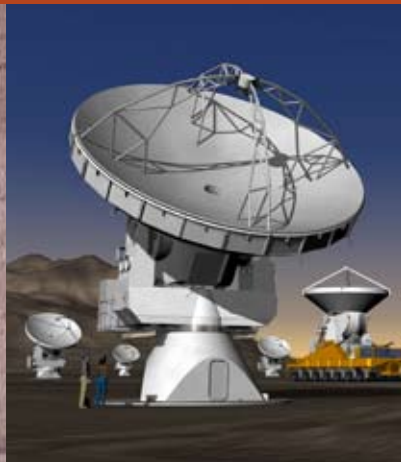




# cerca del cielo

PATRIMONIO BIOLÓGICO EN LA ZONA ALMA

CLOSE TO THE SKY | *biological heritage in ALMA area*



the  $\mathbb{R}^n$ -valued function  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (1) if and only if  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2).

Let us assume that  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2). Then, for any  $t \in \mathbb{R}$ , we have

$$\mathbf{f}(t) = \mathbf{f}(0) + \int_0^t \mathbf{f}'(s) ds = \mathbf{f}(0) + \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

Since  $\mathbf{f}$  is a solution of the system (2), we have  $\mathbf{f}(0) = \mathbf{0}$ . Therefore, we have

$$\mathbf{f}(t) = \int_0^t \mathbf{A}(s) \mathbf{f}(s) ds.$$

the  $\mathbb{R}^n$  is a linear space over  $\mathbb{R}$  with the usual addition and scalar multiplication. The inner product is defined by

$$\langle x, y \rangle = x_1 y_1 + x_2 y_2 + \dots + x_n y_n \quad (1)$$

where  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  and  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$  are vectors in  $\mathbb{R}^n$ .

The norm of a vector  $x$  is defined by

$$\|x\| = \sqrt{\langle x, x \rangle} = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2} \quad (2)$$

The distance between two vectors  $x$  and  $y$  is defined by

$$d(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (3)$$

The angle between two vectors  $x$  and  $y$  is defined by

$$\cos \theta = \frac{\langle x, y \rangle}{\|x\| \|y\|} \quad (4)$$

The orthogonal projection of a vector  $x$  onto a vector  $y$  is defined by

$$\text{proj}_y x = \frac{\langle x, y \rangle}{\|y\|^2} y \quad (5)$$

The orthogonal distance from a vector  $x$  to a vector  $y$  is defined by

$$d(x, y) = \|x - \text{proj}_y x\| \quad (6)$$

The orthogonal distance from a vector  $x$  to a subspace  $S$  is defined by

$$d(x, S) = \inf_{y \in S} \|x - y\| \quad (7)$$

The orthogonal distance from a point  $x$  to a line  $L$  is defined by

$$d(x, L) = \inf_{y \in L} \|x - y\| \quad (8)$$

The orthogonal distance from a point  $x$  to a plane  $P$  is defined by

$$d(x, P) = \inf_{y \in P} \|x - y\| \quad (9)$$

**CERCA DEL CIELO**

*Patrimonio biológico en la zona de ALMA*

---

**PRIMERA EDICIÓN**

Abril 2007

Editado por ESO en Chile

**INVESTIGACIÓN**

Michaela Heisig, bióloga y ecóloga

**EDICIÓN GENERAL DE CONTENIDOS**

Gonzalo Argandoña Lazo

**EDICIÓN, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**



[www.midia.cl](http://www.midia.cl)

Teresa Vial P.

Gilberto Villarroel E.

Elizabeth Bustos B.

Cristián Villena H.

**FOTOGRAFÍAS**

Consultora ECONORTE

Archivo ESO

**IMPRESIÓN**

Fyrmagráfica

© Copyright Registro de Propiedad Intelectual

N° xxxxxxxxxxxx

Todos los derechos reservados

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, transmitida o almacenada por procedimientos mecánicos, químicos o electrónicos, sin autorización expresa y escrita del editor.

**CLOSE TO THE SKY**

*Biological heritage in the ALMA area*

---

**FIRST EDITION**

April 2007

Published for ESO in Chile

**RESEARCH**

Michaela Heisig, biologist and ecologist

**GENERAL CONTENT EDITOR**

Gonzalo Argandoña Lazo

**TEXT EDITOR, DESIGN AND LAYOUT**



[www.midia.cl](http://www.midia.cl)

Teresa Vial P.

Gilberto Villarroel E.

Elizabeth Bustos B.

Cristián Villena H.

**PHOTOGRAPHS**

Consultora ECONORTE

ESO FILES

**PRINTERS**

Fyrmagráfica

© Copyright Registration

N° xxxxxxxxxxxx

All rights reserved

Total or partial reproduction of this book by any means is prohibited. No part of this book may be reproduced, transmitted, or stored by mechanical, chemical, or electronic means without express permission in writing from the publisher.



# cerca del cielo

PATRIMONIO BIOLÓGICO EN LA ZONA DE ALMA

---

CLOSE TO THE SKY | *biological heritage in the ALMA area*







*«El Chapur (zorro) cae al vacío en el poblado de Camar, desparramando las semillas que traía desde el cielo. De esta manera en este poblado se siembran las simientes traídas del cielo».*

*«El Cóndor y su amigo desobediente» en «Cuentos de los niños atacameños». Publicado por Minicentro San Pedro de Atacama, Área de Culturas Originarias, División de Cultura, Ministerio de Educación - Chile.*

***«The Chapur (fox) fell into the void at the village of Camar, scattering the seeds he brought from heaven. That is how seeds that fall from the sky are sown at this village».***

***«El Cóndor y su amigo desobediente» (The Condor and his Disobedient Friend) in «Cuentos de los niños atacameños». Published by Minicentro San Pedro de Atacama, Área de Culturas Originarias, División de Cultura, Ministerio de Educación - Chile.***

# índice

## *EL ORIGEN DE ESTE LIBRO*

- 10 Descifrando el origen del universo
- 11 Importancia de la naturaleza

## **CAPÍTULO 1**

### *ALMA, PASO A PASO*

- 13 Radio astronomía
- 13 Proyecto astronómico global
- 16 Cómo funciona ALMA

## **CAPÍTULO 2**

### *ZONACIÓN ECOLÓGICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE ALMA*

- 22 Zona 1 y zona 2: desierto árido cálido. Zona de potencial inundación del Salar de Atacama y Zona de Dunas
- 28 Reserva nacional «*Los Flamencos*»
- 30 Flamencos y otras aves del Salar de Atacama
- 32 Zona 3: zona de formación geológica Ignimbrita Chaxas
- 35 El reino de las cactáceas
- 36 Zona 4: zona de Matorral Desértico
- 38 Primeros asentamientos humanos
- 39 Fauna silvestre
- 42 Zona 5: zona del Coirón
- 44 Zona 6-A: zona de la Alta Puna
- 46 Zona 6-B: zona de Altas Cumbres

## **CAPÍTULO 3**

### *POLÍTICA AMBIENTAL DEL PROYECTO ALMA: HISTORIA DE UN COMPROMISO*

- 49 Preparando el camino
- 50 El equipo ambiental
- 50 Rafting en seco
- 53 Un paisaje increíble
- 54 Balance favorable
- 55 La ruta escogida

## **CAPÍTULO 4**

### *BUSCANDO LA FLORA Y FAUNA EN EL ÁREA DE ALMA*

- 57 Buscando la fauna
- 58 Ratones y pumas
- 60 Huellas de fauna
- 62 Identificando la flora
- 64 Los compromisos de ALMA
- 64 Capacitación al personal

## **CAPÍTULO 5**

### *ESTUDIOS REALIZADOS*

- 69 Vizcachas (*lagidium viscacia*), trabajos en colonias.
- 71 Ratón Chinchilla (*abrocoma cinerea*), protección y conservación de colonias
- 72 Cactáceas, trabajos de rescate
- 74 Vicuñas y Ñandúes, vigilancia de pasos

## **EPÍLOGO**

### *EL ESPACIO Y MÁS ALLÁ...*

- 80 *NOTAS*
- 81 *BIBLIOGRAFÍA*



# contents

## *THE ORIGIN OF THIS BOOK*

- 10 Deciphering the origin of the universe
- 11 Importance of Nature

## **CHAPTER 1**

### *ALMA, STEP BY STEP*

- 13 Radio astronomy
- 13 Global astronomy project
- 16 How ALMA works

## **CHAPTER 2**

### *ECOLOGICAL ZONING OF THE ALMA AREA OF INFLUENCE*

- 22 Zone 1 and 2: warm arid desert. Atacama Salar potential flood area and sand dune area
- 28 National Reserve Los Flamencos
- 30 Flamingo and other birds of the Atacama Salar
- 32 Zone 3: Chaxas Ignimbrite area
- 35 The cactus kingdom
- 36 Zone 4: desert scrub zone
- 36 First human settlements
- 38 Wild fauna
- 42 Zone 5: Coiron area
- 44 Zone 6-A: high-puna area
- 46 Zone 6-B: high-peak area

## **CHAPTER 3**

### *ENVIRONMENTAL POLICY OF ALMA*

#### *HISTORY OF A COMMITMENT*

- 49 Preparing the way
- 50 The environment team
- 50 Dry rafting
- 53 An unbelievable landscape
- 54 Favourable balance
- 55 The chosen route

## **CHAPTER 4**

### *SEEKING FLORA AND FAUNA IN ALMA AREA*

- 57 Seeking fauna
- 58 Rats and pumas
- 60 Fauna tracks
- 62 Identifying flora
- 64 The ALMA commitments
- 64 Capacity-building for personnel

## **CHAPTER 5**

### *STUDIES PERFORMED*

- 69 Viscacha (*lagidium viscacia*), work on colonies
- 71 Chinchilla rat (*abrocoma cinerea*), colony protection and conservation
- 72 Cactaceae rescued
- 74 Vicuña and rhea, pass watching

## **EPILOGUE**

### *SPACE AND BEYOND...*

- 80 *NOTES*
- 81 *REFERENCES*

# el origen de este libro

# the origin of this book

## DESCIFRANDO EL ORIGEN DEL UNIVERSO

Casi a 300 kilómetros al este de Antofagasta, en la Segunda Región de Chile, se halla la planicie de Chajnantor. Esta zona se levanta en uno de los rincones más desolados del mundo, a 5 mil metros de altura, donde casi no se puede respirar.

Este lejano rincón de América del Sur, en los Andes Centrales, es la morada de ALMA (Atacama Large Millimeter-Submillimeter Array, o Gran Conjunto de Radiotelescopios de Atacama).

ALMA está ubicado cerca del volcán Licancabur. Este nombre significa «*el cerro del pueblo*» en Kunza, la ancestral lengua del pueblo atacameño, habitantes originarios de aquella zona que hoy pertenece a la Segunda Región de Chile. Es una cumbre venerada por los pueblos antiguos por tratarse del lugar más alto y más cercano al Inti (sol, en quechua).

La naturaleza y la ciencia harán un pacto único en la meseta de Chajnantor. El radio observatorio más poderoso del mundo buscará descifrar los misterios de las primeras épocas del cosmos, en el mismo entorno en que los pueblos originarios establecieron, desde el comienzo de los tiempos, su comunión con la Pachamama (madre tierra).

Será un encuentro simbólico de culturas que desde tiempos antiguos miraron hacia el cielo, cada una desde una perspectiva propia. Solamente un par de ejemplos: ahí donde los europeos veían a Alfa y Beta Centauro, los primeros sudamericanos, contemplando las estrellas desde los confines del mundo, veían los Ojos de Llama, aquel importante camélido de las zonas altiplánicas. Y en el mismo punto del cielo en que los europeos veían la constelación de Géminis, los sudamericanos veían Puma Yunta (par de pumas, animales andinos sagrados).

Chajnantor o Tchacknatur significa «*despegar*» en Kunza. En el lugar de las plataformas de veneración del sol, donde por tiempos inmemorables despegaron las plegarias y los deseos, queremos agregar dos más: que sea el lugar que alumbré nuevas claves sobre el origen del cosmos y de las estrellas y, a su vez, el lugar donde la alta tecnolo-

## DECIPHERING THE ORIGIN OF THE UNIVERSE

The Chajnantor plain lies almost 300 km east of Antofagasta, in Chile's Region II. The area is located in one of the most desolate corners of the world, at 5 thousand meters altitude, where breathing is almost impossible.

This remote corner of South America in the Central Andes is the home of ALMA (Atacama Large Millimetre - Submillimeter Array).

ALMA stands close to Mt Licancabur. The name means «hill of the people» in Kunza, the ancestral language of the Atacameño people, who originally inhabited the area that belongs today to Region II of Chile. The peak was venerated by the ancient peoples because it was the highest place, hence closest to Inti (the sun, in Quechua).

Nature and science were to enter into a solemn pact on the Chajnantor plain. The most powerful radio observatory in the world will seek to decipher the mysteries of the early ages of the cosmos in the same surroundings where the original peoples established communion with Pachamama (mother Earth) since the beginning of time.

It was to be the symbolic uniting of cultures that in ancient times gazed at the sky, each from its individual perspective. Just a couple of examples: where Europeans saw Alpha and Beta Centauri, the first South Americans, gazing at the stars from the end of the world, saw the Eyes of Llama, that major camelid of the Altiplano area. And in the same part of the sky where Europeans saw the constellation of Gemini, South Americans saw Puma Yunta (couple of puma, a sacred Andean animal).

In Kunza, Chajnantor or Tchacknatur means «lift-off place». It is the place of platforms for worshipping the sun, where since time immemorial prayers and wishes lift-off. We wish to add two more: may it be the place where new clues are found to the origin of the cosmos and the stars, while being also the place where high technology at the service of modern science



gía, al servicio de la ciencia, armonice con la naturaleza y la cultura ancestral que la rodean, en beneficio de todos los componentes que llamamos medio ambiente.

#### **IMPORTANCIA DE LA NATURALEZA**

El Llano Chajnantor fue seleccionado como el sitio ideal para la construcción de ALMA luego de varios años de estudios atmosféricos y meteorológicos.

Su gran altura, estabilidad atmosférica y baja humedad lo convierten en uno de los mejores lugares del mundo para la Radio Astronomía.

Para proteger las privilegiadas condiciones de Chajnantor, el gobierno de Chile ha declarado una gran parte de esta zona como reserva científica.

En este libro conoceremos ALMA paso a paso, comenzando por algunos conceptos básicos sobre Radio Astronomía, lo que nos permitirá entender la importancia del trabajo que allí se realiza para ampliar nuestro conocimiento actual del Universo.

Este libro contiene las observaciones de flora y fauna efectuadas en terreno por expertos que fueron comisionados para investigarla y recomendar las claves para su protección. Este es el patrimonio que los invitamos a descubrir en las siguientes páginas.

**harmonizes with nature and the ancestral culture surrounding it, for the benefit of all the components that we call environment.**

#### **IMPORTANCE OF NATURE**

**Llano Chajnantor was selected as the ideal spot for erecting ALMA following several years of atmosphere and meteorology studies. The high elevation, stable atmosphere, and low humidity make it one of the best locations in the world for radio astronomy. To protect the privileged conditions of Chajnantor, the government of Chile declared a major portion of the area a scientific reserve.**

**This book will acquaint us with ALMA step by step, beginning with a few basics of radio astronomy to enable us understand the importance of the work carried on there and expand our present knowledge of the Universe.**

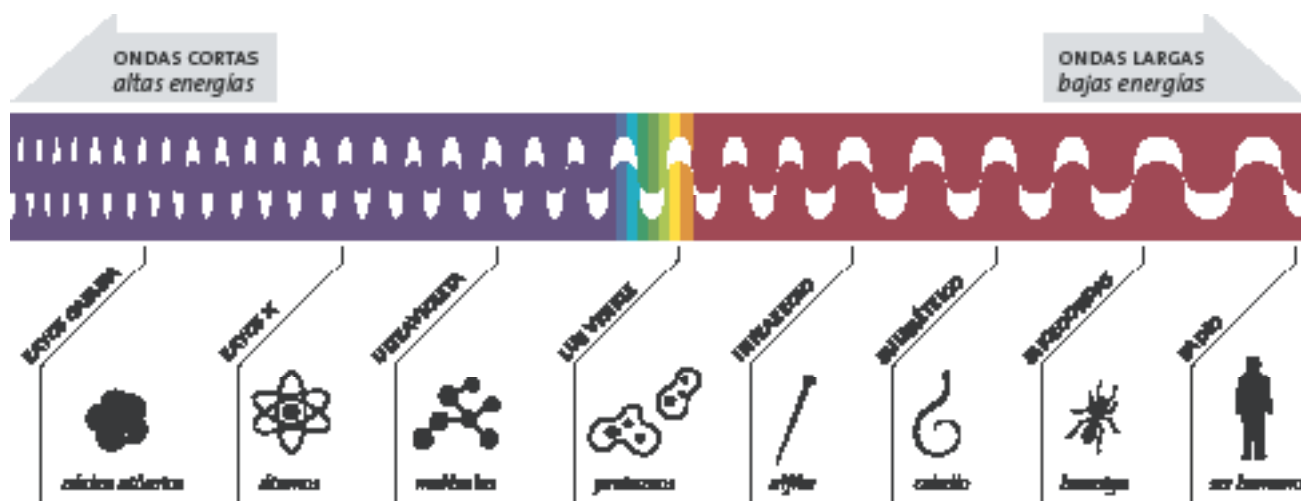
**The book contains the observations on flora and fauna performed on site by experts commissioned to investigate the area and provide key notions to protect it. This is the heritage that we invite you to discover in the following pages.**

CAPÍTULO 1

ALMA, paso a paso

CHAPTER 1

ALMA, step by step



### RADIO ASTRONOMÍA

Los objetos que estudian los astrónomos, como las estrellas y las galaxias, emiten varios tipos de onda. De esas señales, nuestro ojo puede percibir una mínima parte.

Además de la luz visible, hay ondas muy pequeñas y energéticas, como los *rayos X* y *gamma*. En el otro extremo están las ondas más amplias y con menos energía, como las que emite un microondas o un aparato de radio.

Los lugares más «fríos» del universo, como las nubes de gas y polvo donde se forman las estrellas, emiten un tipo de ondas llamadas milimétricas y submilimétricas, que tienen el ancho de un cabello humano o incluso menos, y sólo se pueden captar gracias a la radio astronomía. Las antenas de ALMA permitirán obtener imágenes del universo en el rango de las ondas milimétricas y submilimétricas, con una resolución nunca antes alcanzada.

### PROYECTO ASTRONÓMICO GLOBAL

ALMA es el primer proyecto astronómico global, donde participan Europa, Norteamérica y Japón, en cooperación con la República de Chile.

Las 50 antenas principales de ALMA tienen 12 metros de diámetro y podrán ser transportadas en camiones especiales, permitiendo distintas configuraciones que simulan un «zoom» gigantesco.

La configuración menos extendida tiene 150 metros de diámetro (las antenas muy juntas) y sirve para observar campos muy amplios como galaxias o grandes nubes de polvo.

La configuración más extendida alcanza los 18 kilómetros (las antenas muy separadas) y permite obtener imágenes de muy alta resolución de un objeto pequeño como un planeta.

Finalmente, ALMA cuenta además con un Conjunto Compacto de 16 antenas, que podrán funcionar en coordinación con el resto, completando así un total de 66 antenas.

### RADIO ASTRONOMY

The objects that astronomers study, e.g. stars and galaxies, emit various kinds of waves. The human eye can detect only a minimal portion of such signals.

In addition to visible light, there are very short wavelengths and high energy frequencies, as in X-rays and gamma rays, while at the other end of the spectrum there are longer wavelengths and lower energy frequencies, such as those emitted by a microwave oven or a radio.

The «coldest» places in the universe, such as the gas and dust clouds where the stars are formed, emit waves of a type known as millimetric and submillimetric, as wide as a human hair or even less, which can only be detected thanks to radio astronomy. The ALMA antenna arrays allow images of the universe to be obtained in the range of millimetric and submillimetric waves, with a resolution never before achieved.

