de la Cuenca

Peruana por encima del nivel del mar. Está asociada al grueso de las intrusiones del resto del Batolito de la Costa, a fases de mineralización y a sedimentación molásica (Formación Casapalca).

2.5. Fase Tectónica Inca: Edad Eoceno Superior-Oligoceno inferior - esfuerzos en compresión (equivalente a la Fase Pirineana de Europa)

En zonas de cordillera está asociada a vulcanismo continental (Volcánico Calipuy inferior), intrusiones magmáticas (dioritas-monzonitas), fases de mineralización, sedimentación molásica y fliish.

2.6. Fase Tectónica Quechua: Edad Mioceno (8-21 ma) - esfuerzos en compresión (equivalente a la Fase Alpina de Europa)

Es la responsable de la formación y diseño definitivo de la Cordillera de los Andes, modelando su actual configuración morfotectónica; está asociada al magmatismo extrusivo de la parte superior del Grupo Calipuy, magmatismo intrusivo del Batolito de la Cordillera Blanca, fases de mineralización, reservorios de hidrocarburos y sedimentación molásica.

2.7. Fase Tectónica Pliocena: edad 2 a 4 ma - esfuerzos en compresión y tracción

Asociada a magmatismo extrusivo e hipabisal, causante de la última fase de mineralización de los Andes.

2.8. Fase Pleistocena (Cuaternario): edad 1.8 a 0.01 ma - en tracción y compresión

Se caracteriza por el levantamiento del litoral peruano (Tablazos Marinos) y la reactivación cuaternaria de fallas antiguas en zonas de cordillera.

2.9. Reajustes Holocenos (Cuaternario reciente) de las Placas de Nazca y Sudamericana: 10 000 años (0.01 ma) a la fecha - esfuerzos en compresión y tracción

Asociada a la reactivación de fallas antiguas de basamento, actividad sísmica y volcánica reciente.

III. GEOMETRÍA DE LOS ANDES CENTRALES

La Cordillera de los Andes se formó en el límite de las Placas de Nazca y Sudamericana por colisión de éstas, específicamente en el Borde Oeste de esta última, deformándose progresivamente en el tiempo por efectos de aplicación de las fases tectónicas indicadas, cuyos esfuerzos estuvieron confinados al volumen de litósfera comprendida entre la Fosa Peruana-Chilena al Oeste y el Escudo Brasileño al Este, espacio que constituye el ámbito de la deformación andina.

La base de la litósfera en la raíz de los Andes, deducida de perfiles sísmicos, presenta una estructura

arqueada cóncava, deformada por efectos de la aplicación de esfuerzos tectónicos progresivos y por el peso litosférico. Se hunde en las rocas líquidas del Manto superior y produce un importante engrosamiento litosférico de 200 km de espesor; mientras que en la superficie, los Andes Centrales se levantan como máximo siete kilómetros sobre el nivel del mar (6768 msnm en el Huascarán); es decir, **la deformación andina es similar a un iceberg, pero en este caso, la litósfera se sumerge dentro las rocas líquidas del Manto superior, mostrando a la Cordillera de los Andes como pequeñas elevaciones continentales con respecto a su masa hundida** (ver Figura N.º 3).

IV. ESTRUCTURAS MAYORES DE LOS ANDES CENTRALES DEL PERÚ

Las principales macroestructuras de los Andes Centrales, formadas por la Subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana, descritas de Oeste a Este son las siguientes:

4.1. Fosa Peruana - Chilena

4.2. Cuencas marinas “Flish” del Zócalo Continental

Edad posterior al levantamiento andino, asociadas a reservorios de hidrocarburos.

4.3. Macizo Precambriano de Arequipa (2000 m.a) y el Arco Paleozoico - Precambriano de los Cerros Illescas - Amotape

A estas estructuras se les conoce como “Cordillera de la costa”.

