

Freie Universität Berlin
Institut für Geologische Wissenschaften

Structure of the Andean continental margin and causes of its segmentation

Dissertation
Zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. Nat.)
Am Fachbereich Geowissenschaften der Freie Universität Berlin

Vorgelegt von

Andrés Tassara

Erster Gutachter: Prof. Dr. Hans-Jürgen Götze
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. Onno Oncken

Tag der Disputation: 24.11.2005

Table of Contents

Prefaces	
Abstract.....	4
Zusammenfassung.....	6
Resumen.....	8
Acknowledgements.....	11
Preamble.....	13
<hr/>	
1. Introduction	
1.1. Andean segmentation: Facts and open questions.....	17
1.2. Working hypothesis.....	19
1.3. Methods, previous work and study areas.....	20
<hr/>	
2. Interaction between the Nazca and South American plates and formation of the Altiplano-Puna plateau: Review of a flexural analysis along the Andean margin (15°-34°S).....	
2.1. Introduction.....	25
2.2. Geotectonic description of the Central Andes.....	25
2.2.1. Forearc.....	26
2.2.2. Main orogen and foreland.....	28
2.3. Flexural analysis	
2.3.1. Data.....	29
2.3.2. Method.....	29
2.3.3. Results.....	31
2.4. Interpretation and discussion of the results	
2.4.1. Basis for a geotectonic interpretation of T_e estimates.....	34
2.4.2. Across-strike T_e variations.....	36
2.4.3. North-south weakening of the forearc.....	37
2.4.4. Very weak main orogen.....	38
2.4.5. Estimates of horizontal stress σ_h	40
2.5. Geotectonic model of forearc-plateau interaction at the Altiplano segment.....	41
2.6. Conclusions.....	44
2.7. Acknowledgements.....	46
<hr/>	

3. Factors controlling the crustal density structure underneath active continental margins with implications for their evolution.....	47
3.1. Introduction.....	48
3.2. Major element geochemistry of the dataset.....	49
3.3. Petrophysical modelling.....	52
3.4. Results	
3.4.1. Anhydrous crust.....	54
3.4.1.1.Upper crust.....	54
3.4.1.2.Lower crust.....	55
3.4.1.3.Lowermost crust.....	57
3.4.2. Empirical relationships between density and silica content under anhydrous conditions.....	58
3.4.3. H ₂ O-saturated crust.....	62
3.4.3.1.Lower crust.....	63
3.4.3.2.Lowermost crust.....	64
3.4.4. Quantifying the effect of partial melting.....	65
3.5. Discussion	
3.5.1. Contrasting effect of water saturation on lower crustal rocks.....	67
3.5.2. Buoyancy of hydrated, mafic lower crust.....	69
3.5.3. Scenarios for gravitational instability and removal of dense lowermost crust.....	71
3.6. Summary and Conclusions.....	73
3.7. Acknowledgements.....	75
<hr/>	
4. Three-dimensional density model of the Nazca plate and the Andean continental margin.....	76
4.1. Introduction.....	77
4.2. Andean geotectonics.....	79
4.3. Bouguer anomaly database.....	81
4.4. 3D density model.....	83
4.4.1. Initial model structure.....	83
4.4.2. Reference density model.....	85
4.4.3. Selection of density values for modelled bodies.....	87
4.4.3.1.Nazca plate.....	87
4.4.3.2.Subducted slab.....	89

4.4.3.3. Continental margin.....	89
4.5. Geometry of density discontinuities and their constraints.....	90
4.5.1. Oceanic plate.....	91
4.5.2. Subducted Nazca slab.....	91
4.5.3. Continental lithosphere-asthenosphere boundary.....	93
4.5.4. Continental Moho.....	93
4.5.5. Intracrustal density discontinuity.....	94
4.6. Residual Bouguer anomaly and model accuracy.....	95
4.7. Sensitivity analysis.....	96
4.8. Description and discussion of results.....	99
4.8.1. Nazca plate	
4.8.1.1. Oceanic Moho.....	100
4.8.1.2. Oceanic lithosphere-asthenosphere boundary.....	101
4.8.2. Subducted slab.....	104
4.8.3. Continental plate	
4.8.3.1. Lithosphere-asthenosphere boundary.....	105
4.8.3.2. Moho.....	107
4.8.3.3. Intracrustal discontinuity.....	110
4.9. Summary and Conclusions.....	115
4.10. Acknowledgements.....	118
4.11. Appendix A: Mantle density structure.....	119
4.12. Appendix B: Correcting the density structure of oceanic mantle lithosphere.....	122
<hr/>	
5. Conclusions.....	125
5.1. Summary of Chapters 2, 3 and 4.....	126
5.2. Implications and limitations of this work for understanding the Andean segmentation issue.....	129
5.3. Outlook for a future work.....	132
<hr/>	
6. References.....	135
<hr/>	