### GLOBAL ASTRONOMY PROJECT

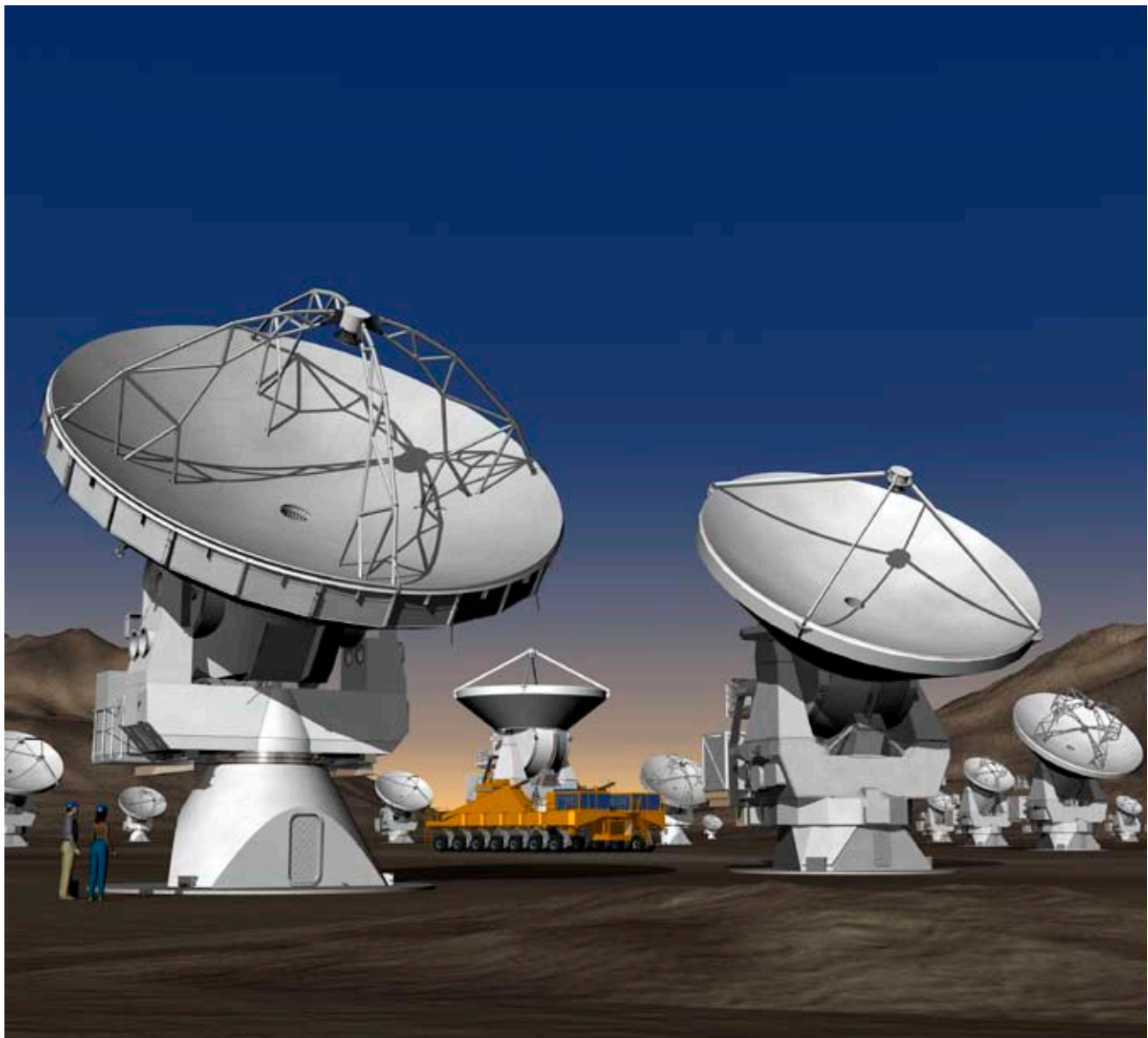
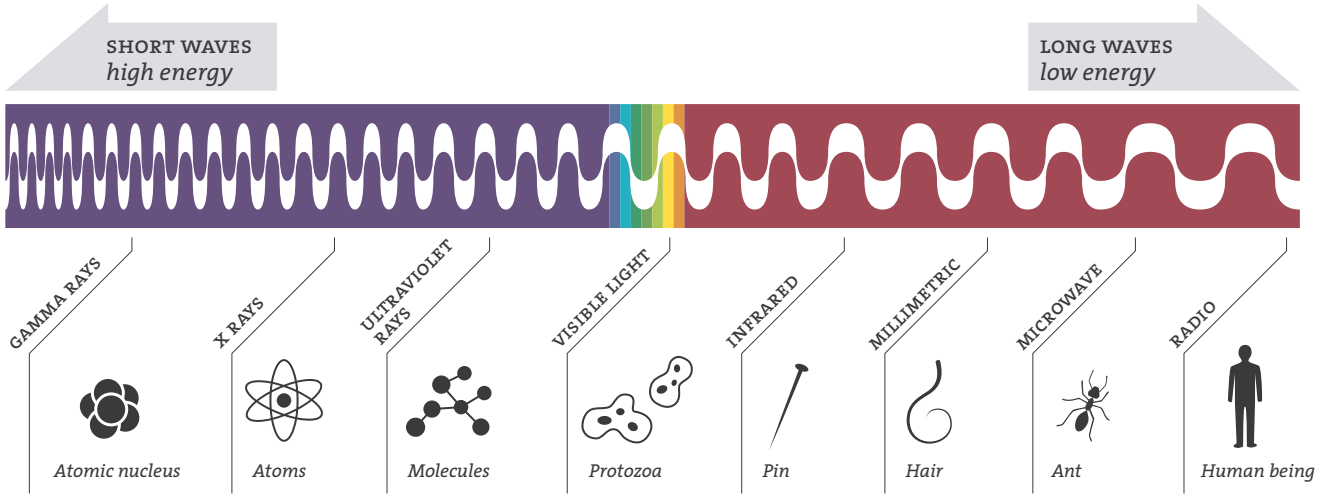
ALMA is the first global astronomy project, where Europe, North America, and Japan participate in cooperation with the Republic of Chile.

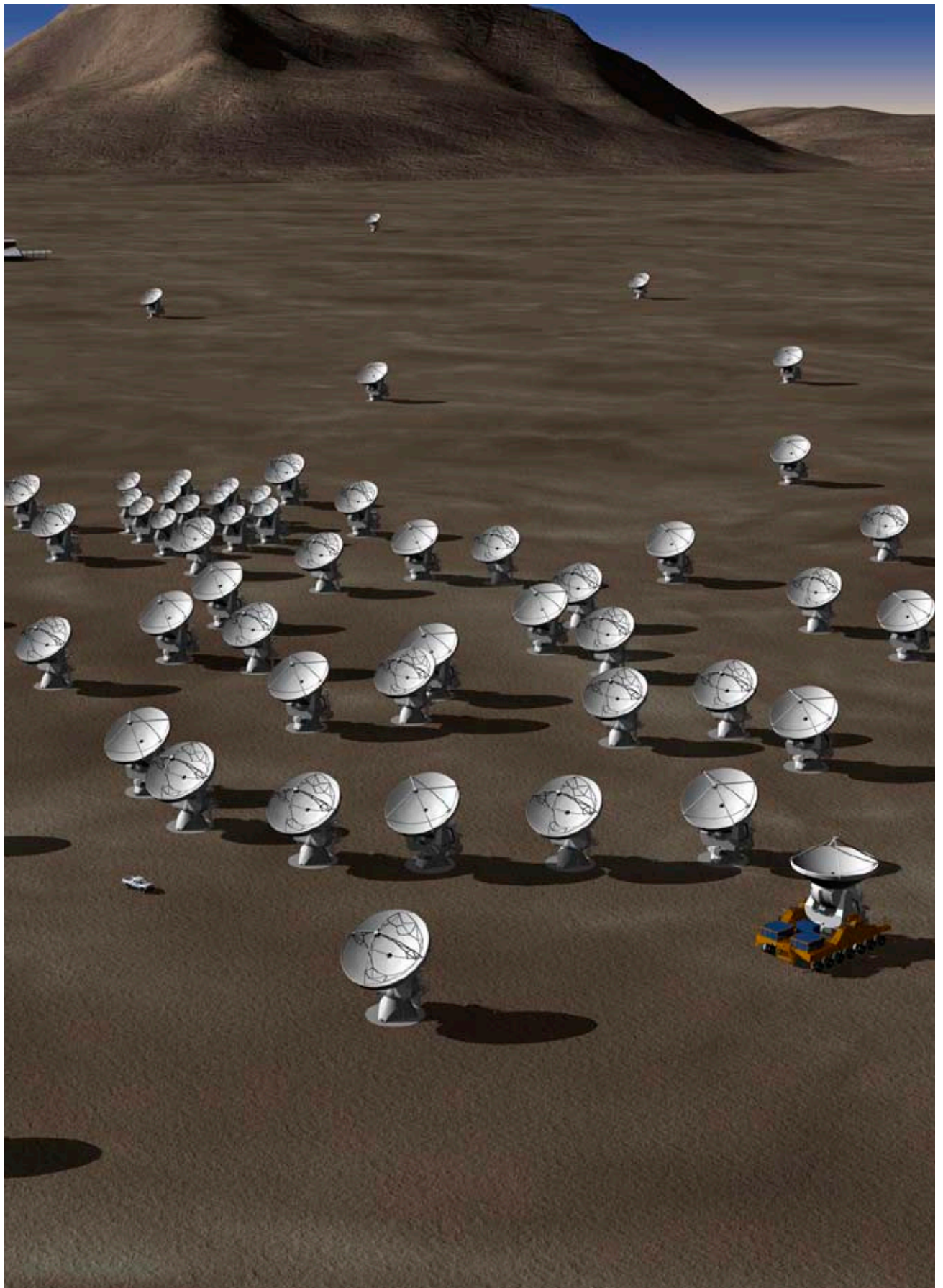
The 50 main antennas of ALMA are 12 meters in diameter and can be transported on special lorries; they can be arranged in different configurations simulating a gigantic zoom.

The least extensive array is 150 meters in diameter (the antennas very close together) and is used to observe very extensive fields like galaxies or large dust clouds.

The most extensive array is 18 km across (the antennas widely separated) and is used to obtain very high resolution images of a small object such as a planet.

Finally, ALMA also operates a Compact Set composed of 16 antennas that can work in coordination with the rest, completing a total of 66 antennas.







Cordillera de la Sal

Cordillera de la Sal

Las privilegiadas condiciones atmosféricas de Chajnantor lo convierten en uno de los mejores lugares del mundo para la radio astronomía.

Científicos de todo el mundo usarán ALMA para estudiar los primeros tiempos de nuestro universo y la formación de galaxias, estrellas y planetas con una resolución inigualable.

Cuando ALMA esté finalizado, alrededor del año 2012, será el observatorio radio astronómico más grande del planeta.

#### CÓMO FUNCIONA ALMA

En los observatorios modernos, los astrónomos no miran directamente a través de los telescopios. El ojo humano ha sido reemplazado por detectores electrónicos y poderosos computadores que analizan las señales emitidas por objetos lejanos, convirtiéndolas en imágenes de la zona del cielo que se está observando o bien revelando la composición química del objeto en estudio.

En el caso de ALMA, las ondas milimétricas y submilimétricas emitidas por un objeto golpean el plato parabólico y rebotan hacia la punta del telescopio. Luego entran a un receptor que las convierte en señales que pueden ser almacenadas en una computadora.

Los receptores de ALMA funcionan a temperaturas cercanas a los 270 grados bajos cero y poseen el sistema electrónico de superconducción más grande del mundo.

Finalmente, la señal es enviada a través de fibra óptica hacia un gran edificio de control, ubicado lejos de las antenas. Allí una poderosa computadora combina simultáneamente la información proveniente de todas las antenas para crear una imagen de extrema nitidez.

**The privileged atmospheric conditions of Chajnantor make it one of the most favourable places in the world for radio astronomy.**

**Scientists from all over the world will utilize ALMA to observe with unequalled resolution the early days of our universe and the formation of galaxies, stars, and planets.**

**When ALMA is completed, around 2012, it will be the largest radio astronomy observatory on the planet.**

#### HOW ALMA WORKS

**In modern observatories, astronomers do not look directly through the telescopes. The human eye has been replaced by electronic detectors and powerful computers that analyse the signals emitted by distant objects, turning them into images of the area of the sky that is being observed or else revealing the chemical analysis of the object under study.**

**In the case of ALMA, the millimetric and submillimetric waves emitted by an object strike the parabolic dish and rebound to the tip of the telescope. Then they enter a receiver that converts them into signals that can be stored in a computer.**

**ALMA receivers operate at temperatures close to 270 degrees below zero with the largest electronic superconducting system in the world.**

**Lastly, the signal is sent by fibre optics to a large control building located at a distance from the arrays. A powerful computer simultaneously combines the information from all antennas to create an extremely clear image.**





Las ondas milimétricas y submilimétricas golpean el plato parabólico y rebotan hacia la punta del telescopio. Luego entran a un receptor que las convierte en señales que son guardadas en una computadora.

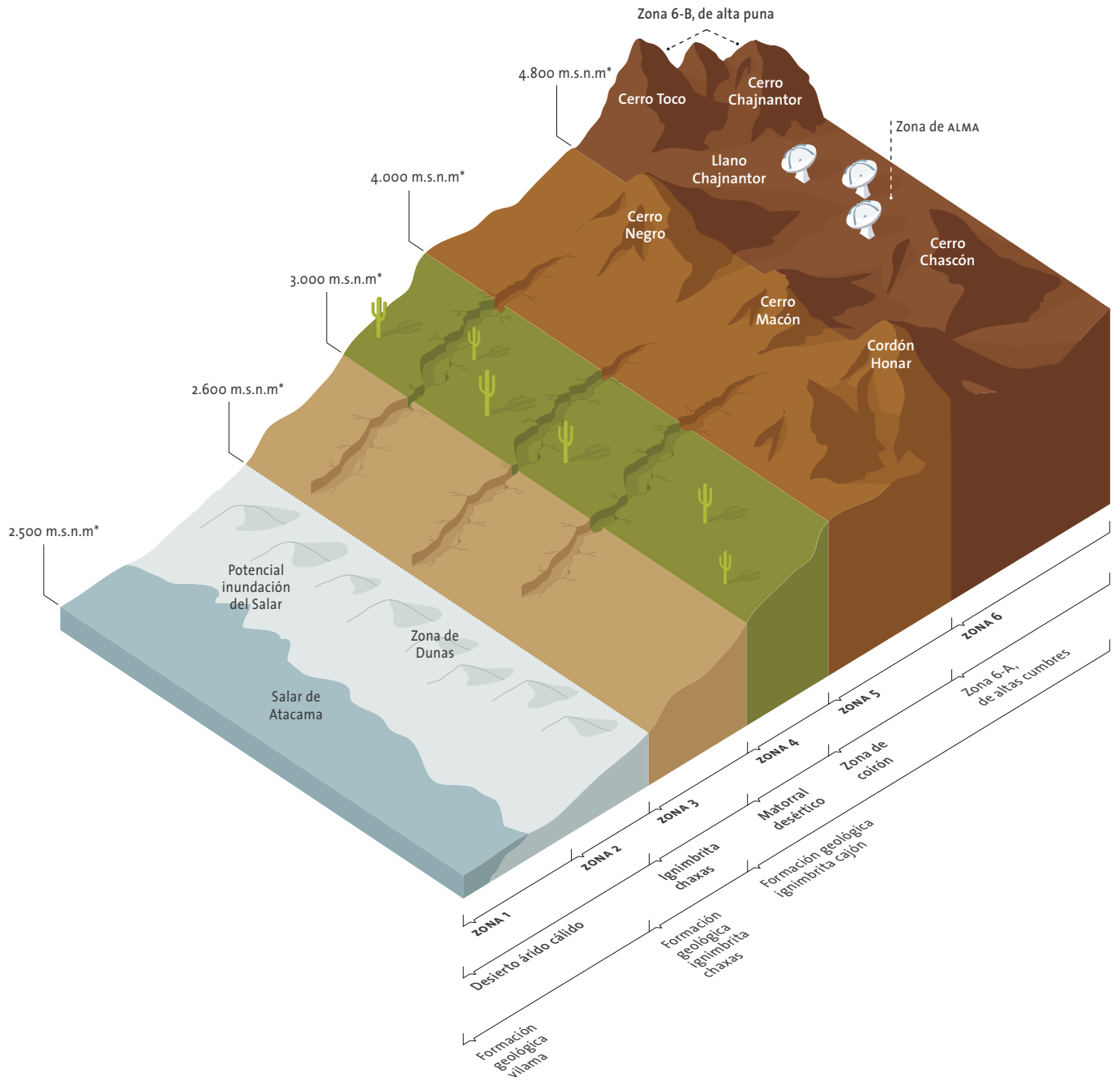
Millimetric and submillimetric waves strike the parabolic dish and rebound to the end of the telescope. There they enter a receiver that converts them to signals for storage in a computer.

CAPÍTULO 2

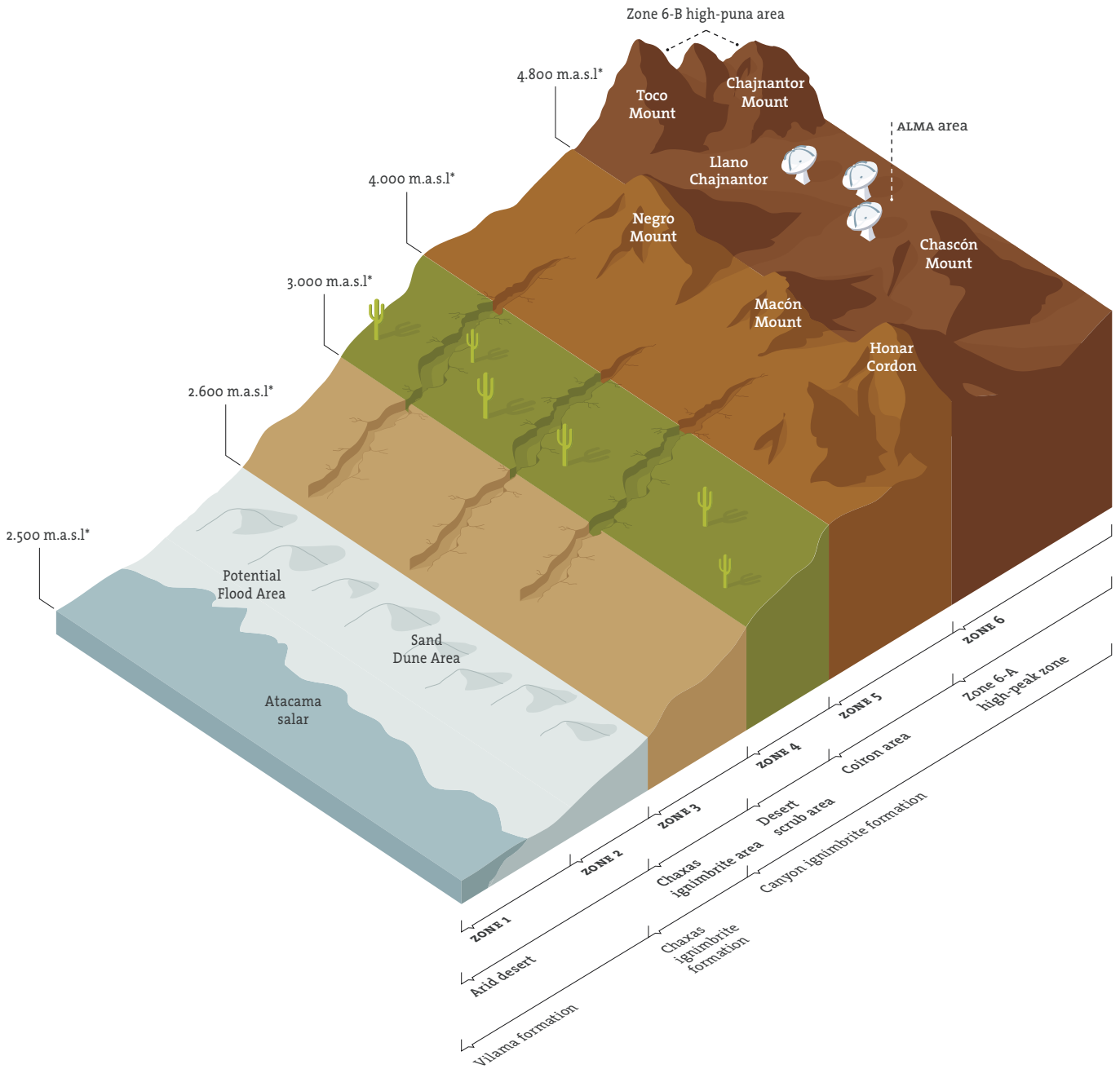
zonación ecológica  
del área de influencia  
de ALMA

CHAPTER 2

ecological zoning  
of ALMA area of  
the ALMA area of  
influence



\* Metros sobre el nivel del mar.



\* Metres above sea level



Formaciones salinas del Salar de Atacama.

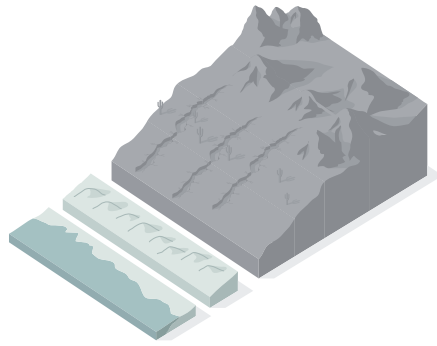
Salt formations at the Atacama Salar

Desde el nivel del Salar de Atacama hasta las altas cumbres de la Cordillera de los Andes se observan 6 zonas diferentes. Estas zonas se distinguen por su altura, las características de su suelo, las especies de flora y fauna que habitan en ellas, el clima y el uso que le ha dado el ser humano durante milenios. Esta diversidad de pisos ecológicos representa el gran atractivo turístico y científico del área comprendida entre los pueblos de San Pedro de Atacama y Socaire.

ALMA está inserto en este ambiente y cuenta con un camino de acceso que atraviesa y permite conocer de cerca cada uno de estos 6 pisos ecológicos, que se extienden en forma horizontal por los faldeos occidentales de Los Andes.