4.4. Los Batolitos de la Costa y de la Cordillera Blanca

4.5. Fallas Transversales a la Estructura Regional en Zonas de Plataforma (Costa)

Del tipo de desgarre, conjugadas; las principales fallas que cortan a la Bordura Oeste de la Placa Sudamericana y probablemente a la Fosa Peruana-Chilena son las siguientes:

4.5.1. Falla de Paracas (Falla de Pisco)

Es de actividad reciente; limita con las Placas de Nazca Sur y Nazca Centro; en continente se presenta con rumbo NE-SW y buzamiento de su plano de falla de 76° al NW, poniendo en contacto a rocas precambrianas del Macizo de Arequipa (2,000 MA) contra rocas cenozoicas de la Cuenca de Pisco; se continúa por debajo del océano siguiendo el frente norte de la Dorsal de Nazca, por zonas volcánicas submarinas activas, para luego unirse con una falla transformante que corta a la Dorsal Mesopacífica;

en su plano de falla se ubican los focos de los sismos destructores de los años 1908, 1946 y últimamente el sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007, entre otros, ubicándose su foco en el plano de falla de este último a 39 kilómetros de profundidad.

4.5.2. Falla del Golfo de Guayaquil

Se ubica entre los límites de la Placa Nazca Centro y la Subplaca de Galápagos; se trata de una importante falla de desgarre dextral que arquea el Basamento Paleozoico-Precambriano de los Cerros de Illescas-Amotape, su actividad tectónica reciente es evidente por la presencia de erupciones volcánicas en continente asociados a su plano de falla, fenómeno que pone en evidencia la existencia de la Subplaca de Galápagos. Esta falla es la responsable de la macroestructura del Borde Oeste de la Placa Sudamericana, del Arqueamiento de la Fosa Peruano-Chilena, de la Fracturación y Subdivisión de la Placa de Nazca Norte en dos subplacas (Cocos y Galápagos).

4.6. Zona de Sobrescurrimientos Longitudinales del Eje de la Cordillera Occidental

Asociados al plegamiento andino y mineralización polimetálica, se conjuga con las Fallas Paracas, Río La Leche y Falla del Norte de Chiclayo, formando el Bloque Sobrescurrido del Centro Norte del Perú (CN).

4.7. Basamento Paleozoico - Precambriano

Constituido por la Cordillera Oriental, Geoanticlinal del Marañón y Noroeste peruano.

4.8. Deflexiones

4.8.1. Deflexión de Abancay (Sur del Perú)

Formada por desplazamiento de una importante falla de desgarre sinistral.

4.8.2. Deflexión de Huancabamba (Norte del Perú)

Arqueada por las fallas conjugadas del Norte de Chiclayo (sinistral) y del Golfo de Guayaquil (dextral), cuya deflexión externa lo constituye el Arco del Noroeste y su deflexión interna el Arco de Iquitos.

4.9. Cuencas Flish y Mixtas del Llano Amazónico

Se trata de cuencas sedimentarias de origen marino y mixto, asociadas a reservorios de hidrocarburos.

4.10. Escudo brasileño

Constituido por rocas cratónicas que afloran en territorio brasileño. En el Perú, se ha reconocido en zona de selva a través de sísmica y pozos petroleros por debajo del Plioceno (Neógeno), en los Arcos de Iquitos al Norte y Fitzcarrald en el Sur.