Abstract

This work investigates factors controlling the segmentation of the Andean margin. It is formed by three chapters, whose methods, results and conclusions can be summarized as follow:

The elastic thickness of the Andean forearc is maximum between 15° and 23°S, decreasing southward and toward the very weak orogen. Interpreting these trends suggests that: the subduction-related thermal structure dominates rigidity variations; southward weakening of the forearc is caused by decreasing age of the slab; the forearc is a rigid geotectonic element; thick, quartz-rich crust and low strain rate-to-heat flow ratio cause low cordilleran rigidity; strength below the Altiplano localizes in an upper-crustal layer whose base correlates with a geophysical discontinuity; the forearc-plateau boundary is a zone of changing thermal conditions, eastward-increasing crustal thickness and felsic component in the crust, and low strain-rate deformation, correlating at the surface with a west-verging structural system. These conclusions suggest that the forearc acts as a pseudo-indenter against the weak plateau allowing accumulation of ductile crust that moves westward from the foreland. This model integrates contradicting ideas on the relative importance of upper-crustal structures and lower crustal accumulation.

The design of a gravity-based Earth model for the Andes require knowledge of the effect exerted on density by several potential factors. This motivates petrophysical modelling for 55 major element analyses characterizing active continental margins. Mineral assemblages and densities were computed using two thermodynamic approaches along conductive geotherms for arcs and shields. Under dry conditions density is inversely correlated with SiO₂ for all PT conditions. Empirical relationships with correlation factors > 0.9 allow density to be estimated from silica content at critical conditions. These relationships also hold for wet, melt-containing crustal columns of acidic to intermediate composition but cannot be applied for basic compositions: Mafic rocks absorb significant amounts of water in amphiboles, strongly reducing their density with respect to dry garnet-pyroxene granulites. This suggests that hydrated and partially molten lower-crustal zones along magmatic arcs thinner than 50 km could contain large amounts of basic material in a gravitationally stable situation. The results also suggest restricted conditions for the removal of crust into the mantle.

Forward modelling of Bouguer anomalies produced a three-dimensional representation of the continental-scale density structure for the oceanic Nazca plate, the subducted slab and the Andean margin. These major units are formed by a number of bodies, whose density was

predefined in accordance to petrological considerations. Independent information constrains the geometry of the slab, locally the oceanic and continental Moho, and indirectly the lithosphere-asthenosphere boundary. The intracrustal density discontinuity was not constrained: It results by fitting observed and calculated Bouguer anomalies. The model is presented with the aim to serve as a tool for further interpretations and some results are discussed in order to show the potential application of the model to the study of a wide range of Andean geodynamic processes.

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht die Kontrollfaktoren für die Segmentierung des andinen Kontinentalrandes. Die Arbeit ist in drei Abschnitte unterteilt, deren Inhalt wie folgt zusammengefasst werden kann:

Die elastische Dicke des andinen Forearcs erreicht ein Maximum zwischen 15° und 23°S, wobei sie nach Süden und in Richtung des geschwächten zentralen Orogens abnimmt. Diese Trends lassen folgende Interpretationen zu: Die subduktionsabhängige thermische Struktur kontrolliert die Variationen in der Rigidität; Die nach Süden beobachtete Schwächung des Forearcs ist vom abnehmendem Alter der Platte abhängig; Der Forearc darstellt ein rigides, tektonisches Element; Eine dicke, quarzreiche Kruste sowie ein niedriges Verhältnis von Strainrate zum Wärmefluss verursachen eine niedrige Rigidität im Bereich der Kordillere; Festigkeit unter dem Altiplano wird in einem oberkrustalen Bereich lokalisiert, deren Unterseite mit einer geophysikalischen Diskontinuität korreliert. Die Grenze des Forearc-Plateaus ist zugleich eine Zone, in der sich der thermische Zustand ändert, die krustale Dicke und die felsische Komponente nach Osten zunimmt und Deformationen mit einer niedrigen Strainrate stattfinden. Diese Beobachtungen korrelieren an der Oberfläche mit einem westvergenten Struktursystem. Diese Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass der Forearc als Pseudo-Indenter des schwachen Plateaus fungiert und die Akkumulation von duktiler Kruste zulädt, die sich vom Vorland nach Westen bewegt.