**From the level of the Atacama Salar to the high peaks of the Andes Mountains, six different zones may be observed, differing in elevation, soil characteristics, species of flora and fauna found there, climate, and use to which men have put them for thousands of years. Such diversity in ecological levels accounts for the great scientific and tourist attraction of the area between the towns of San Pedro de Atacama and Socaire.**

**ALMA is located in this environment. Its access road crosses each of the six above ecological levels, which extend horizontally along the western slopes of the Andes, and allows them to be seen up close.**



## Zonas 1 y 2: desierto árido cálido. Zona de potencial inundación del Salar de Atacama y zona de dunas

Aquí comienza nuestro viaje. Iremos avanzando desde poniente a oriente. Estos pisos ecológicos corresponden a una altura geográfica de alrededor de 2.300 mts. a 2.500 mts. sobre el nivel del mar.

Los faldeos occidentales de la Cordillera de Los Andes drenan, entre el Volcán Licancabur y el Volcán Lascar, hacia la gran depresión del Salar de Atacama.

Debido al clima árido, estos aportes hídricos de la Cordillera se han evaporado y han dado paso a la formación del Salar de Atacama.

El Salar de Atacama tiene una superficie aproximada de 3 mil kilómetros cuadrados, que forma parte de una cuenca hidrográfica de 12 mil kilómetros cuadrados.

Dentro del Salar hay una gran variedad de formas salinas: existen costras lisas y secas, otras que forman verdaderas esculturas salinas o placas, según los tipos de sales y humedad reinante en cada sector del Salar.

Aquí se han formado salmueras saturadas de cloruro de sodio, que también contienen potasio, litio, magnesio, sulfatos y boratos. Es decir, son fuentes de una gran riqueza mineral.

El Salar de Atacama es el yacimiento de litio más importante del mundo, alcanzando un 25 % de abastecimiento del mercado mundial.<sup>1</sup> El litio es un metal ligero, blando, de color plateado, que se oxida fácilmente en contacto con el agua y el aire. Es usado para confeccionar baterías eléctricas, en la aleación de conductores de calor y en el tratamiento psiquiátrico de ciertas formas de depresión.

El aporte de agua de la Cordillera de los Andes permite la existencia de lagunas de poca profundidad en el Salar. Son lagunas de alta salinidad y poseen una extraordinaria fauna y microflora, que permitió que el área del salar se

## Zones 1 and 2: warm arid desert. Atacama Salar potential flood area and sand dune area

Our trip begins here. We will progress from west to east. These ecological levels are at an altitude of about 2,300 metres to 2,500 metres above sea level.

The western slopes of the Andes, between Mt Licancabur and Mt Lascar, drain towards the great hollow of the Atacama Salar.

Owing to the dry climate, the water from the mountains has evaporated, forming the Atacama Salar.

The area of the Atacama Salar measures about 3,000 sq. km., part of a 12,000-sq.km water basin.

A wide variety of salt formations are found in the Salar: from smooth dry crusts to veritable salt sculptures or plates, depending on the types of salts and degrees of moisture in each sector of the Salar.

Various forms of brines saturated with sodium chloride have taken shape here, also containing potassium, lithium, magnesium, sulphates, and borates. In other words, they are deposits of vast mineral wealth.

The Atacama Salar is the largest lithium deposit in the world and supplies 25% of the world market.<sup>1</sup> Lithium is a light, soft, silvery metal that rusts easily when in contact with water and air. It is used to make electric batteries, in alloys for heat conductors, and in psychiatric treatment for certain forms of depression.

The water from the Andes collects in the Salar in shallow pools. The pools are highly salty and feed an extraordinary fauna and microflora; thanks to the latter, the Salar became a haven for various bird species well adapted to such arid and saline conditions.

There are no pools or brine of the Atacama Salar in the area of influence of ALMA; however, the lower



Bosque de tamarugo. Al fondo, el volcán Licancabur.

**Tamarugo forest. In the background, Mt Licancabur**







El Salar de Atacama es el yacimiento de litio más grande del mundo.

The Atacama Salar is the world's largest lithium deposit



Ejemplar de un tamarugo.

Tamarugo specimen

convirtiera en un verdadero paraíso para un conjunto de aves muy adaptado a estas condiciones áridas y salinas.

ALMA no tiene en su área de influencia lagunas o salmueras del Salar de Atacama, pero los terrenos más bajos, por donde pasa el camino de acceso al Proyecto, se encuentran en sectores que forman parte de áreas de potencial inundación del Salar. Estos terrenos tienen aguas subterráneas a poca profundidad y son salinos.

Por tal motivo, existe una flora bastante tolerante a la salinidad, con especies como Pingo-pingo, Rica-rica, Brea, Grama brava y Atriplex.

La cobertura de suelo es escasa. En las dunas que forman la parte más alta de estos terrenos salinos, se encuentra fauna como el Tuco-tuco (*Ctenomys fulvus*). El Tuco-tuco es un roedor fosario, lo que significa que vive en túneles o cavernas (fosas) bajo tierra. También es posible divisar al lagarto *Liolaemus paulinae*, de un llamativo color naranja.

¿Y qué pasa con la presencia del hombre en esta zona? Desde tiempos precolombinos, los terrenos de este piso ecológico han sido usados para el pastoreo de llamas y alpacas, especialmente durante la estación de invierno, cuando el frío y la nieve impiden llevar el ganado a praderas de mayor altura. Actualmente existen, en este mismo sector, actividades de pastoreo de llamas, alpacas, burros, caprinos y ovinos.

ground where the access road to the project runs is partly located in potential flood areas of the Salar. There is underground water close to the surface and the soil is saline.

For this reason the existing flora is highly tolerant of salinity, including such species as pingo-pingo (*Ephedra andina*), rica-rica (*Alcantholippia deserticola phil*), brea (*Geoffroea decorticans*), grama brava (*Distichilis spicata*), and *Atriplex*.

The ground is sparsely covered. Among the dunes at the top of this saline land the fauna includes tuco-tuco (*Ctenomys fulvus*). Tuco-tuco is a fossorial rodent that lives underground in tunnels or caves. *Liolaemus paulinae*, a species of lizard conspicuous for its bright orange hue, may also be seen there.

What about the presence of man in the area? Since pre-Columbian times the land at this level has served to graze llama and alpaca, especially in winter when the cold and the snow preclude driving the herds to higher pastures. Llama, alpaca, donkeys, goats, and sheep currently graze here.



Flamencos andinos (*Phoenicoparrus andinus*) en el Salar de Atacama.

Flamingoes in the Atacama Salar



Copulación de flamencos andinos.

Andean flamingoes mating.



#### RESERVA NACIONAL «LOS FLAMENCOS»

El camino de acceso a ALMA pasa en sus primeros 3 kilómetros por el sector Tambillo, que forma parte de la Reserva Nacional «Los Flamencos».

Este sector fue declarado reserva para proteger una reforestación con Tamarugos (*Prosopis tamarugo*), árbol endémico del norte de Chile y eminentemente adaptado para sobrevivir en el desierto. Este árbol soporta temperaturas muy extremas, fuertes vientos y la ausencia de precipitaciones, abasteciéndose, con sus largas raíces, de napas o capas de agua subterráneas de hasta más de 60 metros de profundidad, tolerando altos impactos salinos.<sup>2</sup>

El tamarugo es usado por los pastores como forraje para animales domésticos que consumen tanto su fruto, una

#### NATIONAL RESERVE LOS FLAMENCOS

For the first three kilometres, the ALMA access road runs through Tambillo, an area forming part of the National Reserve known as Los Flamencos.

The area was declared a reserve to support reforestation with tamarugos (*Prosopis tamarugo*), a native tree of northern Chile and an eminently desert species. It withstands extreme temperatures, strong winds and lack of rainfall. Its long roots feed on underground water tables as far as 60 m deep, tolerating high salt concentrations.<sup>2</sup>

Shepherds use tamarugo as fodder for domestic animals, which eat both fruit (a hard pod) and green parts. Nowadays the fruit is also used to manufacture

5



1. Gaviota andina (*Larus serranus*).
2. Playero de Baird (*Calidris bairdii*).
3. Pollito de Mar Tricolor (*Phalaropus tricolor*).
4. Caití (*Recurvirostra andina*).
5. Chorlo de la puna (*Charadrius alticola*).

1. Andean gull (*Larus serranus*)
2. Baird's sandpiper (*Calidris bairdii*)
3. Wilson's phalarope (*Phalaropus tricolor*)
4. Andean avocet (*Recurvirostra andina*)
5. Puna plover (*Charadrius alticola*)

dura vaina, como sus partes verdes. El fruto es, además, actualmente utilizado para fabricar artesanías que son vendidas a turistas.

Esta formación geológica, Vilama, está compuesta por depósitos sedimentarios continentales. Incluye areniscas limonitas –que son rocas sedimentarias, constituidas por arenas finas cementadas por limo (lodo)–, cenizas y conglomerados –fragmentos redondeados de diversas rocas o sustancias minerales– no consolidadas.

Su espesor alcanza los 60 metros, aflorando en ambos flancos de la Cordillera de la Sal y en el extremo nororiental de la cuenca del Salar de Atacama. Se encuentra cubierta por materiales permeables provenientes de aluviones (arrastres de grandes masas de materiales).<sup>3</sup>

**souvenirs for sale to tourists.**

**The formation -known as Vilama- is composed of continental sedimentary deposits including limonite sandstone, which is sedimentary rock made up of fine sands cemented by slime or mud; ash and unconsolidated conglomerates or rounded fragments of various rocks or minerals.**

**The formation is up to 60 m thick and appears on both slopes of Cordillera de la Sal and also at the northeast end of the Atacama Salar basin. It is covered with permeable material or alluvium.**<sup>3</sup>



Flamenco andino o Parina grande (*Phoenicoparrus andinus*).

Andean Flamingo or *parina grande* (*Phoenicoparrus andinus*)

#### FLAMENCOS Y OTRAS AVES DEL SALAR DE ATACAMA

De las pocas especies de flamencos (Parinas) que existen en el mundo, Chile tiene 3 y éstas se encuentran en el Salar de Atacama:

*Parina grande* (*Phoenicoparrus andinus*): Es el más grande de los flamencos chilenos, que llega a medir hasta un metro y 20 centímetros. Su plumaje es más blanquecino y menos rosado. Su población no sobrepasa los 40 mil ejemplares. En el Salar de Atacama se registran en verano alrededor de 1.700 a 1.800 ejemplares. Además se encuentra en los Salares de Pujsa, Huasco y Surire, entre otros.

*Parina chica* (*Phoenicoparrus jamesii*): La especie más pequeña de los flamencos chilenos. Su población en la puna (palabra quechua que alude a la tierra alta, próxima a la Cordillera de los Andes) es de alrededor de 60 mil ejemplares. Es un típico habitante de salares ubicados a gran altura. Al Salar de Atacama baja solamente en los inviernos,

#### FLAMINGO AND OTHER BIRDS OF THE ATACAMA SALAR

Chile possesses three of the few species of flamingo in the world. Two of these are locally known as parinas; all three inhabit the Atacama Salar.

Andean Flamingo or *parina grande* (*Phoenicoparrus andinus*): is the largest of the Chilean flamingo species and grows to a height of 120 cm. Its feathers are whitish and not so pink and its population numbers not more than 40,000. In summer, about 1,700 to 1,800 specimens live in the Atacama Salar. It is also found at the salars in Pujsa, Huasco, Surire, and others.

James' Flamingo or *parina chica* (*Phoenicoparrus jamesii*): smallest of the Chilean flamingo species. In the puna (a Quechua term for the high ground close to the Andes), the parina population numbers about 60,000. *Parina chica* is a typical inhabitant of high-altitude salars and comes down to the Atacama Salar only in



Flamenco de James o Parina chica (Phoenicoparrus jamesi).

**James' Flamingo or parina chica** (*Phoenicoparrus jamesi*)



El Flamenco Chileno (Phoenicopterus chilensis).

**Chilean flamingo** (*Phoenicopterus chilensis*)

cuando las lagunas sobre los 4 mil metros de altura se encuentran congeladas. Se registran hasta 1.700 ejemplares en el Salar de Atacama.

*El Flamenco Chileno (Phoenicopterus chilensis):* Mientras las otras 2 especies de flamencos en Chile se encuentran exclusivamente en la zona altiplánica, ésta se distribuye sobre todo en el cono sur del continente americano. Su población en la puna es de 100 mil ejemplares. En Chile nidifica en el Salar de Atacama donde alcanza alrededor de mil ejemplares. También se encuentra en el Salar de Pujsa, mientras que su sitio de reproducción más importante es el Salar de Poopo, en Bolivia.

Otras aves típicas del Salar de Atacama:

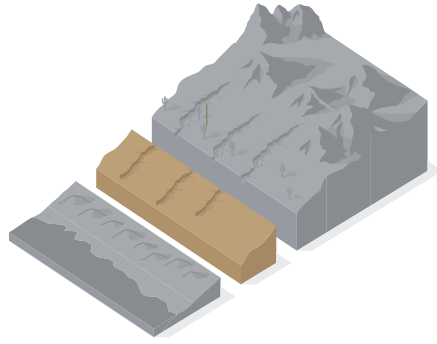
- Caití (*Recurvirostra andina*).
- Gaviota andina (*Larus serranus*).
- Playero de Baird (*Calidris bairdii*).
- Pollito de Mar Tricolor (*Phalaropus tricolor*).
- Chorlo de la puna (*Charadrius alticola*).<sup>4 - 5</sup>

winter when the lakes above 4,000 m are frozen over. About 1,700 specimens are registered in the Atacama Salar.

*Chilean Flamingo (Phoenicopterus chilensis):* while the two other species of flamingo in Chile are found exclusively in the altiplano area, this species is found all over the southern cone of the American continent. The puna population numbers about 100,000 specimens. In Chile it nests in the Atacama Salar, where it numbers about 1,000 specimens. It is also found in the Pujsa Salar while its main breeding ground is the Poopo Salar in Bolivia.

Other birds typical of the Atacama Salar

- Andean avocet (*Recurvirostra andina*)
- Andean Gull (*Larus serranus*)
- Baird's sandpiper (*Calidris bairdii*)
- Wilson's phalarope (*Phalaropus tricolor*)
- Puna plover (*Charadrius alticola*)



## Zona 3: zona de formación geológica Ignimbrita Chaxas

La ignimbrita es una roca volcánica silícea formada por partículas volcánicas de tamaño fino y abundancia de vidrio, que son expulsadas en fumarolas del interior de la Tierra y depositadas en la superficie en estratos gruesos y masivos, cubriendo grandes extensiones de terreno.

Esta zona está caracterizada por alturas entre 2.600 a 3.000 metros sobre el nivel del mar y por la formación geológica Ignimbrita chaxas (períodos Plioceno superior a Pleistoceno inferior).

Un color gris-rosáceo identifica, desde una gran distancia, la franja que ocupa esta zona ecológica. Los terrenos son de origen volcánico y contienen depósitos piroclásticos, es decir, sedimentos correspondientes a fragmentos expulsados por la actividad explosiva de los volcanes. Estos fragmentos suavizan la superficie del terreno con mantos de caída de ceniza volcánica de espesor variable.

Los terrenos muestran un muy escaso o nulo desarrollo de suelos. Y además son impermeables. Estos hechos explican la casi total ausencia de vegetación. La cobertura de suelo es prácticamente nula, existiendo solamente aislados ejemplares de:

- Pingo-pingo (*Ephedra andina*).
- *Atriplex microphylla*.
- Jala-Jala o Puskayo (*Opuntia ignescens*).

Como consecuencia de la poca vegetación en estas zonas, también escasea la fauna.

Es común observar grandes quebradas, que bajan desde las alturas hasta el Salar de Atacama, formando impresionantes cajones de enorme profundidad. Dentro de ellos se puede apreciar un notable aumento en la presencia de vegetación. Esto, debido a que sus fondos tienen material de arrastre que sirve de sustrato para pequeños arbustos y las ya mencionadas *Opuntias*.

## Zone 3: Chaxas Ignimbrite formation zone

**Ignimbrite is volcanic silica rock composed of fine volcanic particles and abundant glass ejected in fumaroles from the interior of the Earth and deposited on the surface in thick massive strata covering extensive areas of ground.**

**The zone is characterized by elevations between 2,600 and 3,000 metres above sea level and Chaxas ignimbrite geological formation (higher Pliocene to lower Pleistocene periods).**

**The layer where this zone is located is easily identifiable from a distance by its pinkish-grey colour. The ground is of volcanic origin containing pyroclastic sediments composed of fragments ejected by explosive volcano eruptions. The surface of the terrain is made smooth by mantles of volcanic ash of varying thickness.**

**The terrain shows little or no soil and is, in addition, impermeable, which accounts for the almost total absence of vegetation. Only a few isolated specimens of the following plants are found:**

- Pingo-pingo (*Ephedra andina*)
- *Atriplex microphylla*
- «Sleeping sheep» (*Opuntia ignescens*)

**Because vegetation is so scanty in the area, the fauna is also scarce.**

**Steep ravines occur frequently, dropping from the heights to the Atacama Salar and forming canyons of awesome depth where vegetation notably increases. The canyon bottoms are filled with alluvium providing a substratum for small bushes and *Opuntias*.**

**At times the ravine walls are of sound rock and are being increasingly used to practise rock climbing. The most popular walls are in Quebrada Nacimiento, close to Socaire. In the ALMA area of influence there are a number of walls suitable for this form of**





Echinopsis atacamensis en flor.

Flowering *echinopsis atacamensis*

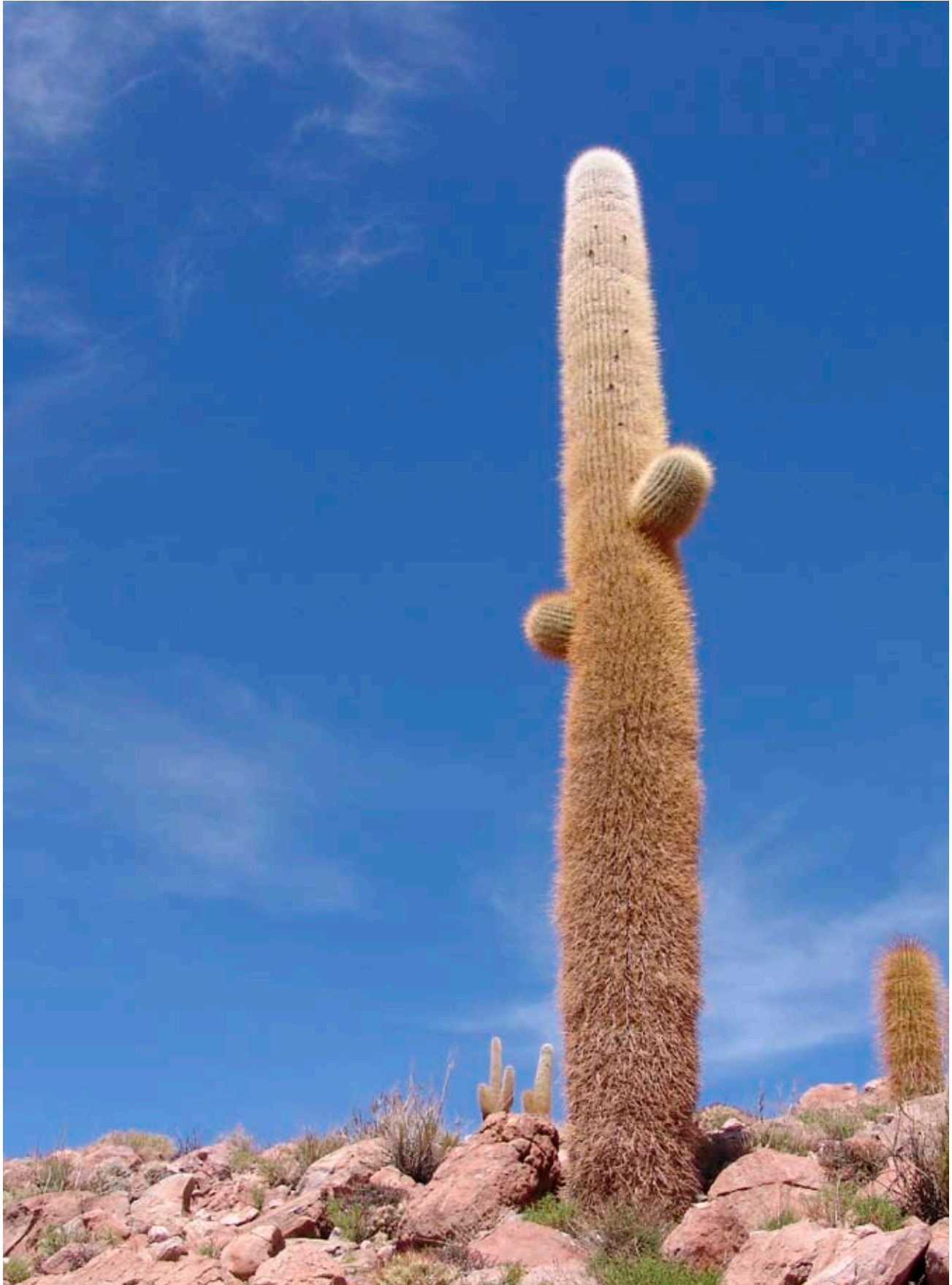
En ocasiones las quebradas cuentan con altas paredes de rocas sanas, que, cada vez con mayor frecuencia, son utilizadas para la práctica de la escalada en roca. Las paredes más famosas se encuentran en la quebrada Nacimiento, cercana al pueblo de Socaire; no obstante, dentro del área de influencia de ALMA también se cuenta con algunas paredes aptas para este deporte de montaña.