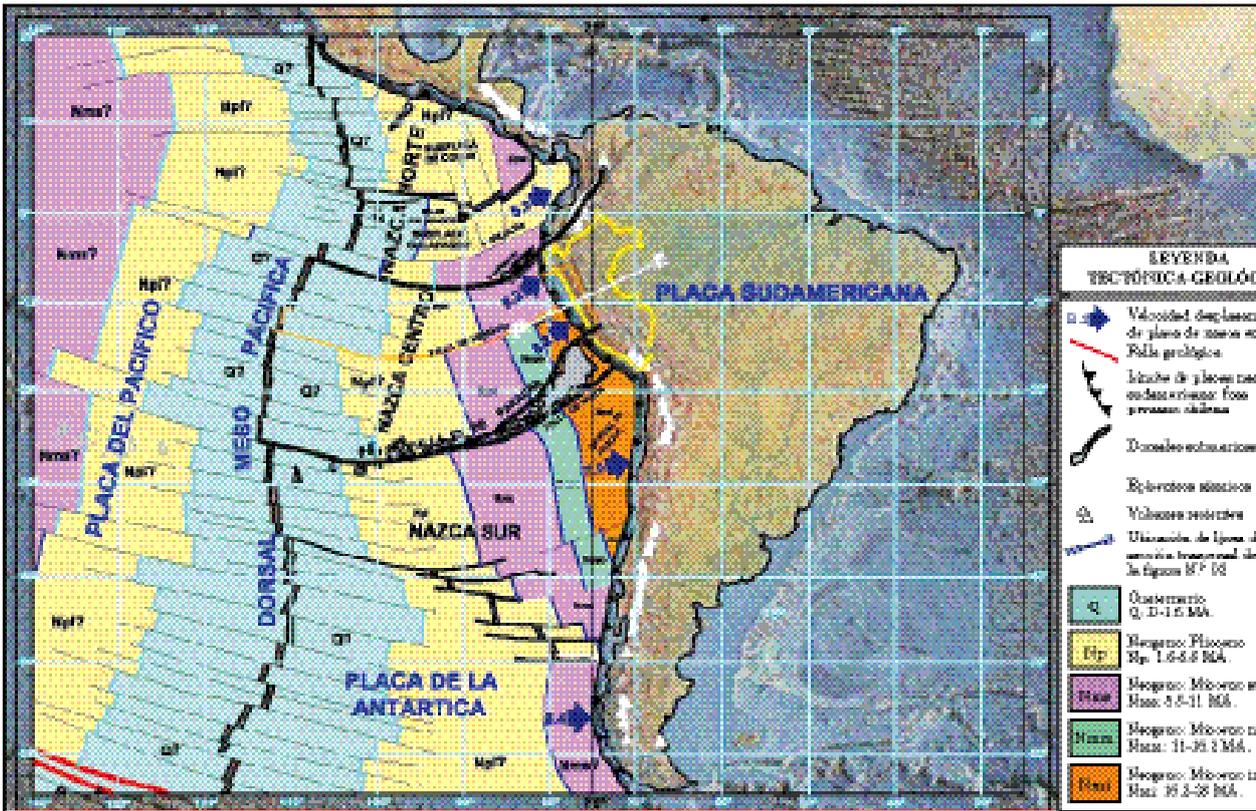


Figura N.º 2. Mapa tectónico de la subdivisión de la Placa de Nazca en tres nuevas placas: Placa Nazca Sur, Nazca Centro y Nazca Norte (subplacas de Galápagos y Cocos).