Das Erstellen eines 3D-Dichtemodells für die Anden erfordert eine genaue Kenntnis aller jener Faktoren, die Einfluss auf die Dichte haben. Folgerichtig beschäftigt sich der nächste Teil mit einer petrophysikalischen Modellierung von 55 geochemischen Analysen, die am Aufbau der Gesteine an aktiven Kontinentalrändern beteiligt sind. Mineralzusammensetzungen und Dichten wurden mit Hilfe zweier thermodynamischer Werkzeuge und Bögen- und Schild-Geothermen gerechnet. Unter trockenen Bedingungen ist die Dichte antikorreliert mit dem Gehalt von SiO₂ für alle Druck- und Temperaturbedingungen. Empirische Beziehungen mit einem Korrelationskoeffizienten von > 0,9 erlauben es, die Dichte aus dem Gehalt von Silizium unter kritischen Bedingungen abzuleiten. Diese Beziehungen gelten auch für wasserhaltige, schmelzhaltige, krustale Bereiche mit saurer bis intermediärer Komposition. Sie gelten nicht für basische Kompositionen, da mafische Gesteine signifikante Anteile an Wasser in den Amphibolen aufnehmen, die die Dichte im Vergleich mit trockenen Granat-Pyroxen-Granuliten erheblich verringern. Dieser Befund deutet darauf hin, dass hydrierte und teilgeschmolzene

unterkrustale Bereiche mit Tiefen < 50 km unter den magmatischen Bögen größere Mengen basischen Materials in einem Schweregleichgewicht beinhalten können. Die entsprechenden Ergebnisse geben ebenfalls Hinweise auf die Bedingungen, unter denen Kruste in den Mantel abgeführt wird.

Die Vorwärtsmodellierung der Bougueranomalie ergaben ein großskaliges Bild der Dichteverteilung für die ozeanische Nazca-Platte, die subduzierte Platte und den andinen Kontinentalrand. Diese Haupteinheiten wurden im Modell durch 3D-Körper approximiert, deren Dichten auf der Grundlage petrologischer Annahmen festgelegt wurden. Unabhängige Randwerte legen die Geometrie für die Platte, die ozeanische und kontinentale Moho und - indirekt - auch die Lithosphären-Asthenosphärengrenze fest. Lediglich die innerkrustale Diskontinuität war nicht abgesichert - diese wurde dadurch bestimmt, dass das modellierte und gemessene Schwerefeld interaktiv angepasst wurde. Die Modellrechnungen verfolgten das Ziel, eine abgesicherte Struktur des Untergrundes zu haben, die für weitergehende Interpretationen dient. Einige dieser Interpretationen werden näher diskutiert, um zu zeigen, welches Potenzial ein solches Dichtemodell für das Studium dynamischer Prozesse im andinen Raum enthält.

Resumen

Esta disertación investiga los factores que controlan la segmentación longitudinal del margen convergente activo de Sudamérica. La tesis está formada por tres capítulos independientes analizando tópicos particulares que convergen a la avenida central explorada en este estudio. Los métodos, resultados y conclusiones específicas de estos trabajos individuales pueden ser resumidos como sigue:

Datos existentes de espesor elástico (T_e) para los Andes Centrales tienen valores máximos a lo largo del antearco entre 15° y 23°S, decreciendo gradualmente hacia el sur y marcadamente hacia el orógeno principal. Éste último es muy débil ($T_e < 10$ km) a lo largo de todo los Andes Centrales. Una interpretación rheológica semi-cuantitativa de estas tendencias permite concluir lo siguiente: 1) variaciones de la rigidez perpendiculares al margen son dominadas por la estructura termal derivada del proceso de subducción; 2) el debilitamiento hacia el sur del antearco está directamente ligado al descenso de la edad termal de la placa subductada; 3) El antearco constituye un elemento geotectónico resistente, frío y rígido; 4) muy bajas rigideces a lo largo del orógeno principal son causadas por la presencia de una corteza gruesa y rica en cuarzo resistiendo una baja razón entre strain rate y flujo calórico; 5) la resistencia mecánica de la litósfera bajo el Plateau está localizada en una capa cortical superior, cuya base a ~15 km de profundidad podría estar correlacionada con una discontinuidad física reconocida por experimentos geofísicos; 6) El límite de rigidez entre el antearco y el Plateau corresponde a una zona donde cambian las condiciones termales, aumenta el contenido de cuarzo y espesor de la corteza, la deformación ocurre a bajos strain-rates y que se correlaciona en superficie con un sistema estructural de vergencia al oeste. Estas conclusiones sugieren que el antearco rígido actúa como un pseudo-indentador contra el débil Plateau y permite la acumulación de material cortical dúctil que se mueve hacia el oeste desde el antepaís acortado. Este pseudo-indentador se representa geoméricamente como una zona triangular de escala cortical enraizada bajo el Plateau en el decollement observado geofísicamente. Este modelo permite integrar ideas contradictorias existentes acerca de la interacción dinámica del antearco con el Plateau que se relacionan con la importancia relativa de estructuras compresivas someras y acumulación de corteza inferior bajo el antearco.

El diseño y posterior interpretación de un modelo tri-dimensional de densidades para el margen andino requiere un conocimiento suficiente acerca de los efectos ejercidos sobre la densidad de la corteza continental por la composición química, las condiciones de presión-temperatura (PT) y el contenido de agua. Esta necesidad motivó el desarrollo de un

modelamiento petrofísico para 55 análisis de elementos mayores compilados para caracterizar el trend de diferenciación geoquímica de márgenes continentales activos. Asociaciones mineralógicas en equilibrio y densidades fueron calculadas usando dos herramientas termodinámicas independientes a lo largo de geotermas representativas de arcos volcánicos y escudos. Resultados bajo condiciones deshidratadas demuestran que la densidad es inversamente proporcional al porcentaje en peso de SiO_2 para todas las condiciones PT. Relaciones empíricas con factores de correlación comúnmente mayores que 0.9 permiten estimar la densidad de márgenes continentales activos desde el contenido de sílice a condiciones críticas. Cálculos efectuados para sistemas saturados en agua y estimaciones del efecto producido por magma retenido en la densidad de zonas corticales inferiores de fusión, asimilación, almacenaje y homogenización (MASH por sus siglas en inglés), indican que estas relaciones empíricas también se pueden aplicar a columnas corticales húmedas y parcialmente fundidas de composición intermedia a ácida. Ellas no pueden ser aplicadas a composiciones básicas porque las rocas máficas absorben cantidades significativas de agua vía la formación de anfíbolos, reduciendo fuertemente la densidad con respecto a granulitas de granate y piroxeno generadas en ambientes secos. Este hecho sumado a la reducción de densidad generada por algún porcentaje en volumen de material parcialmente fundido, sugiere que zonas tipo MASH bajo arcos máficos hidratados más delgados de 50 km podrían contener gran cantidad de material (ultra)básico en una situación gravitacional estable. Esto podría tener implicaciones para estimaciones de la composición cortical global y modelos de crecimiento cortical. Los resultados también sugieren algunas restricciones para las condiciones termales, composicionales y tectónicas que permiten la remoción de corteza inferior en el manto.

Un modelamiento directo de las anomalías de Bouguer en una región que contiene el Océano Pacífico (al este de 85°S) y el margen andino (al oeste de 60°S) entre el norte de Perú (5°S) y la Patagonia (45°S) produjo una estructura tri-dimensional de densidades que es simple y reproduce el campo gravimétrico con gran precisión. La placa oceánica de Nazca está formada por un cuerpo cortical y otro para el manto litosférico que sobreyace un manto sub-litosférico, pero zonas de fractura dividen la placa en siete segmentos longitudinales. La losa subductada fue modelada hasta una profundidad de 410 km, tiene la misma estructura que la placa oceánica pero está subdividida en cuatro segmentos hacia abajo. El margen continental consiste en un cuerpo para la corteza superior y otro para la corteza inferior sin otras subdivisiones laterales, mientras que el manto tiene dos cuerpos para la litosfera y dos para la astenósfera, los que son divididos lateralmente por la prolongación hacia abajo del límite