Dentro de esta zona, entre los 2.800 a 3.000 metros de altura, comienza a irrumpir lentamente una franja donde

**mountaineering sport.**

**In this zone, between 2,800 and 3,000 meters above sea level, a belt begins to appear where the scarcity of flora described above subtly gives way to desert scrub in the ignimbrite formation.**

**This belt contains areas of more soil development; vegetation increases without however reaching the high soil coverage and diversity of Zone 4, the Desert Scrub Zone.**



Echinopsis atacamensis.

*Echinopsis atacamensis*

sutilmente se fusionan y contrastan la escasez de flora antes descrita y el paulatino matorral desértico, correspondiente a la formación geológica Ignimbrita cajón.

En esta franja comienzan a existir áreas de mayor desarrollo de suelos, aumentando la vegetación, pero sin llegar todavía a las altas coberturas de suelo y a la gran diversidad de la Zona del Matorral Desértico o Zona 4.

#### EL REINO DE LAS CACTÁCEAS

En esta franja de transición empieza el reino de una cactácea bastante particular: la *Echinopsis atacamensis*, denominada comúnmente como «Cardón Grande» o «Cavul». El fruto comestible es nombrado «pasakana». Esta cactácea es de impresionantes dimensiones, puede alcanzar hasta 7 metros de altura, y otorga al ambiente un extraordinario valor paisajístico.

Esta especie tiene serios problemas de conservación y está declarada «vulnerable» debido a la excesiva explotación de su «esqueleto» de madera, que es usado en la construcción de techos (por ejemplo, en la Iglesia de San Pedro de Atacama), marcos de puertas y ventanas, pero también para la confección de artesanías, todas actividades económicas que han llevado a la especie a una crítica situación de conservación.

Todavía existe lamentablemente en San Pedro de Atacama un próspero comercio de artesanías de la cactácea, dirigido a los turistas que visitan el sector.

Por su alto valor paisajístico y las amenazas que presenta su conservación, la población del Cardón Grande ha sido objeto de especial preocupación dentro de la gestión ambiental de ALMA, especialmente en la fase de la construcción del camino de acceso.

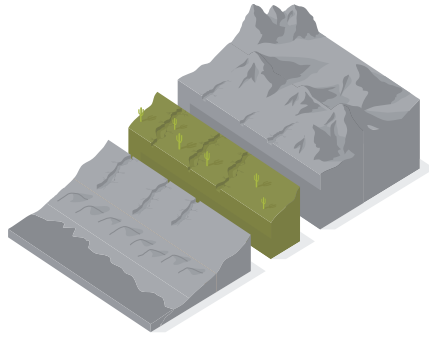
#### THE CACTUS KINGDOM

In this transitional area begins the kingdom of *Echinopsis atacamensis*, a singular cactus locally known as Cardón Grande or Cavul. Its edible fruit is called pasakana. This impressive cactus grows to 7 m in height and has great landscape value.

The species is currently declared vulnerable owing to excessive exploitation of its «skeleton» of wood, which is used for roofing (as in the church at San Pedro de Atacama), door and window frames, and also for handicrafts, all economic uses whereby conservation of the species has become critical.

A flourishing trade in handicrafts made of this species intended for visiting tourists still goes on in San Pedro de Atacama.

Because of its high landscape value and current threats to its conservation, the population of this cactus is an object of special concern in the ALMA environmental management, especially during the construction phase of the access road.



## Zona 4: zona de matorral desértico

Este estrato ecológico está ubicado entre 3 mil y 4 mil metros sobre el nivel del mar aproximadamente y corresponde a la formación geológica llamada Ignimbrita cajón, que data del período Pleistoceno. Es un área de aproximadamente mil kilómetros cuadrados de extensión, cubriendo toda la zona precordillerana, desde la latitud de San Pedro de Atacama hasta Toconao.

Esta formación geológica alcanza un grosor de hasta 250 metros y está compuesta por flujos de cenizas de colores gris –blanquecinos y pardo– amarillentos claros.

Esta área, conocida como Matorral Desértico, muestra un adecuado desarrollo de suelos para una diversa vegetación y una densa cobertura, lo cual se traduce también en abundante presencia de fauna, constituyendo así la zona ecológica con mayor riqueza biológica dentro del área de influencia de ALMA.

En la flora destacan las cactáceas, con presencia del enorme Cardón Grande y las Opuntias ignescens y conoidea, esta última también declarada como especie vulnerable. Dentro de la gestión ambiental de ALMA se ha puesto énfasis desde un comienzo en la protección y conservación de estas cactáceas, especialmente aquellas que están amenazadas.

En la cobertura de suelo, dominan las siguientes especies:

- *Atriplex microphylla*.
- Chilca (*Bacharis* sp).
- Malvilla (*Cristaria andicola*).
- Varilla brava (*Adesmia* sp).
- Chachacoma (*Senecio* sp).
- Paja amarilla (*Stipia frígida*).
- Pingo-pingo (*Ephedra andina*).

## Zone 4: desert scrub zone

This zone extends between 3,000 and 4,000 m above sea level and is composed of canyon ignimbrite dating from the Pleistocene. The area measures approximately 1,000 sq. km. and covers the entire pre-Andean zone, from the latitude of San Pedro de Atacama to Toconao.

The geological formation is up to 250 m thick, composed of whitish-grey and light yellowish-brown ash flows.

The area described as desert scrub has developed sufficient soil to support varied vegetation and a dense cover, which supports abundant fauna. It is the area of greatest biological wealth in the area of influence of ALMA.

The flora is dominated by cactaceae, especially the huge *Echinopsis atacamensis* or Cardón Grande, *Opuntia ignescens*, and *Opuntia glomerata*, this last also a vulnerable species. From the beginning, the ALMA environmental management has emphasized protection of the above species of cactaceae, especially those that are vulnerable.

The following species dominate the soil cover:

- *Atriplex microphylla*
- Chilca (*Bacharis* sp)
- Malvilla (*Cristaria andicola*)
- Varilla brava (*Adesmia* sp)
- Chachacoma (*Senecio* sp)
- Paja amarilla (*Stipia frígida*)
- Pingo-pingo (*Ephedra andina*)



Feria artesanal en San Pedro de Atacama con venta de artesanía hecha en madera de *Echinopsis atacamensis*.

Fair at San Pedro de Atacama selling handicrafts made from the wood of *Echinopsis atacamensis*



Presencia de animales domésticos en área de ALMA.

Domestic animals in the ALMA area

### PRIMEROS ASENTAMIENTOS HUMANOS

La zona ecológica del Matorral Desértico ha tenido desde tiempos prehistóricos un importante uso para beneficio del hombre, principalmente para pastoreo de llamas y alpacas, y posteriormente también de caprinos y burros. De estos últimos, quedan todavía importantes manadas en el área de influencia del Proyecto ALMA.

Como mudos testigos de la actividad de pastoreo en tiempos antiguos, quedan varios sitios, consistentes en refugios y majadas. Majada es un término popular, muy usado en el norte de Chile, empleado para describir el conjunto de corrales de animales, con viviendas bastante rudimentarias, precarias y muchas veces parecidas a refugios provisorios de montaña, utilizados en el pastoreo temporal.

Otra actividad importante en este piso ecológico ha sido la recolección de hierbas medicinales y aromáticas, tales como:

- Chachacoma, usada para combatir el mal de la puna.
- Pingo-pingo, hierba medicinal diurética, depurativa y antiinflamatoria.
- Bailahuén, empleada para problemas estomacales, entre otros.

### FIRST HUMAN SETTLEMENTS

The desert scrub zone has been important for man since prehistoric times, mainly for grazing llama and alpaca, later followed by goats and donkeys. There are still large herds of the last-named in the ALMA Project area of influence.

As mute witnesses of past grazing, several sites of shelters and *majadas* remain. *Majada* is a popular term used widely in northern Chile, meaning a group of pens for animals together with precarious, rudimentary dwellings often resembling provisional mountain shelters, used for temporary grazing.

Another major activity done at this level is gathering medicinal and aromatic herbs, e.g.

- Chachacoma (*Senecio graveolens*), used to cure high-altitude sickness
- Pingo-pingo (*Ephedra andina*), diuretic, depurative, anti-inflammatory medicinal herb
- Bailahuén (*Happiopus* sp), used for stomach ailments, etc.



Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*).

Fabians lizard (*Liolaemus fabiani*)

#### FAUNA SILVESTRE

Una extensa variedad de especies de fauna, que hasta ahora veían amenazada en gran medida su conservación, constituyen el orgullo del proyecto astronómico ALMA, debido a los enormes esfuerzos que se han invertido en propiciar las condiciones más favorables para su preservación.

En la Zona 4 se encuentran las siguientes especies de fauna silvestre:

- Vicuña (*Vicugna vicugna*), en peligro de extinción.
- Ñandú o Suri (*Pterocnemia pennata*), en peligro de extinción.
- Vizcacha (*Lagidium viscacia*), en peligro de extinción.
- Perdiz de la puna (*Tinamotis pentlandii*), vulnerable.
- Ratón Chinchilla (*Abrocoma cinerea*), inadecuadamente conocido.
- Zorro culpeo (*Pseudalopex culpaeus*), inadecuadamente conocido.
- Puma (*Puma concolor*), en peligro de extinción.
- Carancho cordillerano (*Phalacrocorax megalopterus*). Esta ave no presenta, hasta ahora, problemas de conservación.
- Lorito Perico cordillerano (*Bolborhynchus aurifrons*), en peligro de extinción.
- Lagartija de Fabián (*Liolaemus fabiani*), especie rara.

#### WILD FAUNA

A wide variety of hitherto endangered animal species are the pride of the ALMA astronomy project, thanks to the vast efforts made to promote the most favourable conditions for their preservation.

The following species of wild fauna are found in Zone 4:

- Vicuña (*Vicugna vicugna*), endangered
- Rhea (*Pterocnemia pennata*), endangered
- Viscacha (*Lagidium viscacia*), endangered
- Pentland's tinamou (*Tinamotis pentlandii*), vulnerable
- Ashy chinchilla rat (*Abrocoma cinerea*), inadequately known
- Andean fox (*Pseudalopex culpaeus*), inadequately known
- Puma (*Puma concolor*), endangered
- Mountain caracara (*Phalacrocorax megalopterus*); so far, not vulnerable
- Mountain parakeet (*Bolborhynchus aurifrons*), endangered
- Fabians lizard (*Liolaemus fabian*)



1. Nandú o Suris en el área de influencia de ALMA.  
2. Viscacha en hábitat.  
3. Tránsito de Vicuñas.

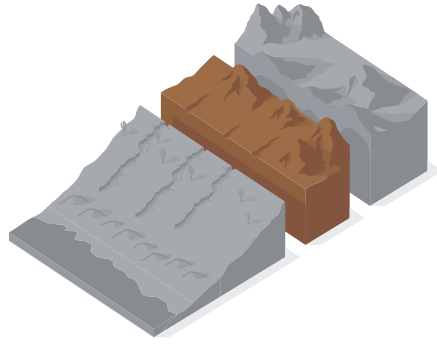
1. Rhea in the ALMA area of influence  
2. Viscacha in habitat  
3. Vicuña crossing





Secuencia de vicuña recién nacida levantándose.

Sequence of newborn vicuña getting to its feet



## Zona 5: zona de Coirón

Este estrato ecológico se ubica en una altura entre 4 mil y 4.800 metros sobre el nivel del mar. Geológicamente pertenece también a la formación Ignimbrita cajón.

Mirando el faldeo occidental de Los Andes desde el Salar de Atacama, se distingue perfectamente este piso ecológico por el intenso color amarillo que le proporcionan las grandes praderas naturales del coirón, lo que da al paisaje un particular atractivo.

Este estrato ecológico tiene menos diversidad de flora, dado que está dominado casi por completo por el coirón. Sin embargo, en los aspectos relativos a la fauna, es el piso que sustenta la más alta densidad en las poblaciones de vicuñas, ñandúes y colonias de vizcachas. Mientras que las vicuñas y ñandúes usan las grandes planicies de las praderas de coirón, las colonias de vizcachas están concentradas en las profundas quebradas, con afloramiento de rocas que forman altas paredes, lo que proporciona un natural recurso de protección a estos simpáticos roedores.

Dentro del área de influencia de ALMA se encuentran colonias de vizcachas que han sido monitoreadas en forma anual respecto de su abundancia. Adicionalmente se han realizado inspecciones mensuales, donde se ha verificado su vigencia y controlado que no existan perturbaciones por las actividades del proyecto astronómico.

La Zona de Coirón, desde tiempos ancestrales, también forma parte de las áreas andinas del pastoreo de animales domésticos. Aquí se pueden apreciar restos de refugios, corrales y majadas.

Antiguamente existió en esta zona una intensa explotación de la Llareta (*Azorella compacta*), planta altiplánica de un lentísimo crecimiento (menos de un milímetro por año), que ha sido usada como combustible, especialmente en la minería.

Debido a la exagerada explotación y a su lento crecimiento, quedan ejemplares muy pequeños de esta planta, declarada como vulnerable en su estado de conservación. ALMA protege esta especie, con el objetivo de lograr su crecimiento y propagación en el tiempo.

## Zone 5: Coiron zone

This zone is located between 4,000 and 4,800 m above sea level. In geological terms, it is also part of the canyon Ignimbrite formation.

Looking at the western slope of the Andes from the Atacama Salar, this area is perfectly identifiable owing to the bright yellow of the natural coiron plains that makes the landscape particularly attractive.

The flora here is less varied as it is almost completely dominated by coirón. Whereas, regarding fauna, this zone supports the highest density of vicuña and rhea populations, and viscacha colonies. While vicuña and rhea keep to the wide coiron plains, the viscacha colonies concentrate in the deep ravines where rock outcrops rise in steep walls providing natural protection to these attractive rodents.

Viscacha colonies in ALMA area of influence are monitored yearly in terms of abundance. In addition, monthly inspections have been carried out to check their condition and that they are not disturbed by work on the astronomy project.

Since ancestral times, the Coiron Zone is part of the Andean grazing areas for domestic animals. Remains of shelters, pens, and majadas.

Llareta (*Azorella compacta*) was intensively exploited here in the past. This is a very slow-growing (less than 1 mm per year) high-Andean plant used for fuel, especially in mining operations.

Owing to overexploitation and slow growth, very small specimens of the plant survive. Llareta has been declared vulnerable.

ALMA protects this species to ensure growth and propagation over time.



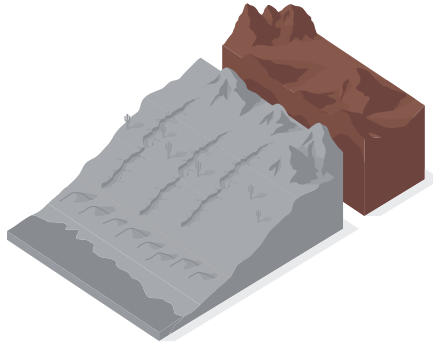
Vizcacha en su hábitat.

**Viscacha in its habitat**



Antiguamente existió en esta zona una intensa explotación de Llareta (*Azorella compacta*), planta altiplánica de lentísimo crecimiento usada como combustible especialmente por la minería. Hoy es una especie vulnerable.

**Llareta (*Azorella compacta*) was intensively exploited here in the past. It is an extremely slow-growing altiplano plant used for fuel, especially in mining. Today it is a vulnerable species.**



## Zona 6-A: zona de alta puna

Este piso ecológico está formado por las terrazas altiplánicas más altas, entre los 4.800 y 5 mil metros sobre el nivel del mar. Por el rigor del clima en estas alturas, casi no hay vegetación. Solamente es posible encontrar líquenes –que son vegetales bastante primitivos que surgen de una simbiosis de hongos con algas– o algunas plantas vasculares muy aisladas, protegidas en las grietas de las rocas, tales como *Viola sp*, *Nastanthus caespitosus* y *Calandrinia sp*.

El clima y la falta de vegetación no permiten sustentar fauna en forma permanente. Sin embargo, se observan frecuentemente pequeñas manadas de vicuñas y en raras ocasiones de ñandúes, que cruzan bajo la protección de los faldeos de los grandes cerros, hacia una laguna, llamada Laguna Amarga, que se encuentra en las cercanías del área del Llano de Chajnantor, donde se están instalando las antenas de ALMA.

Lagunas y salares son típicos en esta Zona de la Alta Puna. El altiplano de la comuna de San Pedro cuenta con más de una decena de ellos. Son los únicos lugares en estas alturas que concentran fauna en forma permanente, debido a los bofedales que se forman en el entorno de lagunas y salares. Aquí es frecuente encontrar conjuntos de fauna como: Flamencos, Piuquenes (*Chloephaga melanoptera*), Pato puna (*Anas puna*), Pato juarjual (*Lophonetta specularioides*), entre otros. Además visitan estas lagunas las vicuñas, ñandúes, zorros y pumas.

En el caso de Laguna Amarga, aledaña al área de influencia de ALMA, no se observa una gran cantidad de fauna, pero sí frecuentes visitas de los ya nombrados mamíferos y ñandúes, aun considerando la salinidad y acidez de sus aguas.

El Proyecto ALMA ha tomado medidas especiales para proteger los pasos de vicuñas y ñandúes en su área de influencia, incluyendo también el sector de Laguna Amarga. En este sentido, se restringió la velocidad de circulación de vehículos a 30 kilómetros por hora, se instaló letreros de advertencia, se prohibió el tránsito del personal hacia la laguna y se monitorean los pasos de los animales.

## Zone 6-A: high puna zone

This zone is composed of the highest altiplano terraces located between 4,800 and 5,000 m above sea level. Owing to the severe climate conditions, there is practically no vegetation. Only lichens –very primitive symbiotic associations of fungus and algae– and a few isolated species sheltering in cracks among the rocks, e.g. *Viola sp* (violet), *Nastanthus caespitosus*, and *Calandrinia sp*.

Climate conditions and scant vegetation do not allow fauna to be permanently sustained. Notwithstanding, small flocks of vicuña and rarely rhea are observed crossing under the shelter of the slopes to a lake known as Laguna Amarga, located close to the area of Llano de Chajnantor, where the ALMA antenna arrays are being set up.

Lakes and salars are typical of the area. There are more than a dozen on the altiplano belonging to the municipality of San Pedro. They are the sole places at these altitudes where animals live permanently, owing to the bofedales or marshy ground surrounding lakes and salars. Flamingo, Andean goose (*Chloephaga melanoptera*), puna teal (*Anas puna*), crested duck (*Lophonetta specularioides*), and others inhabit the area. The lakes are also visited by vicuñas, rheas, foxes, and pumas.

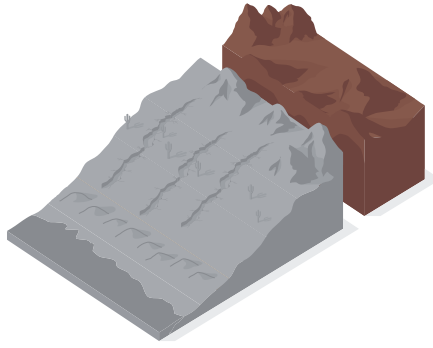
Laguna Amarga, close to the ALMA area of influence, does not exhibit large numbers of fauna but it is frequently visited by the above mammals and rheas, despite the salinity and acidity of its waters.

The ALMA Project has taken special steps to protect the passes of vicuña and rhea across its area of influence, including the territory surrounding Laguna Amarga. To this end, vehicle speed was restricted to 30 kph, warning signs were set up, personnel were forbidden to approach the lake, and animal passes are constantly monitored.



Laguna Amarga.

Laguna Amarga



## Zona 6-B: zona de altas cumbres

Esta zona es prácticamente incompatible con la vida y, por lo tanto, constituye un ambiente casi abiótico. Sin embargo, otorga un gran atractivo paisajístico al entorno de ALMA. Las altas cumbres, especialmente en épocas de nevazones, son de una magnífica belleza; fría, monumental y arisca.

El Llano de Chajnantor se encuentra en los faldeos de las cumbres Chajnantor (5.639 metros) y Chascón (5.703 metros), cuyas estructuras lo limitan.

Desde el Llano de Chajnantor (5 mil metros de altura), que constituye el sector donde se están instalando las antenas de radioastronomía de ALMA, se puede observar la cumbre del Volcán Licancabur (5.930 metros de altura), que tiene un cono perfecto y que cuenta con varias plataformas rituales. El volcán es un importante santuario de las culturas indígenas y además uno de los más altos sitios arqueológicos del país.

Las cumbres de los grandes volcanes que se concentran en el área sur de la Segunda Región de Antofagasta constituyen un atractivo paisajístico especial. Los más importantes son: el Lascar, el Chilliques, el Licancabur, el Socompa y el Llullayllaco, todos ellos observables desde el camino de acceso de ALMA.