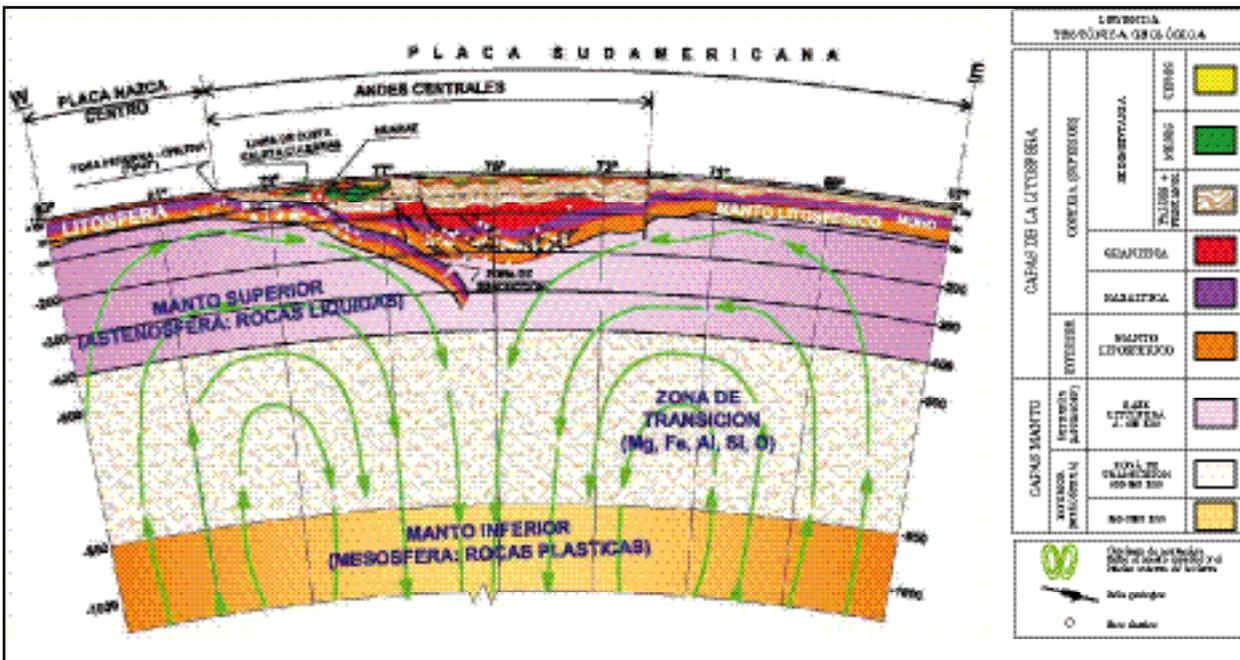


Figura N.º 3. Nuevo modelo de deformación sismotectónica de la Placa de Nazca Centro y la Borda Oeste de la Placa Sudamericana a la altura de la sección Caleta Culebras (Norte de Huarney) – Huaraz (sección W-E).

y sísmica disponible, correlacionando las Estructuras del Borde Oeste de la Placa Sudamericana, con las estructuras observadas en la Placa de Nazca. Las edades relativas de las anomalías magnéticas de la placa de Nazca se han agrupado en edades geológicas, las mismas que interpretadas con la estructura tectónica observada de los fondos oceánicos, ponen en evidencia la Subdivisión Pliopleistoceno de la actual Placa de Nazca en tres nuevas placas.

El modelo muestra de una manera clara y evidente la geología y fallamiento de los fondos oceánicos de la actual Placa de Nazca, cuya estructura tectónica interpretada, conlleva a poner en evidencia la subdivisión de la actual Placa Tectónica de Nazca en tres nuevas placas:

- (1) **Placa Tectónica Nazca Sur**
- (2) **Placa Tectónica Nazca Centro**
- (3) **Placa Tectónica Nazca Norte**

Se propone bajar a la categoría de Subplaca a la actual Placa de Cocos, la misma que con la nueva Subplaca de Galápagos que se pone en evidencia en la presente investigación, conformarían la Nueva Placa Nazca Norte, por presentar similares mecanismos de deformación.

5.1. Placa Tectónica Nazca Sur

Se ubica frente a las Costas del Sur del Perú y todo el territorio chileno, al Sur de la Falla de Paracas. Se extiende con los mismos límites del extremo sur de la actual Placa de Nazca, desciende en subducción por debajo del Bloque Continental Sur Perú-Chile (S), asociada a sismos y erupciones volcánicas recientes, siendo los principales megasismos los ocurridos en 1960 de Mb 9,6 y el último en la región de Bío Bío de Mb 8,8 acaecido el 27/02/2010. Otros eventos tectónicos son las erupciones de los volcanes Sabancaya, Misti, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani en el Sur del Perú; Lascar, Putana, Lastarria, Quizapu, Peteroa, Copahue, Lanín, Villarrica, Llaima, Chaitén y Hudson, en territorio chileno. Al parecer, la Placa Sudamericana situada por encima de la Placa Nazca Sur, estaría terminando su ciclo de liberación de energía, para luego empezar un nuevo ciclo.