oriental del volcanismo activo. La densidad de cada cuerpo fué predefinida luego de un estudio sobre su dependencia a la composición de corteza y manto y las condiciones de presión y temperatura apropiadas para el marco andino. Una base de datos que contiene información geofísica independiente constriñe la geometría de la loza subductada, localmente el Moho de las placas oceánica y continental e indirectamente el límite litósfera-asténosfera (LAB) bajo el continente. Otras geometrías, especialmente aquella de la discontinuidad intracortical (ICD) en el margen continental, no fueron constreñidas y resultan del calce entre las anomalías de Bouguer observada y calculada por el modelamiento directo. Esta contribución presenta el modelo a la comunidad geocientífica andina y pretende servir como una herramienta para interpretaciones futuras. Se discuten, dentro de las restricciones emanadas de un análisis de sensibilidad, algunos resultados significativos de manera de mostrar la aplicación potencial del modelo al estudio de una amplia gama de procesos geodinámicos andinos. Ésto incluye: 1) Naturaleza de la placa oceánica de Nazca según indica su espesor cortical y la estructura de densidad del manto; 2) Correlación entre la geometría de la loza subductada y la morfoestructuración del margen continental, su relación con la subducción de ridges oceánicos y las causas de la horizontalización de la loza; 3) Profundidad de la LAB como un indicador del régimen termal y la existencia de dominios litosféricos distintivos; 4) Profundidad del Moho, compensación isostática del orógeno y mecanismos de deformación a escala continental; 5) Geometría de la ICD como indicador de variaciones de primer orden en la estructura cortical, su composición, temperatura y grado de fusión parcial a lo largo del margen

Acknowledgements

The work presented in this dissertation could not have been carried out without the help and support of many persons and institutions, to which I will be eternally thankful. I sincerely apologise if I forget some of them here.

Starting with the institutions, I want to acknowledge the Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) for the scholarship I received to develop my doctoral thesis in Germany. The Geosciences Institute at the Freie Universität Berlin (FUB) welcomed me in Campus Lankwitz, Haus N, and provided me with the necessary infrastructure to do my work. The Collaborative Research Center (“Sonderforschungsbereich”) SFB-267 “Deformation Processes in the Andes”, founded by the German Research Foundation (“Deutsche Forschungsgemeinschaft”) and developed by a consortium of Berlin-Potsdam universities and research centres, was a fundamental source of data, of financial support for attendance to scientific meetings and publication of papers, and of the exciting and inspiring discussions that shaped my work and its final orientation and results. My interaction with the SFB-267 project formally took place through the subproject F1 “3D patterns of mass transfer and deformation resulting from oblique convergence along the Chilean forearc” and mostly the subproject F4 “Isostatic state and rheological properties of the Andean lithosphere as inferred from integrated 3D gravity field modelling”.

From the huge amount of persons to whom I wish to express my gratitude, I will begin with my advisor, Prof. Dr. Hans-Jürgen Götze (former head of the Gravity Group at the FUB and now head of the Geophysics Department at the Christian-Albrechts-Universität zu Kiel). He kindly opened the possibility to come to Berlin, supported my scientific project and the application to the DAAD scholarship, gave me from the beginning all that I needed to develop my work and the scientific basis to understand the mysteries of the Earth’s gravity field, its modelling and interpretation. Special thanks to Sabine Schmidt and Ron Hackney (both now at the Geophysics Department at the Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) for their constant collaboration, scientific support and friendship. Thanks also to the “Gravimetrixen” that helped me while they were working in the mythical Haus N of Lankwitz: Zuzana Tasarova, Susan Wienicke, Kirsten Borchardt, Tanja Kollesberger, Girma Woldetinsae, Norbert Ott, Jeorg Ebbing and specially Stephan Pohle for his great work maintaining everything in working conditions despite of the bad weather. The geologists of Haus N,

Cornelius Uba, Harald Ege and Patricio Silva, gave me daily the opportunity to keep in contact with the geology of the Central Andes.