## Zone 6-B: high-peak zone

**This zone is practically incompatible with life and is thus an almost abiotic environment. Nonetheless, it surrounds ALMA with great landscape attraction. The high peaks, especially in the snow season, display a magnificent, cold, monumental, and frowning beauty.**

**Llano de Chajnantor is located on the slopes of Chajnantor (5,639 m) and Chascón (5,703 m), whose structures are its limits**

**From Llano de Chajnantor (5,000 m), where the ALMA radio astronomy antennas are being installed, it is possible to view the top of Mt Licancabur (5,930 m) shaped like a perfect cone and featuring several ritual platforms. This volcano is a major sanctuary of the Indian cultures and also one of the highest archaeological sites in Chile.**

**The landscape formed by the peaks of the great volcanoes grouped in the southern area of Region II Antofagasta is particularly impressive. The main volcanoes are Lascar, Chilliques, Licancabur, Socompa, and Llullayllaco, all of which may be seen from the access road to ALMA.**



La Zona de Altas Cumbres prácticamente no tiene vida, pero es de una gran belleza.



The high-peak zone is practically devoid of life but of the greatest beauty.



Difícil acceso a la zona de alta puna en condiciones adversas.

Difficult access to high puna area under adverse conditions

CAPÍTULO 3

política ambiental  
de ALMA:  
*historia de un  
compromiso*

CHAPTER 3

environmental  
policy of ALMA:  
*history of a  
commitment*





Alta puna con cumbres nevadas.

High puna with snow-covered peaks

#### PREPARANDO EL CAMINO

Una vez que estuvo definido el mejor sitio de instalación de las antenas para la radio astronomía en el Llano de Chajnantor, a 5,000 metros sobre el nivel del mar, era necesario buscar un acceso adecuado exclusivamente para el proyecto, dado que se requería subir y bajar las gigantes y muy pesadas antenas. Efectuar estos traslados por el paso internacional Jama era imposible, debido a que la excesiva lentitud del transporte en camiones de un tamaño demasiado grande para este paso, habría obstaculizado el tránsito internacional.

Además se hacía imprescindible buscar un sitio a unos 3,000 metros de altura, donde construir la Base de Operaciones (OSF, Operation Support Facilities), para controlar las antenas. Esta Base de Operaciones, además, albergará a los astrónomos, tendrá talleres de mantención para las antenas, oficinas para los trabajos científicos y, durante la fase de construcción del proyecto, el campamento de las faenas.

#### PREPARING THE WAY

Once the best place for setting up the radio astronomy arrays was selected on Llano de Chajnantor, 5,000 m above sea level, a suitable access had to be found exclusively to serve the project, as the gigantic and extremely heavy apparatus had to be moved up and down. Transport across the international pass at Jama was unthinkable; the excessively slow progress of lorries too large for the pass would have stopped international traffic.

In addition, it was essential to locate a site at an altitude of about 3,000 m for building the Operation Support Facilities (OSF) from which to operate the antenna arrays. In addition, the OSF will provide accommodation for the astronomers, maintenance shops for the antennas, offices for scientific work, and –while construction is going on– housing for workers.

## EL EQUIPO AMBIENTAL

Fiel a la postura de cuidar al máximo el medio ambiente, ALMA decidió que el equipo ambiental tenía que estar presente desde el primer momento, dado que en la selección del camino de acceso y del sitio para la instalación de la Base de Operaciones no influyen solamente aspectos de ingeniería, sino también ambientales. En un área tan rica en valores biológicos, paisajísticos y culturales, era imprescindible extremar las precauciones.

Así quedó establecido el equipo ambiental del proyecto, integrado por un coordinador ambiental, una bióloga/ecóloga, un ingeniero agrícola (experto en suelos) y una hidrogeóloga.

## RAFTING EN SECO

Los profesionales seleccionados iniciaron los preparativos del viaje. Para que los vehículos pudiesen avanzar con un mínimo de seguridad, fue necesario equipar las camionetas 4x4 con dos neumáticos de repuesto cada una, antivuelcos, sogas, palas, tabloncillos, chuzos, compresores, botiquines, agua, colaciones, prismáticos, GPS (Global Position System, Sistema de Posicionamiento Global), mapas y más mapas. También fueron reclutados diestros choferes «*Off road*».

Finalmente llegó el día de la primera subida. Nadie era capaz de anticipar en todos sus detalles el nivel de dificultad que presentaría el viaje.

Cinco camionetas 4x4 se pusieron en fila: primero la de los ingenieros, manejada por un «*busca-camino*», provisto con GPS y prismáticos. En la segunda y tercera camioneta viajaron representantes del proyecto ALMA y en la cuarta, el equipo ambiental. Cerró la fila el vehículo del equipo auxiliar, formado por imprescindibles lugareños, los únicos que podían garantizar con seguridad el no sufrir los efectos del mal de altura.

El primer obstáculo eran las dunas de la formación Vila-ma. El experto «*busca-camino*» ordenó: «*En segunda y no bajar las 4 mil revoluciones*», y partió primero. Los motores

## THE ENVIRONMENT TEAM

**Faithful to its policy of taking maximum care of the environment, ALMA resolved that the environment team had to be onsite from the first, because selection of the access road and location for the OSF was affected by environmental as well as engineering considerations. In an area so rich in biological, landscape, and cultural values, no precautions could be overlooked.**

**The project environment team was composed of one environment coordinator, one biologist/ecologist, one agricultural scientist (soil expert), and one hydrogeologist.**

## DRY RAFTING

**The selected team began to prepare for the expedition. To ensure minimum safety, the 4x4 pickups were fitted with two extra tyres each, anti overturn equipment, ropes, shovels, planks, crowbars, compressors, first-aid kits, water, food, binoculars, GPS, maps and more maps. Experienced off-road drivers were hired.**

**The day of the first climb finally dawned. Nobody could anticipate in full detail the degree of difficulties that were to be encountered.**

**Five 4x4 pickups started out in Indian file: the first carried the engineers, driven by a «road finder», carrying GPS and binoculars. In the second and third travelled representatives of the ALMA Project; in the fourth, the environment team. The vehicle with the auxiliary team brought up the rear: indispensable local guides, the only ones who could be guaranteed not to suffer the effects of altitude sickness.**

**The first obstacles were the sand dunes of the Vila-ma formation. The road expert ordered, «Second gear and don't go below 4,000 revs,» and set off ahead. The engines squealed and the pickups zigzagged along the dunes for about 3 km. Fortunately, no one got stuck. Once on the altiplano terraces, the ground was firm,**



Un equipo interdisciplinario de profesionales recorrió las seis zonas ecológicas buscando la mejor ruta para el camino de acceso a ALMA.

**An interdisciplinary professional team visited the six ecological zones seeking the best route for the ALMA access road.**



chillaron y las camionetas esquiaron en serpentinadas por las arenas, por unos 3 kilómetros. Por milagro, nadie quedó enterrado. Ya llegando a las terrazas altiplánicas hubo suelo firme, o mejor dicho, demasiado firme: las camionetas casi «escalaban», literalmente, las rocas de la formación Ignimbrita chaxas.

La subida era lenta, interrumpida en lapsos por grandes rocas o profundas quebradas, imposibles de pasar. Cada vez que la primera camioneta se detuvo, el «busca-camino» bajó con los prismáticos. El resto del equipo sabía que nuevamente los obstáculos de esta maravillosa naturaleza anularían cada planificación previa, hecha en un escritorio, con mapas y fotos satelitales. Perdieron la cuenta de la cantidad de veces que tuvieron que retroceder a buscar otra vía para continuar la subida. Los vehículos saltaron tanto en el terreno rocoso, que el procedimiento quedó bautizado como «rafting en seco».

**too firm, in fact. The pickups literally clambered up the rocks of the Chaxas ignimbrite formation.**

**Progress was slow, often interrupted by huge rocks or deep impassable ravines. Each time the lead pickup stopped, the road expert got out with his binoculars. The rest of the team knew that the obstacles of this marvellous nature would cancel all previous planning done on a desk, with maps and satellite photos. They lost count of the times they had to backtrack and look for another route to continue climbing. The pickups shook so hard on the rocky terrain that the procedure was renamed «dry rafting.»**



### UN PAISAJE INCREÍBLE

De pronto, cambió el escenario. El grupo había llegado a la zona de matorral desértico, con una densa cobertura de suelos. A la bióloga, colgada por la ventana, le faltaron manos para manejar el GPS, los prismáticos, las cámaras y registrar al mismo tiempo las observaciones.

Por primera vez este equipo de profesionales veía el área del Proyecto ALMA en todo su esplendor: colonias de vizcachas, vicuñas, antiguas estancias construidas en pircados, las enormes cactáceas de 7 metros de altura y la increíble cercanía de las grandes cumbres de la Cordillera de los Andes.

La subida siguió lenta, no solamente por los desvíos de quebradas y otros obstáculos, sino también por las exigencias a que eran sometidos los vehículos 4x4. Era necesario enfriar motores, cambiar neumáticos y controlar sistemas de suspensión. Recién alcanzando los 4 mil metros de altura, en la zona de las grandes praderas de coirón, el viaje se tornó algo más rápido.

### AN UNBELIEVABLE LANDSCAPE

All of a sudden, the scene changed. They had arrived at the desert scrub area and its dense soil cover. The biologist, hanging out of the window, needed more than her two hands to operate the GPS, handle binoculars and cameras, and simultaneously take down observations.

For the first time, the team was seeing the Alma Project area in all its splendour: colonies of viscacha and vicuña, ancient dwellings surrounded by crumbling dry-stone walls, the huge 7-m cacti, and the unbelievable closeness of the high peaks of the Andes.

The way up continued slowly, not only because of ravines and other obstacles, but because of the strain on the vehicles. Engines had to be allowed to cool, tyres changed, suspension systems checked. Only when they had reached 4,000 m and the area of coiron plains, travel became somewhat faster.

La Zona de Coirón es el hábitat de las vicuñas por excelencia. Varios participantes de la expedición vieron de cerca, por primera vez y sin que intermediaran las rejas de un zoológico, ejemplares de este maravilloso camélido. Escucharon también el silbido de vigilia de la colonia de vizcachas, que inmediatamente era inspeccionada por la bióloga, mientras el agrónomo analizaba el tipo de suelos.

Siguiendo el camino, la vegetación de coirón se hizo cada vez más escasa. Ya no se registraron colonias de vizcachas, cuando llegaron a los casi infinitos llanos de la alta puna, a 5 mil metros de altura. Estaban en el Llano del Chajnantor, destino final de la expedición: un lugar donde el frío muerde los huesos, el viento arde en la cara y parte los labios, y el paisaje quita más el aliento que la falta de oxígeno propia de la altura.

Las altas cumbres nevadas de los Andes, la sensación de interminables espacios de la alta puna, el contraste de la blancura de la nieve con el colorido de los cerros azufreros y el negro del suelo de los llanos, forman un espectáculo que todos los miembros del equipo llevan, desde entonces, grabados en la mente y el corazón. Ahí supieron que cada participante en esta excursión siempre sentirá el deseo de volver a estas altas montañas, una y otra vez.

#### BALANCE FAVORABLE

El balance del día era sumamente positivo: «*Solamente*» 8 horas de viaje para una subida de 46 kilómetros, 3 neumáticos reventados, una sola camioneta con los dos paquetes de resortes traseros quebrados, una persona con síntomas leves de mal de altura, un cansancio profundo generalizado, pero largamente superado por la satisfacción de haber vivido el privilegio de acercarse a lo que para el pueblo atacameño es la montaña sagrada, una zona que ALMA está profundamente decidido a respetar.

Durante estos días de trabajo se llenaron varios cuadernos con registros de coordenadas geográficas obtenidas con GPS, observaciones y centenares de fotografías para documentar lo analizado en terreno.

The coiron area is par excellence the habitat of vicuña.

Several members of the expedition were seeing specimens of this majestic camelid for the first time outside a zoo. They also heard the watchful whistle of the viscacha colony, which was at once examined by the biologist while the agricultural scientist checked soil types.

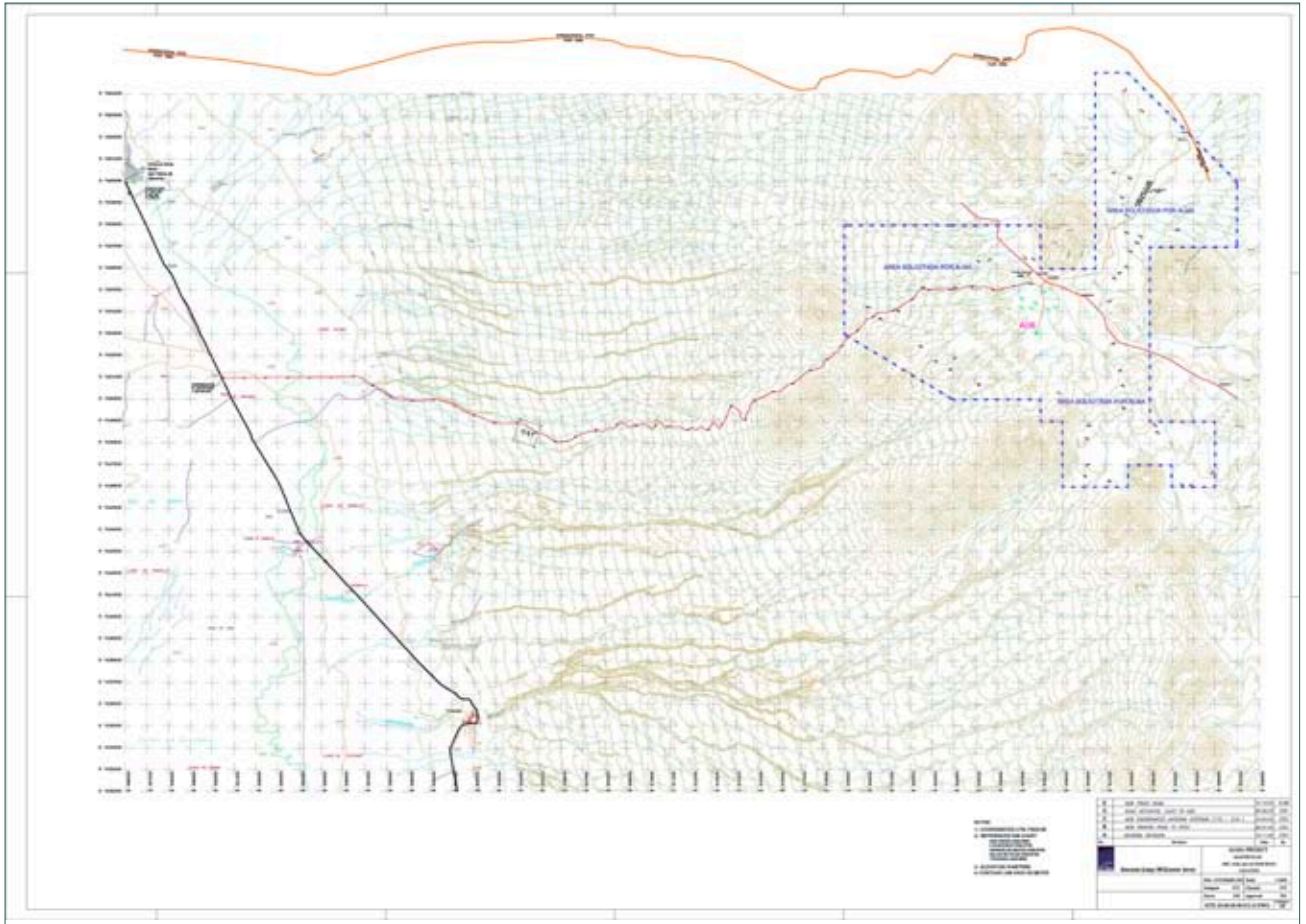
As they advanced, the coiron vegetation grew sparser. No colonies of viscacha were in sight when they came to the endless plains of the high puna, at 5,000 m. They had arrived at Llano de Chajnantor, the final destination of the expedition, a place where the cold bites one's bones, the wind makes one's face burn and chaps one's lips, where the landscape takes one's breath away more surely than lack of oxygen at that elevation.

The high snow-covered peaks of the Andes, the impression of endless space in the high puna, the contrast between the white snow, the yellow sulphur rocks, and the black soil of the plains, composed a picture that all team members have carried since then etched into their minds and hearts. Each one knew that he or she would forever wish to return to the high mountains time and again.

#### FAVOURABLE BALANCE

The day's balance was highly positive: «only» 8 hours' travel to climb 46 km, 3 flat tyres, just one pickup with broken rear springs, one person with slight symptoms of altitude sickness, a profound general fatigue, fully overcome by the satisfaction of enjoying the privilege of coming close to the sacred mountain of the Atacameño people, an area that the ALMA Project is firmly resolved to respect.

In the next few days, several notebooks were filled with records of GPS geographic coordinates, observations, and hundreds of photographs were taken



Mapa de la ruta escogida.

Map of the chosen route

La tarea era buscar la mejor opción para un camino de acceso que cumpliera los siguientes requisitos:

- Viable desde el punto de vista de la ingeniería.
- Mínimo impacto ambiental.
- Que fuera lo más cercano posible al pueblo de San Pedro de Atacama.

#### LA RUTA ESCOGIDA

El trazado seleccionado era viable desde el punto de vista de la ingeniería, no causaba impactos a los tamarugos, ni a colonias de Tuco-tuco, pero era uno de los accesos más lejanos de San Pedro de Atacama y además, en la parte alta, pasaba cerca de colonias de vizcachas y pasos de ñandúes y vicuñas.

La decisión del Proyecto ALMA fue clara: la ingeniería se adaptaría a la naturaleza, porque al revés era imposible. Esta decisión involucró modificaciones en la parte alta del camino, para evitar al máximo eventuales impactos a colonias de vizcachas y pasos de vicuñas y ñandúes existentes en el área.

to document onsite findings.

The task was to locate the best option for an access road meeting the following requirements:

- Viable in engineering terms
- Minimal environmental impact
- As close as possible to the town of San Pedro de Atacama.

#### THE CHOSEN ROUTE

The route chosen was viable in engineering terms and caused no harm to tamarugos or tuco-tuco colonies; it was, however, the farthest from San Pedro de Atacama and at its highest point ran close to colonies of viscachas and to rhea and vicuña passes.

The project decision was clear: the engineering would adapt to nature, because the opposite was impossible. The decision required modifying the higher section of the road to avoid any possible harm to viscacha colonies or to existing vicuña and rhea passes

CAPÍTULO 4

buscando la flora y  
fauna en el área de  
ALMA

CHAPTER 4

seeking flora and  
fauna in the ALMA  
area





Huellas de Ñandú.

Rhea tracks

Un ejemplar de *Liolaemus ornatus*.A sample of *Liolaemus ornatus*

El Proyecto ALMA comenzó una nueva fase en su desarrollo: la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

Con este objetivo, profesionales especializados empezaron a desarrollar el catastro de los recursos naturales del proyecto, determinando especies de flora y fauna, analizando calidad de aguas, evaluando suelos y ubicando los pasos de vicuñas y ñandúes.

#### BUSCANDO LA FAUNA

El valor de la flora y fauna en el área de ALMA, tanto por su diversidad y grado de endemismo, como por la presencia de numerosas especies con problemas de conservación, originó una prioridad en el trabajo biológico dentro de las preocupaciones ambientales del proyecto.

En la fase de la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, la primera tarea consistió en determinar las especies presentes en el área, conocer su estado de conservación, densidad y distribución en los pisos ecológicos. Posteriormente se investigó su potencial vulnerabilidad frente a las actividades del proyecto. Luego se elaboró la lista de las medidas de mitigación correspondientes a cada uno de estos impactos.

Esto significó, en primer lugar, salir a terreno e identificar las especies presentes. Este trabajo se realizó en forma separada por cada piso ecológico, generalmente caminando y con un par de buenos prismáticos.

Así fueron detectadas las distintas colonias de vizcachas, el Ratón Orejudo de Darwin, las bandadas de Perico Cordillerano, aves rapaces y el lagarto *Liolaemus fabiani*, entre otras especies.

The ALMA Project entered a new phase of development: preparation of the Environmental Impact Study.

To this end, a group of experts began to survey the natural resources of the project area, identifying species of flora and fauna, analyzing water quality, assessing soils, and locating vicuña and rhea passes.

#### SEEKING FAUNA

The importance of flora and fauna in the ALMA area—in diversity as well as numbers—together with the presence of numerous vulnerable species gave priority to biological work among the environmental concerns of the project.

In preparing the Environmental Impact Study, the first task was to identify the species existing in the area, with their vulnerability status, density, and distribution across the various ecological levels. Then the degree of potential vulnerability conditions was examined vis-à-vis project-related actions. Lastly, a list of mitigating measures was drawn up in the context of each such impact.

The foregoing, in the first place, meant going out into the field to identify the species present. This task was carried out separately for individual levels, usually on foot and carrying a pair of binoculars.

Various colonies of viscacha were thus detected, together with Darwin's leaf-eared mouse (*Phyllotis darwini*), flocks of mountain parakeet (*Bolborynchus aurifrons*), birds of prey, and the lizard *Liolaemus fabiani*, among other species.



Ratón Orejudo.

Darwin's leaf-eared mouse

## RATONES Y PUMAS

Un problema mayor fue detectar las especies presentes que no se observan fácilmente, aquellas que tienen generalmente actividad nocturna o hábitos muy escondidos. Tal es el caso, por ejemplo, del Ratón Chinchilla y del Puma.