5.2. Placa Tectónica Nazca Centro

Se ubica frente a la Costa Centro-Norte del Perú. Está limitada entre la Falla de Paracas (Falla de Pisco) y la Falla del Golfo de Guayaquil. Esta placa a su vez está conformada por las subplacas de Lima y Trujillo divididas por la Falla Activa de Mendaña.

5.3. Placa Tectónica Nazca Norte

Se ubica frente a las Costas del Ecuador y Centro-América, al norte de la Falla del Golfo de Guayaquil.

Está conformada por la actual Placa de Cocos (bajada a la categoría de subplaca) y la Nueva Placa de Galápagos que se pone en evidencia, observándose que ambas subplacas conforman una sola unidad litosférica, separados por una fractura central en distensión que las divide, las mismas que se desplazan con los mismos mecanismos de deformación, presentando una rotación en sentido antihorario (ver Figura N.º 2).

VI. ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD HISTÓRICA DEL PERÚ CENTRAL

En el presente estudio se ha analizado la sismicidad histórica del Bloque Centro-Norte del Perú (CN) en base a la data sísmica del Servicio Geológico Americano (USGS) y con datos sísmicos del Instituto Geofísico del Perú (IGP). Con estos datos se han preparado cuadros de frecuencia sísmica versus años de ocurrencia de la sismicidad histórica, en el período comprendido entre los años de 1470 hasta el Sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007. El resultado es el siguiente:

- 6.1. La presencia de “Ciclos Sísmicos” de liberación de energía en territorio peruano, que fluctúan en períodos comprendidos entre 33 y 40 años, encontrándose en la actualidad el Bloque Centro-Norte del Perú (CN), amenazado por el “*Ciclo Sísmico 1985-2019*” y en consecuencia, se espera el retorno de los ciclos sísmicos de los años de “1914-1950” y/o “1951-1984”, donde se sucedieron los sismos catastróficos de 1940 en Lima, 1946 en los departamentos de Ancash y La Libertad; 1970 en Huaraz, 1974 en Lima y 1976 al norte de Huacho.
- 6.2. La Figura N.º 4 muestra la comparación de las curvas de frecuencia sísmica de los ciclos sísmicos 1914-1950 y 1985-2019, observándose la similitud inobjetable de las curvas de frecuencia de ambos ciclos, que sustentan lo afirmado en el numeral 6.1.
- 6.3. Los sismos históricos producidos en los Andes Centrales están directamente relacionados a los bloques fallados continentales, situados al Oeste de la Placa Sudamericana siguientes (ver Figuras N.º 1 y 5): (1) Bloque Sur (S): Pisco-Antofagasta; (2) Bloque Centro-Norte (CN): Lima-Trujillo-Ancash; (3) Bloque Norte (N): Piura-Tumbes; (4) Bloque Guayaquil (G) y (5) Bloque Llano Amazónico (LLA): Selva Peruana.
- 6.4. El sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007 es un evento único por su duración en la historia sísmica del Perú, presentó las siguientes características: (1) Magnitud Mw = 8,0; (2) Duración = 3,5 minutos; (3) Número de eventos principales: 2 (dos); (4) Número de réplicas = ± 1350; (5) Profundidad = 39 km.