I am grateful to the extraordinary group of geoscientists that participated in the SFB267 project, from which I received continuous feedback, inspiration and support to my study. From this huge group I wish to thank its latter director Onno Oncken (also to be the second advisor of this dissertation), scientific secretary Peter Wigger, and the collaboration, help and discussions with Andrey Babeyko, Stephan Sobolev, Nina Kukowski, Friedrich Lucassen, Ivan Koulakov, Daniel Melnick, Manfred Strecker, Bob Trumbull, Henry Brasse, Serge Shapiro, Mark Handy, Claudio Rosenberg, Sergei Medvedev, Kirsten Elger, Uwe Meyer and Helmut Echler. I also wish to thank some geoscientist outside the SFB-267 project for rich discussions, inspiring ideas and friendly endorsement; Gonzalo Yáñez (CODELCO-Chile), José Cembrano (Universidad Católica del Norte, Antofagasta Chile), Constantino Mpodozis (ENAP-Chile), Estanislao Godoy (SERNAGEOMIN-Chile), Victor Ramos (Universidad de Buenos Aires, Argentina), Rick Allmendinger and Su Kay (Cornell University, USA), Mike Dungan and Daniel Sellés (University of Geneva, Switzerland). Rodrigo Vidaurre is acknowledged for helping with the English language.

This work has been possible thanks to many colleagues providing me with original, mostly unpublished data: Diana Comte, Mario Pardo and Jaime Campos (Universidad de Chile), Arturo Belmonte (CODELCO-Chile), Denizar Blizkow (Universidade de Sao Paulo, Brazil), Sergio Barrientos (CTBTO, Austria), Tony Monfret (IRD, France), Antonio Villaseñor (Inst. Jaume Almera, Spain) and Robert Fromm[†] (USA).

Large thanks to my mother Isabel Oddo, my father Erik Tassara, my brothers Alejandro, Gonzalo and Sebastian and the whole family in Chile, who always encouraged me with their love and confidence in my work.

Finally, and from the warmest place of my heart, I wish to thank my wife Ivonne Barrera, coming from the eternity to this point of time and space to be my unconditional prop, to shelter me inside her love and tenderness, and to supply me with the spiritual support, energy, serenity and inspiration without which I could never have arrived to this end.

[†] I want to specially recognize the open mind, friendship and great scientific legacy that Robert left before his painful and unexpected decease occurred in July 2004.

Preamble

This dissertation studies the crustal and lithospheric structure of the Andean continental margin of western South America that serves as a tool to analyse the causes behind its along-strike geotectonic segmentation. It consists of six chapters, three of which were written as stand-alone manuscripts for publication in international scientific journals.

Chapter 1 is an introduction to the dissertation discussing the open questions related with the Andean margin geotectonics that are intended to be addressed throughout this work. This chapter also summarises the main hypothesis driving the scientific work and methods used during this study.

Chapter 2 is titled “Interaction between the Nazca and South American plates and formation of the Altiplano-Puna plateau: Review of a flexural analysis along the Andean margin (15°-34°S)” and was published in *Tectonophysics*, Vol 399 (2005), p 39-57. I am the only author of this article. In this chapter I review the main results of my master thesis carried out for the Universidad de Chile [Tassara, 1997], concerning the spatial variations of the elastic thickness along and across the Central Andean region. This review allows me to develop a model for the geotectonic interaction between the subducted slab, the forearc and the main orogen, and to propose some processes that can account for the weakness of the Central Andean plateau.

Chapter 3 has the title “Factors controlling the crustal density structure underneath active continental margins with implications for their evolution” and has been accepted for publication in *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* by September 20th, 2005. I am the only author of this manuscript. This chapter is a theoretical study on the effect exerted on crustal density by rock composition, pressure-temperature conditions, water content and degree of partial melting, which was performed in order to provide an adequate framework for the design and further interpretation of the three-dimensional density model presented in the following chapter.

The title of Chapter 4 is “Three-dimensional density model of the Nazca plate and the Andean continental margin”, currently under review by the *Journal of Geophysical Research*. I am the first author of this article, which was written with the collaboration of Hans-Jürgen Götze, Sabine Schmidt and Ron Hackney. I built on the model and wrote the manuscript; H-J. Götze and S. Schmidt developed the modelling software IGMAS, introduced me in its use and extensively reviewed the manuscript; Ron Hackney collaborated with continuous discussion

on the main topics expressed in the article and provided a revision of the English language. This work presents a simplified 3D model of the mass distribution inside the Andean convergence system that is constrained by a unique database compiling most of the geophysical information recently produced in the study region and offers a new window toward the structure, composition and temperature field (between others) along the continental margin.

Chapter 5 is a summary of the previous chapters and depicts the main conclusions of this work. It also discusses the issues that remain open and the future work to be done in order to advance toward their understanding.

Chapter 6 is a list of references cited throughout the previous chapters.