Para determinar la presencia de estas especies, fue necesario implementar otros métodos.

Mucho antes de haber avistado y fotografiado el Ratón Orejudo (*Phyllotis xanthopygus rupestris*) se conocía su presencia por sus fecas, vestigios de consumo en frutos de cactáceas y por haber encontrado en dos ocasiones ejemplares muertos y totalmente momificados.

Al Ratón Chinchilla no se le observó nunca en su hábitat natural. Sin embargo, fue localizada una colonia de este roedor gracias a otras señales, tales como la identificación de las madrigueras junto a sus fecas, el hallazgo de un ejemplar muerto y por las características marcas que suele dejar en las matas de coirón que consume.

El Puma es otra especie que es muy difícil de observar en su ambiente natural. Sin embargo, las inconfundibles huellas dejadas por sus enormes patas y algunos restos de vi-

## RATS AND PUMAS

**A major problem was detecting species not easily observed, of nocturnal or hidden habits, as, for instance, the chinchilla rat and the puma.**

**To verify the presence of such species, other methods had to be implemented.**

**Long before sighting and photographing Darwin's leaf-eared mouse (*Phyllotis xanthopygus rupestris*), its presence was revealed by droppings, bite traces left in cactus fruit, and twice finding dead, totally mummified specimens.**

**The chinchilla rat was never observed in its natural habitat. A colony of this rodent was located, however, thanks to other signs including dens found close to their droppings, a dead specimen, characteristic bite marks left on coiron shrubs.**

**The puma is another species difficult to observe in its natural habitat. In one area of ALMA, however, its presence was betrayed by the unmistakable prints of its huge paws and the remains of vicuñas hunted by the big cat.**



Madrigueras en hábitat natural del ratón Chinchilla (*Abrocoma cinerea*)

Den in the natural habitat of the chinchilla rat (*Abrocoma cinerea*)

cuñas cazadas por el gran felino, revelaron su presencia en el área de ALMA.

Era de primordial importancia implementar métodos que fuesen lo menos invasivos posible para detectar las especies y determinar su abundancia. Por este motivo, se privilegió al máximo la observación directa y la búsqueda de vestigios de los animales, para no tener que recurrir a la colocación de trampas.

También era muy relevante conocer los pasos habituales de la fauna silvestre, especialmente de vicuñas y ñandúes, con el fin de tomar todas las medidas necesarias para no afectar el tránsito de la fauna. Con el objeto de cumplir con esta meta, se marcaron primero todas las observaciones de vicuñas y ñandúes en terreno con GPS, y posteriormente se dibujó estos puntos en un gran mapa del área. Eso dio una idea básica de dónde debían buscarse los pasos.

Posteriormente, el equipo caminó por estos sectores siguiendo las huellas y las fecas de los animales. Así, lentamente, se pudo confeccionar un mapa con los pasos de la fauna silvestre y al mismo tiempo se identificó los puntos que debían ser monitoreados.

**The utmost importance attached to implementing the least invasive methods to detect species and determine their numbers. Direct observation and the search for animal traces were therefore preferred, to avoid placing traps.**

**It was also most important to locate the habitual passes used by wild fauna, especially vicuña and rhea, so that all necessary measures might be taken to avoid altering fauna traffic. To achieve this aim, all GPS observations of vicuña and rhea on the site were recorded and then marked on a large-scale map of the area. This procedure provided a basic notion of where to look for passes.**

**Subsequently, the team went over the ground on foot following the animals' tracks and droppings. Gradually, a map of wild animal passes was drawn and points to be monitored were identified.**



Zorro culpeo en su hábitat.

Andean fox in its habitat

#### HUELLAS DE FAUNA

La otra tarea era conocer la abundancia de las especies presentes en el área de influencia de ALMA.

Esto es imprescindible para verificar que las actividades del proyecto no afecten la población de la fauna. En algunos casos, como por ejemplo el de la vizcacha, se llegó a conocer la abundancia por censos, pero en otras se requería una estimación de las poblaciones presentes con métodos indirectos. Debido a que no todas las especies eran fácilmente observables, hubo que apoyarse en otros factores como madrigueras, huellas, fecas frescas, revolcaderos, pelos y plantas con vestigios de consumo entre otros.

Poco a poco se llegó así a conocer la presencia cuantitativa de la fauna. Esto es importante también para identifi-

#### FAUNA TRACKS

The next task was to find out the abundance of species present in the ALMA area of influence.

This is essential to make sure that project operation does not affect the wild animal population. In the case of viscacha, for example, there were census figures to draw on, while in other cases indirect methods were required to estimate the existing populations. Given that not all species were easily observed, other factors had to be relied on, such as dens, tracks, fresh droppings, wallowing places, hairs, and plants showing bite marks, etc.

In this way, the numbers of fauna specimens were gradually arrived at. These findings are also important



Huellas de vicuña.

Vicuña tracks

car dónde están las poblaciones más frágiles de las distintas especies, que requieren de una preocupación especial para su protección, especialmente en casos de fauna con problemas de conservación.

El equipo se interesó también en las interrelaciones de las especies presentes. Por ejemplo, cuáles son los principales depredadores en las colonias de vizcachas. Se observaron, en algunas ocasiones, zorros en cercanías de las colonias y águilas que sobrevolaban estas áreas. Las sospechas después se confirmaron al estudiar las fecas de los zorros, que tenían vestigios de las vizcachas. En el caso de las águilas, también se confirmó su papel depredador al analizar las bolas de egagrópila que regurgitan estas aves.

for locating where the more fragile populations requiring special protection are found, especially fauna classified as vulnerable.

The team further took an interest in the interrelations among existing species. E.g. which are the main predators of viscacha colonies. Foxes were at times observed close to the flocks, and eagles circling overhead. Suspicions were confirmed later upon studying fox droppings, which contained viscacha remains. The predator role of eagles was similarly confirmed by examining the egagrópilus balls regurgitated by such birds.



#### IDENTIFICANDO LA FLORA

En el caso de la flora, la tarea de identificarla era, por un lado, más fácil, ya que no se esconde de la vista. Por otro lado, resultaba casi imposible determinar muchas de las especies sin haber visto su flor. Esto requiere esperar pacientemente su época de floración, lo cual no ocurre todos los años.

En zonas con un clima tan extremo por su aridez y frío a gran altura, como es el caso de ALMA, la flora está todavía mucho más vinculada a los distintos pisos ecológicos, por altura, que la fauna. Con más altura, más extremo es el clima y con menor frecuencia ocurre una floración que permita realmente determinar la presencia de las especies. Sin embargo, una vez dadas las condiciones, es asombroso cómo la minúscula flora presente hasta los 5.000 metros de altura, en el piso ecológico denominado la Alta Puna, se esfuerza por florecer.

Dentro de la flora silvestre presente en el área del proyecto, se encuentran varias especies que desde tiempos ancestrales han sido utilizadas por el hombre. Entre ellas están el Cardón grande y una notable variedad de especies de uso medicinal y ceremonial, tales como:



#### IDENTIFYING FLORA

**Flora, on the one hand, is more easily identified in that it does not hide from view. On the other hand, however, it is almost impossible to determine many species without seeing their flowers. This requires waiting patiently for the plant to blossom, which does not happen every year.**

**In areas of such extreme climate conditions, arid and cold at high elevations, as in the case of ALMA, the flora, rather than the fauna, is much more closely linked to the ecological zone given by the elevation. The higher the elevation, the harsher the climate and the less likelihood of a flowering that will truly confirm the presence of a given species. Notwithstanding, given the right conditions, it is amazing to see how the diminutive flora growing at 5,000 m, at the level known as Alta Puna, makes efforts to flower.**

**The wild flora found in the project area includes several species that have been utilized by man since ancient times. Among them are Cardón grande and a remarkable variety of species used for medicinal and ceremonial purposes, e.g.**



Flora de la alta puna.

Alta puna flora

- Rica-rica.
- Pingo-pingo.
- Bailahuén.
- Chachacoma.

En los pisos ecológicos más bajos, especialmente en el Matorral Desértico, se observan floraciones (una vez dadas las condiciones climáticas adecuadas), lo que convierte esta zona en un verdadero jardín. Aquí destacan sobre todo las bellísimas flores de las abundantes cactáceas, muchas de ellas con problemas de conservación, que requieren nuestra especial protección.

Se desarrolló un intenso trabajo para minimizar los impactos que podía causar la construcción del camino de acceso del Proyecto ALMA recursos histórico/arqueológicos y naturales: propuestas de cambio de trazado para no afectar colonias de Vizcachas y del Ratón Chinchilla, protecciones a los sitios con antiguas estancias y estimación de cactáceas que debían ser reubicadas.

- Rica-rica
- Pingo-pingo (*Ephedra andina*)
- Bailahuén (*Happiopus sp*)
- Chachacoma. (*Senecio sp*)

**At lower levels, especially in the desert scrub zone, flowering occurs provided the proper climate conditions are present and the area becomes a veritable garden. The beautiful flowers of the numerous varieties of cacti stand out among the rest. Many of these varieties are vulnerable and require that we provide special protection.**

**Intensive work was undertaken to reduce to a minimum the effects that construction of the access road might have on historical, archaeological, and natural resources: amendments to road design to avoid colonies of viscacha and chinchilla rat, fencing to protect ancient estancias, and estimation of the number of cactus plants that must be relocated.**



Vicuña en el pie del volcán Llullayllaco, al sur del Salar de Atacama.

Vicuña at the foot of Mount Llullayllaco, to the south of the Atacama Salar

#### LOS COMPROMISOS DE ALMA

En el marco de la evaluación ambiental, ALMA adquirió varios compromisos. Los más importantes son:

- Monitoreo de las colonias de vizcachas ubicadas a menos de un kilómetro del trazado del camino.
- Reubicación de cactáceas con problemas de conservación fuera del área del camino de acceso.
- Monitoreo de pasos de vicuñas y ñandúes.
- Reforestación con especies nativas y recuperación de suelos afectados por intervenciones humanas o por sucesos naturales, como la erosión.
- Protección del patrimonio cultural existente en el área.
- Disminución de velocidad de tránsito e instalación de letreros de protección de la fauna silvestre.
- Prohibición de la caza de animales y de la extracción de flora de todo tipo en el área.

#### CAPACITACIÓN AL PERSONAL

Dentro de los compromisos ambientales, se fijaron también las capacitaciones al personal. El proyecto ha realizado varios ciclos de estas charlas, en temas como legislación ambiental vigente, obligaciones ambientales del proyecto, flora, fauna y conservación de suelos.

Estos cursos han sido dirigidos a todo el personal del proyecto. Sin embargo, se puso mayor énfasis en el personal de terreno como, por ejemplo, los operadores de maquinaria pesada.

#### THE ALMA COMMITMENTS

In the framework of environmental assessment, ALMA entered into various commitments. The most important are listed below:

- Monitoring colonies of viscacha located less than 1 km away from the road.
- Relocating vulnerable cactus species away from the access road area.
- Monitoring vicuña and rhea passes.
- Reforestation with native species and recovering soil affected by human action or natural occurrences, e.g. erosion.
- Protection of natural heritage in the area.
- Lowering speed limits and setting up warning signs to protect wild fauna.
- Forbidding hunting and gathering flora of any kind in the area.

#### CAPACITY-BUILDING FOR PERSONNEL

Environmental commitments included capacity-building for personnel. The project has organized several cycles of talks on such subjects as environmental legislation in force, environment-related obligations of the project, flora, fauna, and soil conservation.

All project personnel are required to attend these courses, with emphasis, however, on field workers, e.g. operators of heavy machinery.



1



2



3



Otras aves zona ALMA:  
 1. Carancho cordillerano  
 2. Piuquenes  
 3. Halcones perdigueros

Other birds, ALMA area:  
 1. Mountain caracara  
 (Phalcoboenus megalopterus)  
 2. Andean goose (Chloephaga  
 melanoptera)  
 3. Aplomado falcon (Falco  
 femoralis)

CAPÍTULO 5

CHAPTER 5

estudios realizados

studies performed



Las vizcachas son roedores de actividad diurna y viven en quebradas con afloramiento de rocas.

Viscachas are diurnal rodents living preferably in ravines with rocky outcrops

#### VIZCACHAS (*LAGIDIUM VISCACIA*), TRABAJOS EN COLONIAS

La Vizcacha es un roedor del tamaño de un conejo, que actualmente presenta problemas de conservación, en categoría de «*especie en peligro de extinción*».

En el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto ALMA, los servicios del Estado de Chile solicitaron un estudio de la abundancia de las colonias de Vizcachas ubicadas a menos de un kilómetro del camino de acceso.

Cumplir con esta petición no era un desafío menor, debido a que no se había hecho estudios de este tipo en Colonias de Vizcachas y, por tal motivo, no existían experiencias previas ni metodologías establecidas. Además, las Vizcachas son roedores de actividad diurna y su estudio requirió la presencia del equipo desde los primeros rayos de luz de la mañana hasta el anochecer, en un hábitat ubicado entre 4.000 y 4.800 metros de altura, situación que obligó a levantar un campamento en alta montaña por un período de hasta 3 semanas.

Pero el desafío no terminaba con el campamento en alta montaña: los expertos tenían que ser capaces de acercarse al máximo al hábitat de las vizcachas y dominarlo. Estas viven de preferencia en profundas quebradas con abundante afloramiento de roca, con frecuencia formando altas paredes. Este hecho obligó al equipo ambiental primero a aprender la escalada en roca a grandes alturas, con el riesgo que esto supone.

Aún quedaba un problema mayor por solucionar: la selección de una adecuada metodología para el Estudio de Abundancia. Para esto existieron dos grandes opciones: metodología indirecta, que estima la abundancia de ejemplares a través de huellas o cantidades de heces, o métodos más directos, tales como capturas o censos por observación directa.

#### VIZCACHAS (*LAGIDIUM VISCACIA*), WORK ON COLONIES

The viscacha is a rodent the size of a rabbit, currently classified as an endangered species.

In the process of Environmental Impact Assessment, the Chilean authorities concerned requested a study of viscacha abundance at a distance of less than one kilometre from the access road.

Responding to this request was not a minor challenge, as no studies of this nature had been performed so far on viscacha colonies; accordingly, there was no previous experience nor any established methods on which to rely. In addition, viscachas are diurnal rodents and the study required the team to be present from first light to nightfall in a habitat located at an elevation between 4,000 and 4,800 m. As a result, a camp had to be installed in the high mountains for as long as three weeks.

The high-mountain camp was not the end, however. The experts had to be capable of coming as close as possible to the viscacha habitat and to be familiar with it. This species prefers to den in deep ravines with abundant rock outcrops often rising in the form of high walls. The fact required the environment team to learn rock climbing at high elevations, with the attending hazards.

A major problem was yet to be resolved: selecting the appropriate method for conducting the Abundance Study. Two major options were open: the indirect approach, i.e. estimating abundance of specimens on the basis of tracks or quantities of droppings, or a more direct approach, such as capture or census based on direct observation.



Vizcachas.

Viscachas

Finalmente se optó por la captura. El método consiste en lo siguiente: se capturan vizcachas utilizando trampas, que no dañan al ejemplar, se las marca y luego se las libera. Después de algunos días, se efectúa una segunda campaña de captura y se calcula la abundancia por una fórmula preestablecida.

Los parientes más cercanos de las vizcachas son las chinchillas, de las cuales existen dos especies: la Chinchilla andina (*Chinchilla brevicaudata*) y la Chinchilla chilena (*Chinchilla lanigera*). Esta última ha sido capturada anteriormente para fines científicos en la Reserva Nacional «*Las Chinchillas*» en Auco, en la Cuarta Región de Chile. Para la captura de vizcachas se optó por usar el mismo tipo de trampas, pero de mayor tamaño.

Para marcar los animales, se eligió simplemente una pintura de un color llamativo, que no fuera tóxica para los roedores.

Finalmente llegó el día de iniciar la tarea. Dos camionetas con 6 personas a bordo —una bióloga, un ingeniero agrícola, un técnico agrícola, un instructor de alta montaña y dos lugareños, imprescindibles conocedores del altiplano— subieron las terrazas altiplánicas para instalar el campamento que albergaría al equipo por tres semanas en las cercanías de las colonias de vizcachas a 4.000 metros de altura.

Cada trampa pesa 4 kilogramos y para extenderlas eficientemente era preciso llevar varias. Todo esto, a una altura de entre 4.000 y 4.800 metros, en un terreno sumamente difícil por las quebradas verticales con afloramiento de roca. Esta labor no deja de ser un buen ejercicio. Por supuesto, los grandes ganadores de la competencia por ubicar una mayor cantidad de trampas, fueron los dos luga-

Finally, the team opted for capture. The method calls for catching specimens in traps that do not harm the captured animal, which is marked and set free. Some days later, a second capture campaign takes place and abundance is calculated by means of a pre-established formula.

The closest relative of the viscacha is the chinchilla rat, of which two species are known: the Andean or short-tailed chinchilla (*Chinchilla brevicaudata*) and Chilean chinchilla (*Chinchilla lanigera*). The latter has been previously captured for scientific purposes at the Las Vizcachas National Reserve, located in Auco, Region IV of Chile. The same kind of trap, but of larger size, was used there.

Animal marking was performed with a simple dab of yellow paint harmless to rodents.

The day finally came when work could begin. Two pickups carrying six persons —one biologist, one agricultural scientist, one agricultural technician, one high-mountain instructor, and two local guides, essential for their familiarity with the altiplano— climbed up to the altiplano terraces to set up the camp that would house the team for three weeks in the vicinity of the viscacha colonies at an elevation of 4,000 m.

Each trap weighs 4 kilograms and for efficient placing several must be carried at the same time. All of it at an elevation between 4,000 and 4,800 m over very difficult terrain featuring vertical ravines and outcropping rocks. The job provided good exercise, however. Of course, the winners in the competition to place the largest number of traps were by far the local guides,



Una Laucha andina (*Abrothrix andinus*) captada en su hábitat natural.

Andean mouse (*Abrothrix andinus*) in its natural habitat

reños del equipo, por su mayor adaptación al ambiente en gran altura.

Todos los días se realizaron dos controles de las trampas, para evitar al máximo que los animales se estresaran tratando de escapar. Cada vizcacha capturada no sólo fue marcada sino también medida, pesada, determinada por su sexo y su estado de salud. Esto permitió un registro mucho más allá de un simple censo, aprovechando al máximo toda información que se pudiese recopilar.

Luego se cambió el método del trampeo y marcación por un censo por observación directa. Para ello, se cubrieron las quebradas de las colonias de vizcachas con tres grupos de sensores de dos personas cada uno. Todas las personas contaban con prismáticos y cada grupo tenía un walkie-talkie para avisar cuando un ejemplar pasaba de un grupo de sensores al área del otro. Así se evitó el doble conteo. Además se repitieron los censos tres veces en cada colonia, para disminuir el margen de error que supone la observación.

Finalmente, sobre la base de esta metodología, los expertos llegaron a saber cuántas vizcachas había en cada colonia, información vital para implementar medidas de protección.

#### **RATÓN CHINCHILLA (ABROCOMA CINEREA), PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE COLONIAS**

Aparte de las vizcachas, existe otro roedor con problemas de conservación en el área de influencia de ALMA. Se trata del Ratón Chinchilla (*Abrocoma cinerea*), declarado en estado de «*especie inadecuadamente conocida*».

El camino de acceso del proyecto astronómico pasa por el área donde se localizan las colonias de este roedor. Sus madrigueras se encuentran dispersas, bajo grandes rocas, en una superficie que supera las 20 hectáreas.

Debido a que algunas de estas rocas, donde se registra la existencia de las madrigueras del ratón, se encuentran a menos de 10 metros de distancia del camino de acceso, el equipo ambiental del proyecto tomó dos medidas para su protección:

who were fully adapted to high-mountain conditions.

Traps were inspected twice daily, to reduce having the animals stressed by trying to escape. Every specimen caught was not only marked but also measured, weighed, classified by sex and health condition. The record thus went beyond a simple census, making good use of all the information that could be gathered.

Then the trapping and marking method was exchanged for direct observation. To this end, three two-person census teams covered the viscacha ravines. Each team member carried binoculars and a walkie-talkie to give the alert when a specimen went from the area of one team to the area of another. The census was taken three times in each colony to reduce the margin of error that goes with observation.

Finally, on the basis of the foregoing methods, the experts knew how many viscachas there were in each colony, a vital item of information for implementing protection measures.

#### **CHINCHILLA RAT (ABROCOMA CINEREA), COLONY PROTECTION AND CONSERVATION**

In addition to viscacha, another vulnerable rodent inhabits the ALMA area of influence. This is the chinchilla rat (*Abrocoma cinerea*), which has been declared an «*inadequately known species*.»

The access road to the astronomy project runs over the area inhabited by colonies of this rodent. Dens are scattered, under large rocks, over an area of more than 20 hectares.

Given that some rocks where chinchilla dens had been registered are located less than 10 m away from the access road, the project environmental team adopted two measures for protection:



Algunos cactus de la especie *Echinopsis atacamensis* pueden superar los 7 metros de altura.

Some specimens of *Echinopsis atacamensis* can grow to more than 7 m.