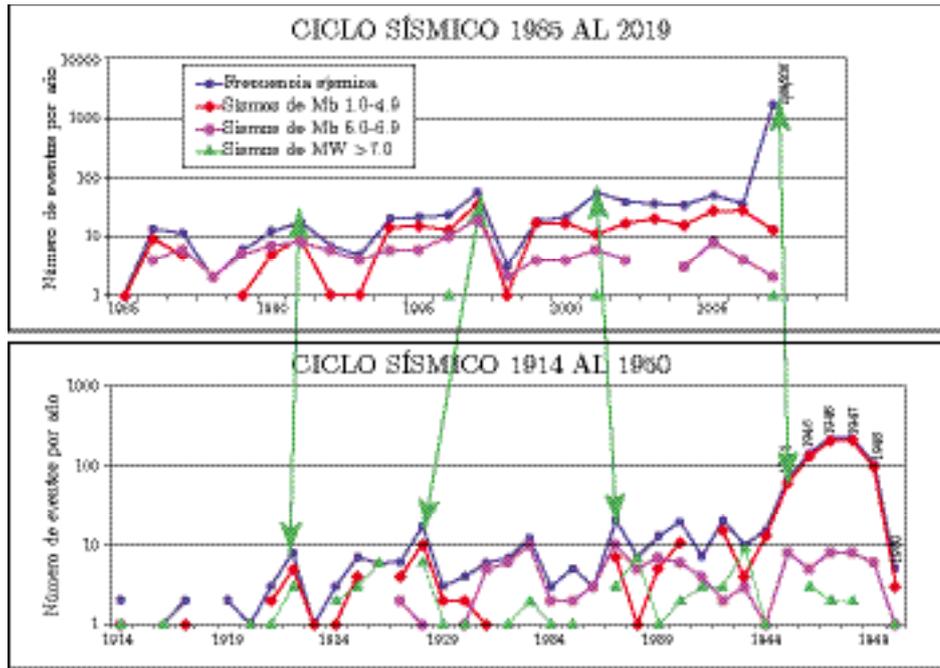


Figura N.º 4. Comparación de 2 Ciclos Sísmicos del Bloque Centro Norte del Perú (CM)

6.5. El Foco (hipocentro) del Sismo de Pisco se ubica en el Plano de la Falla de Paracas o Falla de Pisco, reactivando a dicha falla. Su mecanismo focal corresponde a una falla de desgarre (*wrench fault*), donde se observa que el primer sismo principal se produjo en el Plano de la Falla Paracas por desplazamiento destal de su bloque techo, para luego migrar la sismicidad al sureste, produciéndose el segundo evento sísmico por desplazamiento destal de su bloque piso, más superficial que el primero, a consecuencia del reajuste de la Placa Tectónica de Nazca Sur. Luego de los dos sismos principales, se siguieron 1350 réplicas, formando un área de deformación sísmica, en cuya parte central se ubica la Falla de Paracas, hecho que sumado a la ubicación del foco sísmico del primer evento en el Plano de Falla Paracas, evidenciaría su reactivación reciente, mostrando la existencia de las Nuevas Placas Tectónicas Nazca Sur y Nazca Centro, separadas por dicha falla.

6.6. La imagen de satélite de la Figura N° 6 muestra los epicentros sísmicos producidos después del Sismo de Pisco, actualizada al 22 de agosto de 2009, donde se observan concentraciones importantes de epicentros sísmicos en el área de influencia de la Falla Paracas y frente a Lima Metropolitana, en esta última localidad, en la misma zona donde se produjo el sismo de 1974 de magnitud Mb 7,8. Este hecho demuestra que la sismicidad del sur peruano está migrando hacia el norte y que las

concentraciones de epicentros sísmicos de magnitudes $M_b \leq 4,0$ frente a las costas de Lima, serían eventos premonitorios del retorno del sismo de 1974 antes que del sismo de 1970.

6.7. Por las consideraciones expuestas en el numeral 6.6, el autor de la presente investigación exhorta al Gobierno Central, a la Municipalidad Provincial de Lima, Municipalidades Distritales e Instituciones involucradas, a realizar la prevención que el caso amerita, para proteger a la población de Lima Metropolitana y mitigar el desastre sísmico en la probabilidad que éste suceda, dentro de los próximos seis (6) años calculados por el autor, contados a partir del sismo de Pisco del 15/08/2007.

VII. CONCLUSIONES

1. La deformación actual que presenta la Placa Tectónica de Nazca pone en evidencia su subdivisión en tres nuevas placas tectónicas: (1) Placa Tectónica Nazca Sur, (2) Placa Tectónica de Nazca Centro y (3) Placa Tectónica Nazca Norte.
2. Se pone en evidencia una Subplaca Tectónica que el autor ha denominado "Subplaca de Galápagos", asimismo, se baja a la categoría de Subplaca a la actual Placa de Cocos. Ambas subplacas conforman la Nueva Placa Tectónica de Nazca Norte, por presentar similares mecanismos de deformación.