- Incluir la colonia del Ratón Chinchilla en los monitoreos ambientales, inspeccionando el estado de la colonia mediante fecas, vestigio de consumo de vegetales, huellas y pelos.
- Para prevenir que los ratones se viesen obligados a abandonar sus madrigueras durante los trabajos de construcción del camino de acceso, se construyeron ofertas artificiales, juntando grandes rocas con maquinaria pesada que pudiesen servir de escondites al Ratón Chinchilla.

(a) to include the chinchilla rat colony in environmental monitoring, inspect the condition of the colony through droppings, traces of plant consumption, tracks, and hairs;

(b) to prevent chinchillas from feeling driven to abandon their dens during construction of the access road, artificial dens were provided by using heavy machinery to push large rocks together, thus providing hiding-places for the chinchilla rats.

#### CACTÁCEAS, TRABAJOS DE RESCATE

Dentro del área de influencia de ALMA, se encuentran dos especies de cactáceas con problemas de conservación: El Cardón grande (*Echinopsis atacamensis*), un cactus gigante que alcanza los 7 metros de altura, y el Conoideo (*Opuntia conoidea*), especie de tamaño relativamente pequeño, que forma verdaderos cojines. Ambas cactáceas, lamentablemente, han sido declaradas «*vulnerables*».

Por tal motivo, se decidió desarrollar un Plan de Rescate para la totalidad de los ejemplares con problemas de conservación que podrían haber sido afectados por los traba-

#### CACTACEAE RESCUED

Two endangered species of cactus grow within the ALMA area of influence:

Cardón grande (*Echinopsis atacamensis*), a giant species that grows to a height of 7 m, and Conoideo (*Opuntia conoidea*), a relatively small species growing in cushion formation. Both, unfortunately, have been declared vulnerable.

For this reason, it was decided to draw up a rescue plan extending to all vulnerable specimens that might have been affected by the access roadworks. There was

jos del camino de acceso. Hasta entonces no existía ninguna experiencia en el trasplante de estas especies de cactáceas. Era necesario diseñar el rescate para 5 ejemplares del enorme Cardón grande y para, aproximadamente, 600 ejemplares del cactus Conoideo.

El equipo ambiental se mostró confiado en llevar a buen término el rescate de los ejemplares del Conoideo, dado que todo género de Opuntias tiene un buen desarrollo vegetativo, es bastante resistente a todo tipo de alteraciones y tiene incluso una reproducción vegetativa.

Se inició un ensayo de unos pocos replantes por esquejes (partes laterales de los tallos que se quiebran para reproducción vegetativa) y por los cojines completos.

A pocos meses de realizada la experiencia, se notaba que tanto los esquejes como las plantas enteras replantadas respondieron bien a la acción del traslado.

Sin embargo, se optó por replantar los cojines completos, dado que este método ofrece una mayor posibilidad de floración y fructificación, y por ende, de la conservación del material genético en el área.

Las cactáceas fueron cuidadosamente excavadas, porque desarrollan una raíz muy profunda. Posteriormente se dejó secar las plantas al aire libre, para permitir que las pequeñas heridas que resultan por quebrar raicillas en el acto de la extracción se secasen y no se pudriesen posteriormente, al entrar en contacto con el agua de regadío.

El replante se realizó en pequeños sitios de tres a ocho ejemplares, cercados con cintas plásticas llamativas, para facilitar su ubicación en las campañas de regadío y para los monitoreos mensuales que avalarían el éxito del rescate.

ALMA logró así salvar casi a la totalidad de las Opuntias conoideas potencialmente afectadas por la construcción del camino de acceso.

Pero, mientras el rescate de las Opuntias más pequeñas resultó fácil, el de los gigantes Cardones fue un desafío que requirió especial atención.

Tomando en cuenta que la especie alcanza los 7 metros de altura –de hecho, el ejemplar rescatado de mayor tamaño superó los 6 metros y tenía un diámetro de 80 centímetros– y sabiendo también que se compone fundamental-

no previous experience in transplanting these cactaceae and a plan had to be devised to rescue five specimens of the huge Cardón grande and about 800 plants of Conoideo.

The environment team was confident of being successful in rescuing the Conoideo specimens, as all Opuntias have good vegetative development, are hardy in the face of any alteration, and even have vegetative reproduction.

Replanting was tried on a few cuttings and some complete cushions.

In a few months it was clear that both replanted cuttings and complete cushions responded well to the transfer.

However, it was decided to transplant complete cushions as this method gives more assurance of flowering and fructifying, thus preserving genetic material in the area.

The plants were dug out with great care, for their roots go very deep. They were then allowed to dry out in the open to allow rootlets broken off in the course of extraction to become dry and so prevent subsequent rotting under irrigation.

Replanting was carried out in small groups of three to eight specimens, surrounded with plastic ribbon in bright colours to aid irrigation and monthly monitoring of rescue success.

In this way, ALMA succeeded in saving almost all the plants of *Opuntia conoidea* potentially threatened by construction of the access road.

However, whereas rescuing the smaller Opuntias was fairly simple, the challenge of doing the same for the gigantic Cardones proved more difficult.

Bearing in mind that the species grows to 7 m in height –indeed, the largest specimen rescued measured more than 6 m and 80 cm across– and being aware that it is composed mostly of water, the weight to be handled amounted to several tons. To this was added the very deep roots of the larger specimens and the immense side arms they develop.

mente de agua, el peso a manipular alcanzaba varias toneladas. A estas dificultades se sumaba el profundo enraizamiento de los grandes ejemplares que, al mismo tiempo, desarrollan enormes brazos laterales.

En consecuencia, tanto las excavaciones para extraer el ejemplar como para trasladarlo y replantarlo se tenían que realizar con maquinaria pesada. Fue preciso cavar alrededor del espécimen a replantar y hacer la excavación en el lugar de replantación.

Sin embargo, la preocupación mayor era el traslado mismo: El tamaño y el peso de los ejemplares es de tal magnitud, que la posibilidad de causar algunos daños, era inminente. En primer lugar, se tomó la precaución de entablar los cactus para su traslado, y segundo, se diseñó un plan de emergencia en el caso de que se quebraran puntas o brazos.

Igual que en el caso de las Opuntias, los Cardones grandes se sometieron a un proceso de monitoreo mensual, verificando el éxito del rescate. En el caso de los gigantes Echinopsis atacamensis, todos los esfuerzos se vieron coronados con éxito. Los ejemplares replantados florecieron y fructificaron a un año dos meses transcurrida la replantación, repitiéndose la floración anualmente hasta la fecha.

#### VICUÑAS Y ÑANDÚES, VIGILANCIA DE PASOS

Otros estudios relevantes se efectuaron en los pasos habituales de fauna silvestre, lugares por donde circulan, fundamentalmente, vicuñas y ñandúes.

Para facilitar el tránsito de la fauna silvestre, el proyecto astronómico adquirió el compromiso de construir el camino con materiales y colores que lo mimeticen con el medio ambiente. Además, se mantienen las bermas bajas, para facilitar que los animales crucen el camino.

Adicionalmente se restringió la velocidad a 30 kilómetros por hora para toda clase de vehículos que circulen por los tramos de estos pasos de fauna silvestre. Esta medida no sólo resguarda la integridad física de estos ejemplares, con la precaución de que no sean atropellados, sino que

**Accordingly, the excavations to remove specimens, in addition to transfer and replanting, required the use of heavy machinery. It was necessary to dig around the plant to be transferred and to dig a corresponding hole at the replanting site.**

**Nonetheless, the major source of concern was the transfer operation itself, the size and weight of the plants being such that the prospect of causing some degree of damage was imminent. First, the cacti were boarded, and then an emergency plan was drawn up in the event of limbs or ends breaking off.**

**As was done for the Opuntias, the Cardón grande specimens were monitored monthly to check rescue success. All efforts to save the gigantic Echinopsis atacamensis were fully successful. The replanted specimens flowered and fructified fourteen months after replanting, and have continued to flower annually to the present time**

#### VICUÑA AND RHEA, PASS WATCHING

**Other major studies were performed on habitual passes of wild fauna, where vicuña and rhea mostly travel.**

**To aid the movements of wild fauna, the astronomy project engaged to build the road with materials and colours camouflaging it in the environment. Road shoulders are also kept low in aid of animal crossings.**

**In addition, the speed limit was set at 30 kph for all vehicles running where wild animal passes are located. This not only prevents animals from being run over but also lowers acoustic pollution by reducing the noise made by traffic.**

**Wild fauna passes have been monitored by the**





Los pasos habituales de vicuñas también fueron estudiados por los expertos.

Habitual vicuña passes were also studied by the experts.

también reduce los niveles de contaminación acústica, es decir, disminuye el ruido que produce el tránsito.

Los pasos de la fauna silvestre han sido monitoreados en forma mensual por el Proyecto ALMA, donde el equipo ambiental hizo un censo por avistamiento y verificó fecas, huellas, etc. en el área.

El Proyecto ALMA ha emitido informes periódicos a las autoridades sobre el estado de los pasos de vicuñas y ñandúes en su área de influencia. Con los años, estos informes se convirtieron en un importante material científico, no sólo en lo relativo a la dinámica poblacional de esta fauna silvestre sino también sobre aspectos de su comportamiento y de la sanidad de la población, observaciones que en el tiempo ayudarán a conocer y proteger mejor nuestra fauna silvestre.

El paulatino aumento de la población de vicuñas observado en los cuatro años de monitoreo, aumenta las esperanzas de alcanzar, en algunos años más, densidades de este camélido que correspondan realmente a la capacidad de las grandes praderas de coirón que existen actualmente en la zona de influencia de ALMA, aportado así a la conservación de esta especie en peligro de extinción.

**ALMA Project on a monthly basis. This means that the environment team conducted a census each month by sighting; in addition, populations have been checked by the presence of droppings and fresh tracks throughout the area.**

**The ALMA Project reports from time to time to the authorities on vicuña and rhea passes in its area of influence. Over time, these reports will become a hoard of important scientific material, not only on population dynamics among the wild fauna but also on population behaviour and health, which in time will help to improve knowledge and protection of our wild animals.**

**The gradual increase in the vicuña population observed in the course of four years of monitoring .raises hopes that in a few years' time the vicuña population will be truly proportionate to the capacity of the vast coiron plains currently existing in the ALMA area of influence, thus contributing to preserve this endangered species.**

## EPÍLOGO

# el espacio y más allá...

Hemos llegado al final de este recorrido a través del patrimonio biológico en la zona de ALMA. Pero el final de este viaje es sólo el comienzo de otro. Desde el llano Chajnantor, el radio observatorio más poderoso del mundo nos ayudará a descifrar los misterios de las primeras épocas del cosmos, tarea que se desarrollará en la misma zona en que los pueblos precolombinos se maravillaron antes con la naturaleza.

Como un homenaje a aquellos habitantes del pasado y a los científicos del presente, los invitamos a disfrutar esta mezcla de palabras en lengua kunza, que los estudiantes de los pueblos del norte de Chile están rescatando diariamente del olvido, con las fotografías captadas por astrónomos, gracias a equipos de última generación. Este es el espíritu del trabajo que viene: el respeto por la tierra y la inagotable curiosidad por conocer a fondo lo que hay más allá del cielo.

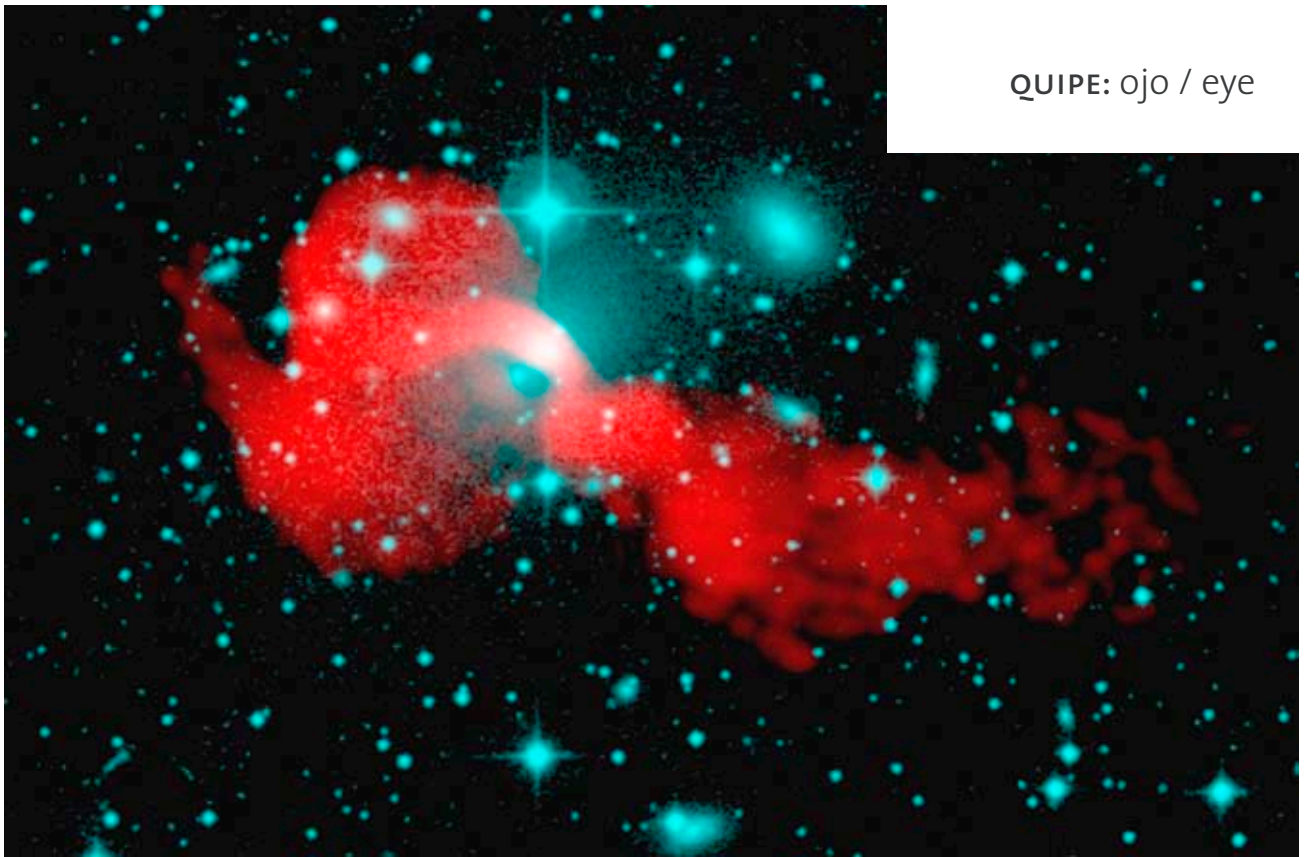
## EPILOGUE

# space and beyond...

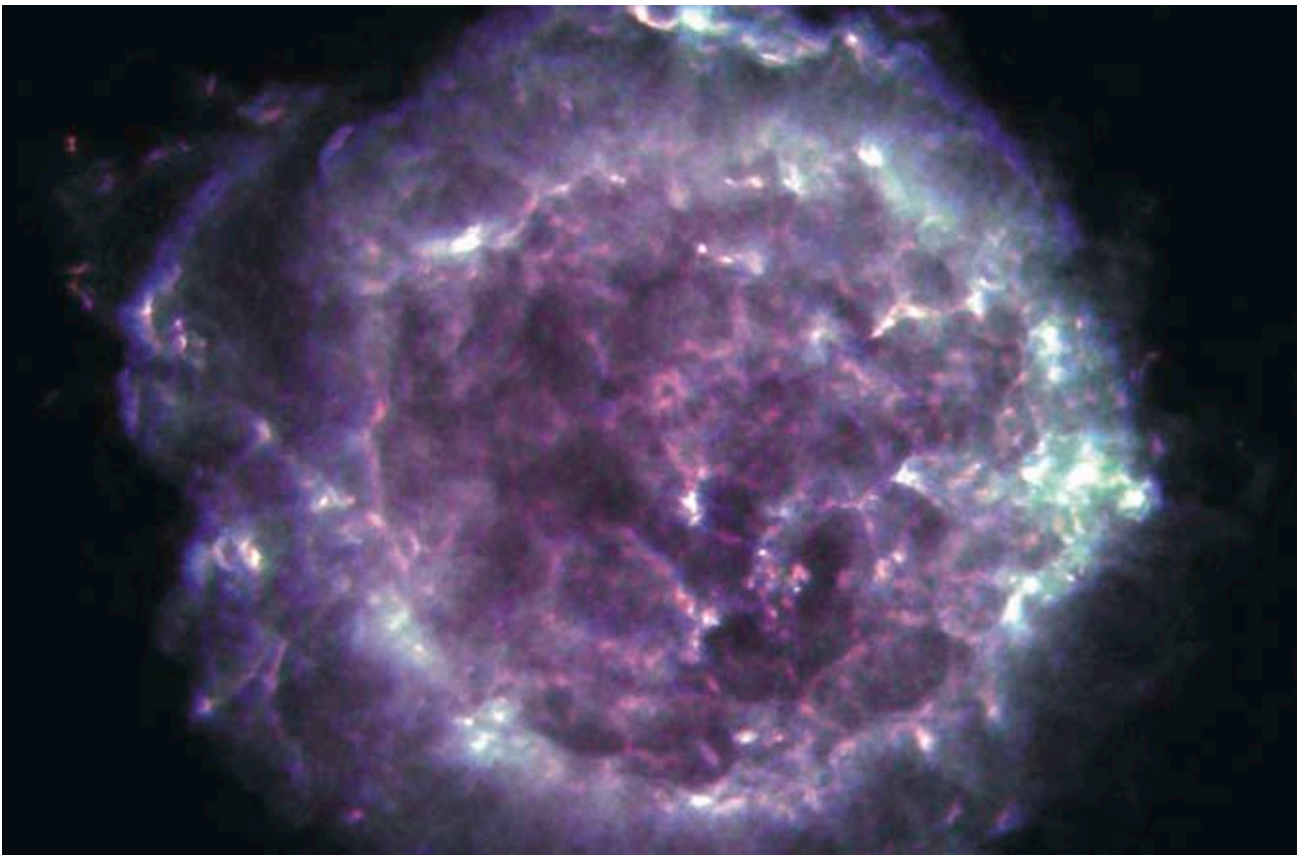
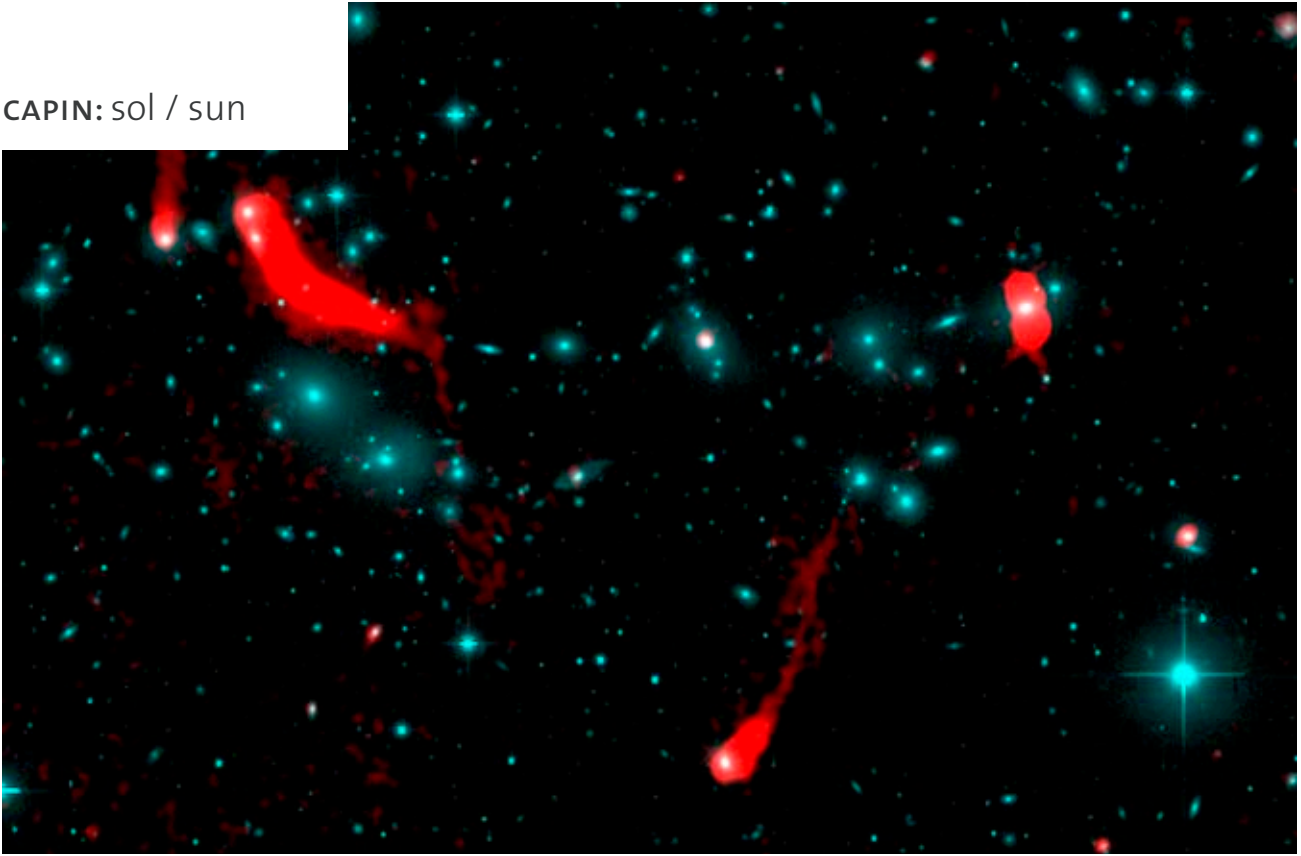
We have reached the end of our travels through the biological heritage of the ALMA area. Yet this ending is but the beginning of another journey. From the plain of Chajnantor, the most powerful radio observatory in the world will help us to unravel the mysteries of the early times of the cosmos, a task that will be undertaken in the very area where pre-Columbian peoples were once wonderstruck by Nature.