3. La deformación de la Cordillera de los Andes está comprendida entre la Fosa Peruana-Chilena al Oeste y el Contrafuerte del Escudo Brasileño al Este, espacio y volumen litosférico donde ha evolucionado la Cordillera de los Andes, controlado por estructuras tardihercínicas preexistentes.
4. En la Figura N.º 3 se propone el Nuevo Modelo Sismotectónico de Deformación de las Placas de Nazca y Sudamericana. Observamos un importante engrosamiento de la raíz de la Cordillera de los Andes de aproximadamente 200 kilómetros, mientras que en superficie, los Andes Centrales se levantan siete kilómetros como máximo sobre el nivel del mar, hundándose la litósfera andina por su propio peso en la astenósfera; es decir, la deformación andina es similar a un gran iceberg, pero en este caso la litósfera se sumerge dentro de las rocas líquidas de la astenósfera, mostrando a la Cordillera de los Andes como pequeñas elevaciones continentales con respecto a su gran masa hundida.
5. El arqueamiento de la Fosa Peruano-Chilena en la parte peruana es el resultado del desplazamiento dextral de las Fallas de Paracas (Pisco) y del Golfo de Guayaquil, que limitan a las nuevas placas tectónicas puestas en evidencia.
6. La forma arqueada de la Fosa Peruano-Chilena es la consecuencia de la estructura arqueada del Contrafuerte del Escudo Brasileño, donde se termina la deformación andina.
7. Las principales macroestructuras de los Andes Centrales, formadas durante las diferentes fases tectónicas puestas en evidencia, como producto de la Subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa Sudamericana, de Oeste a Este, son las siguientes: (1) La Fosa Peruana-Chilena; (2) Las cuencas marinas tipo "Flish" del Zócalo Continental; (3) El Macizo Precambriano de Arequipa y el Arco Paleozoico-Precambriano de los Cerros Illescas-Amotape; (4) Los Batolitos de la Costa, Cordillera Blanca y Vulcanismo Cenozoico; (5) Las fallas transversales a la estructura regional en zonas de costa y Placa de Nazca, dentro de éstas, la Falla de Paracas (Falla de Pisco) y Falla del Golfo de Guayaquil, que limitan a las nuevas placas tectónicas puestas en evidencia; (6) La zona de sobrescurrimientos del Eje de la Cordillera Occidental; (7) El Basamento Paleozoico-Precambriano de la Cordillera Oriental y Geoanticlinal del Marañón; (8) Las Deflexiones de Huancabamba y Abancay; (9) Las cuencas marinas tipo *flish* del llano amazónico; y, (10) El Contrafuerte del Escudo Brasileño. Los yacimientos minerales y de hidrocarburos están directamente asociados a estas estructuras.
8. La investigación pone en evidencia la presencia de "Ciclos Sísmicos" de liberación de energía en territorio peruano, que fluctúan en períodos comprendidos entre 33 y 40 años, encontrándose en la actualidad el Bloque Centro-Norte del Perú (CN), **amenazado por el "ciclo sísmico 1985-2019" y en consecuencia, se espera el retorno de los ciclos sísmicos de los años de "1914-1950" y/o "1951-1984", donde se sucedieron los sismos catastróficos de 1940 en Lima, 1946 en los departamentos de Ancash y La Libertad; 1970 en Huaraz, 1974 en Lima y 1976 al norte de Huacho.**
9. Los sismos históricos producidos en los Andes centrales están directamente relacionados a los bloques fallados continentales situados al Oeste de la Placa Sudamericana siguientes: (1) Bloque Sur (S): Pisco-Antofagasta, (2) Bloque Centro-Norte (CN): Lima-Trujillo-Ancash, (3) Bloque Norte (N): Piura-Tumbes, (4) Bloque Guayaquil (G) y, (5) Bloque Llano Amazónico (LLA): Selva Peruana.
10. El Sismo de Pisco del 15 de agosto de 2007 es un evento único por su duración en la historia sísmica del Perú, presentó las siguientes características: (1) Magnitud $M_w = 8,0$; (2) Duración = 3,5 minutos; (3) Número de eventos principales: 2(dos); (4) Número de Réplicas = ± 1350 ; (5) Profundidad = 39 km.
11. El Foco del Sismo de Pisco se ubica en el Plano de la "Falla de Paracas" o "Falla de Pisco", el cual ha reactivado dicha falla. Su mecanismo focal corresponde a una falla de desgarre dextral, donde se observa que el primer sismo principal se produjo en el Plano de la Falla Paracas por desplazamiento dextral de su bloque techo, para luego migrar la sismicidad al sureste, produciéndose el segundo evento sísmico por desplazamiento dextral de su bloque piso a consecuencia del reajuste de la Placa Tectónica Nazca Sur. Luego de los dos sismos principales, se siguieron 1350 réplicas formando un área de deformación sísmica, en cuya parte central se ubica la Falla de Paracas, que sumado al hecho que el primer sismo se ubica en el plano de dicha falla, evidencia su reactivación y la existencia de las Nuevas Placas Tectónicas Nazca Sur y Nazca Centro, separadas por la dicha falla.
12. Después del sismo de Pisco a la actualidad, se observan concentraciones importantes de epicentros sísmicos de magnitudes $ML \leq 4,0$ en el área de influencia de la Falla Paracas y frente a Lima Metropolitana. En esta última localidad, las concentraciones sísmicas se ubican en la misma zona donde se produjo el sismo de 1974 de magnitud

$M_b = 7,8$, hecho que demuestra que la sismicidad del sur peruano está migrando hacia las costas de Lima, siendo estas concentraciones sísmicas eventos premonitores del retorno del sismo de 1974.

13. El Gobierno Central, la Municipalidad Metropolitana de Lima e instituciones involucradas deben realizar la prevención del retorno del sismo de 1974, para proteger a la población de Lima Metropolitana y mitigar el desastre sísmico en la probabilidad que éste suceda, dentro de los próximos seis (6) años calculados por el autor a partir del sismo de Pisco del 15/08/2007.

VIII. AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al profesor Maurice Mattauer de la Universidad de Montpellier, Francia, quien dirigió personalmente la preparación de mi tesis doctoral en los Pirineos Franceses, transmitiéndome los conocimientos, métodos y técnicas del análisis tectónico y tectonofísico, que más tarde apliqué a los Andes Centrales durante más de 25 años; sin estos conocimientos hubiera sido imposible llegar a las conclusiones de la presente investigación; en igual forma, mi agradecimiento al profesor François Arthaud, también de la Universidad de Montpellier, por haberme transmitido los

conocimientos, métodos y análisis microtectónicos, que luego aplicaría por primera vez en el Perú, gracias a ello fue posible el conocimiento profundo de la tectónica andina y poner en evidencia los resultados de la presente investigación.

Mi gratitud a la empresa CGS Consultores Asociados S.A. por haber financiado la presente investigación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cande, S. C. *et al.* (1989). *Magnetic Lineations of the World's Ocean Basins, scale 1:27,400,000*, Am. Assoc. of Petroleum Geol. (AAPG map), Tulsa, Okla.
- [2] Bruce C. Heezen, Tharp, Marie (1977). *Mapa de fondos oceánicos*. Enciclopedia Quod Larousse 2006, Ediciones Larousse, México. p. 33
- [3] Po-Fei Chen *et al.* (2001). Variations in slab dip along the subducting Nazca Plate, as related to stress patterns and moment release of intermediate-depth seismicity and to surface volcanism. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2001GC000153, USA.
- [4] Smith W. H., Sandwell D.T. (1997). Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277:1956-1962.