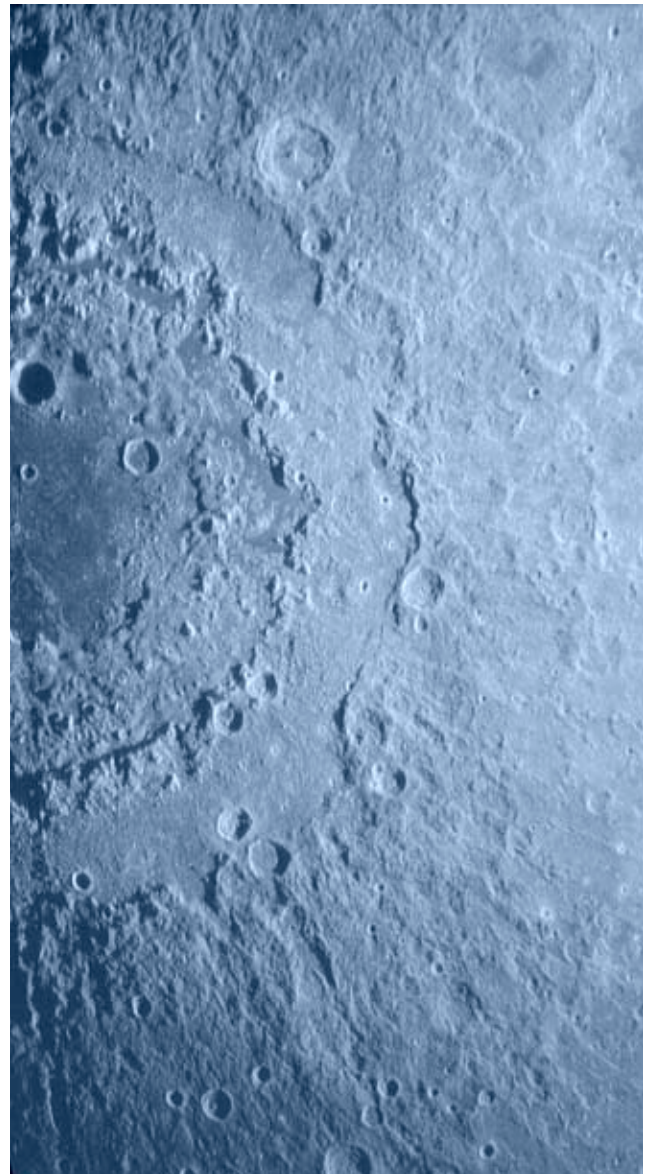
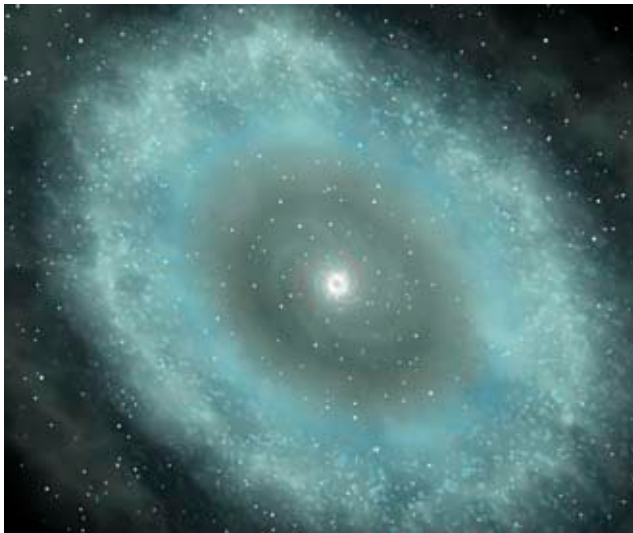
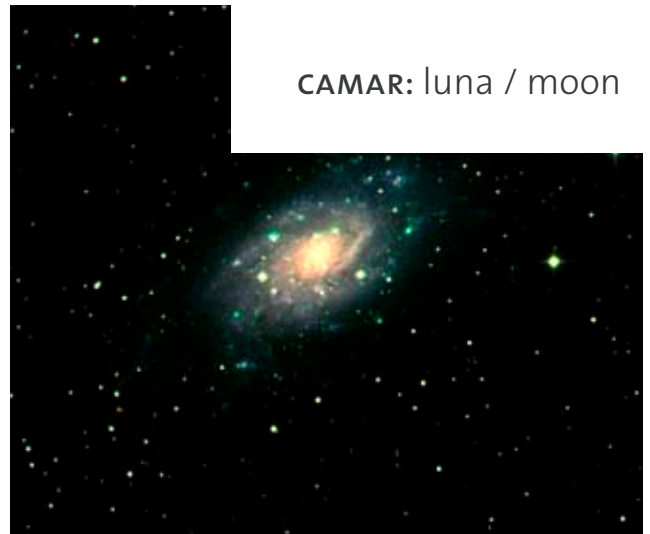
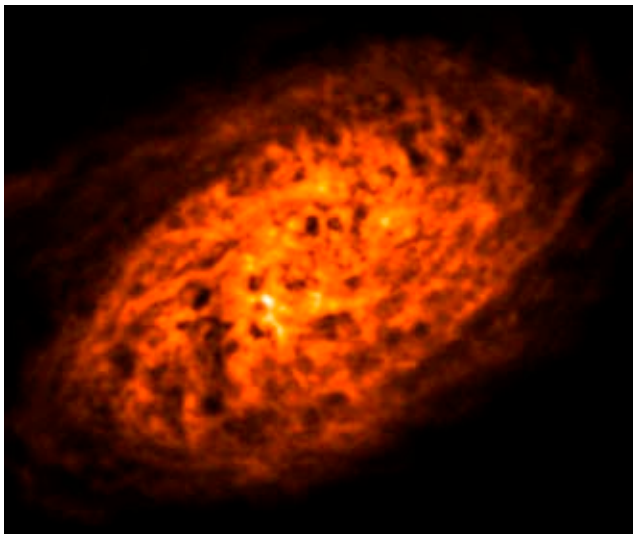
In homage to those inhabitants of the past and the scientists of the present, we invite you to enjoy this mix of words from the Kunza language that students in the towns of northern Chile are rescuing daily from oblivion, together with the photographs taken by astronomers with the aid of leading-edge technical equipment. Such is the spirit of the work to come – respect for the Earth and the unquenchable desire to find out more about what lies beyond the sky.

QUIPE: ojo / eye



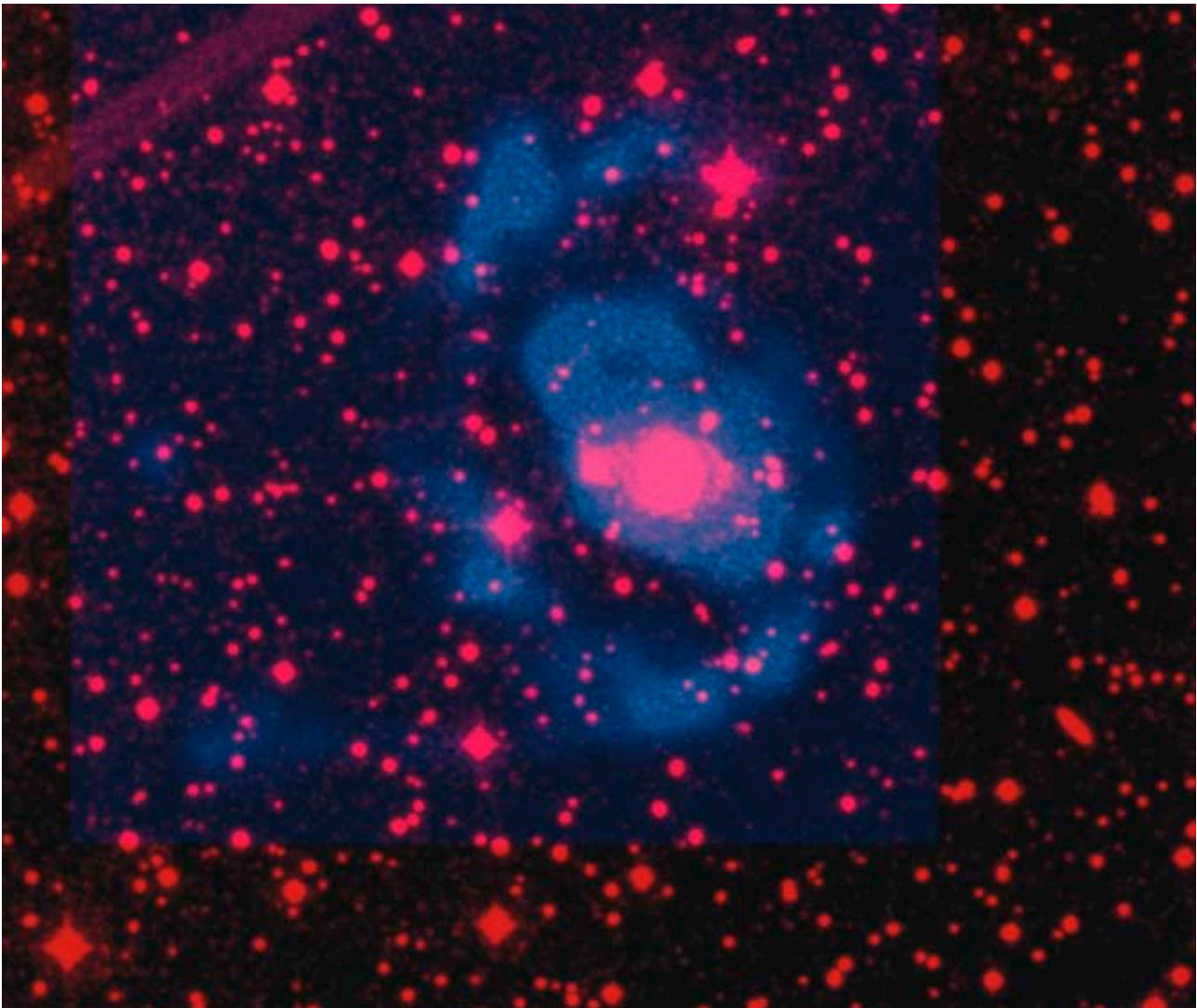
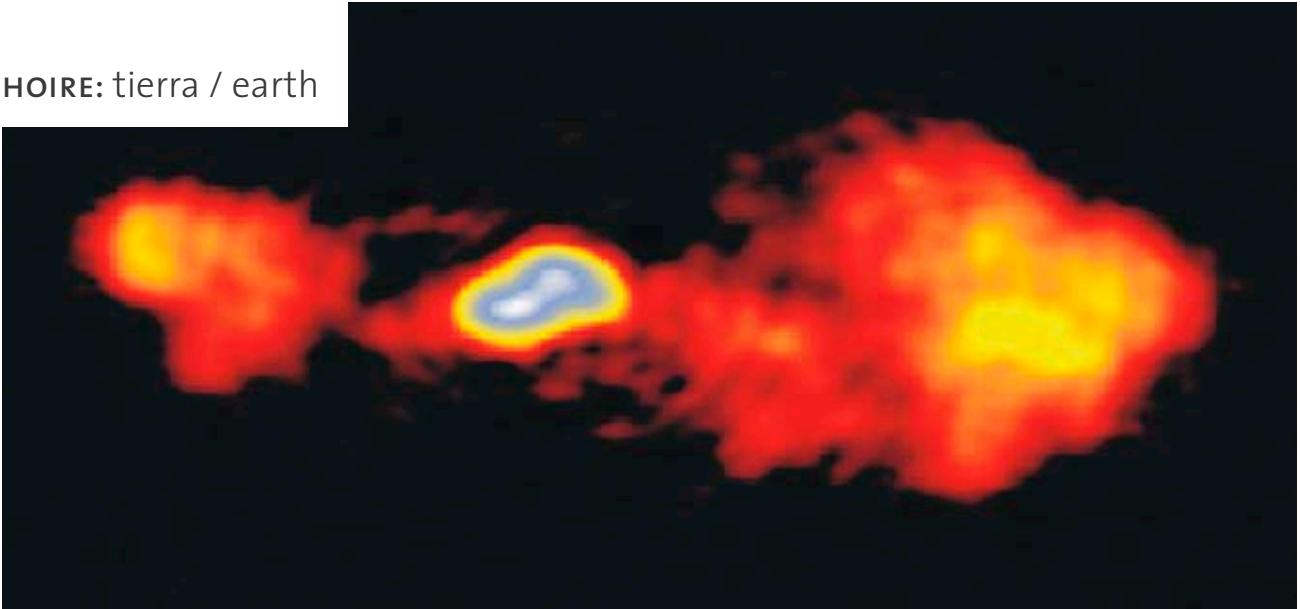
CAPIN: sol / sun

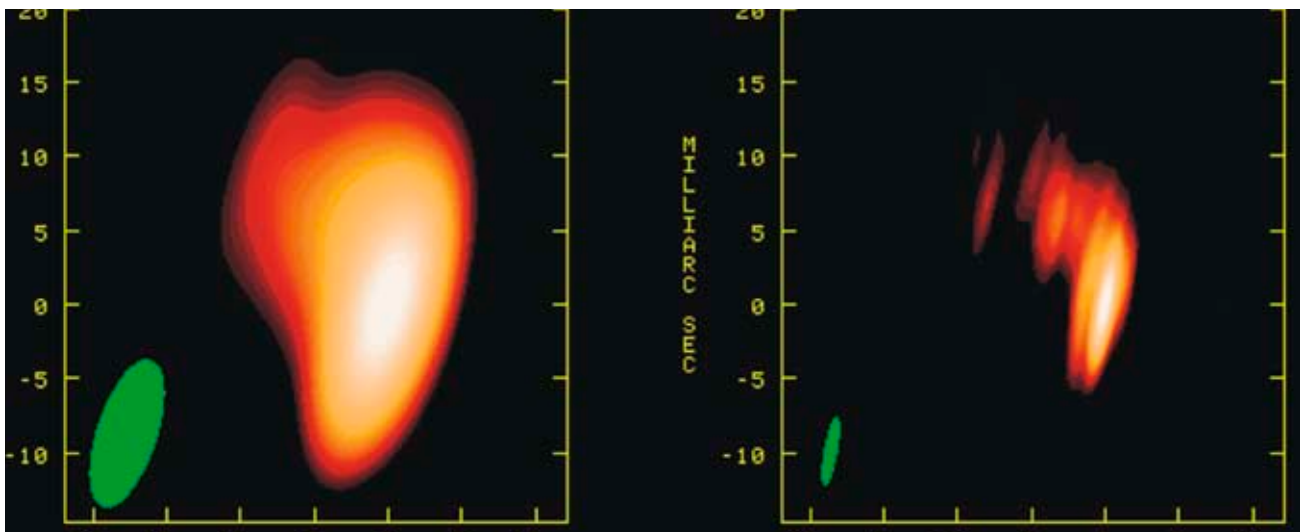
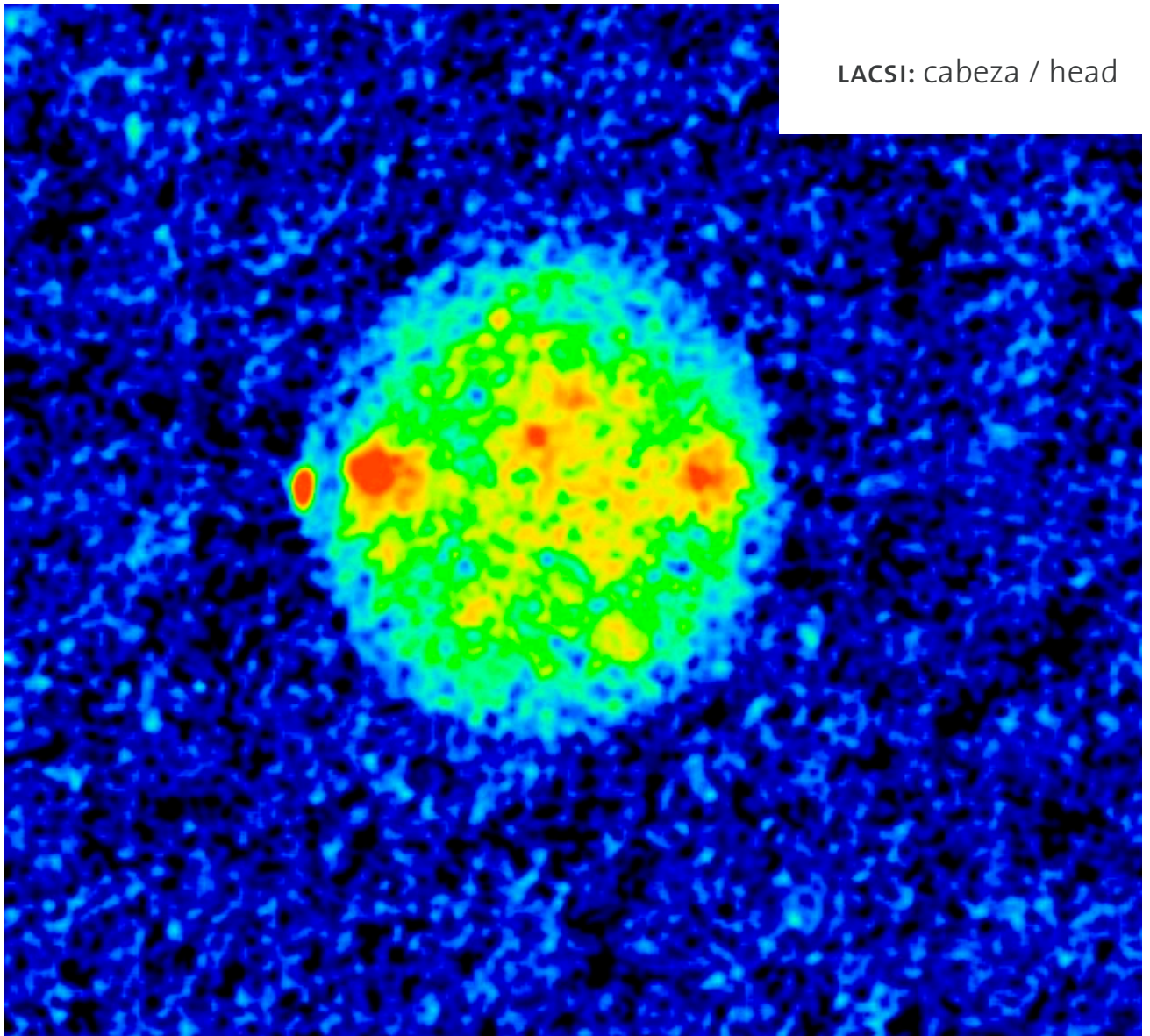




Hoire : tierra / earth

HOIRE: tierra / earth





## notas

- 1 *Geografía II Región de Antofagasta*, Instituto Geográfico Militar, 1990.
- 2 *Especies arbóreas y arbustivas para zonas áridas y semiáridas de América Latina*, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago, 1997
- 3 Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ALMA, 2002
- 4 *Las Aves de Chile. Tomo I y II*. Goodall, J.: Johnson, A.: Philippi, R. Platt Establecimientos Geográficos S.A. Buenos Aires. 1951 y 1957.
- 5 Información de CONAF

## notes

- 1 ***Geografía II Región de Antofagasta*, Instituto Geográfico Militar, 1990**
- 2 ***Especies arbóreas y arbustivas para zonas áridas y semiáridas de América Latina*, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago 1997.**
- 3 **Estudio de Impacto Ambiental Proyecto ALMA, 2002.**
- 4 ***Las Aves de Chile, Tomo I y II*. Goodall, J.: Johnson, A.: Philippi, R. Platt Establecimientos Geográficos S.A., Buenos Aires, 1951 and 1957.**
- 5 **CONAF Information.**



# bibliografía

# references

---

## CAPÍTULO 1 ALMA, PASO A PASO

*Portal [www.eso.cl](http://www.eso.cl)*

---

## CAPÍTULO 2 ZONACIÓN ECOLÓGICA DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE ALMA

*Las Aves de Chile. Tomo I y II.*

Goodall, J.; Johnson, A.; Philippi, R.  
Platt Establecimientos Geográficos S.A.  
Buenos Aires 1951 y 1957.

*Información de CONAF.*

*Geografía II Región de Antofagasta.*

Instituto Geográfico Militar, 1990.

*Especies arbóreas y arbustivas para zonas áridas y semiáridas de América Latina.*

Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago 1997.

*Estudio de Impacto Ambiental Proyecto alma.* 2002.

*Fauna del altiplano Chileno y desierto de Atacama-vertebrados de la provincia de El Loa.*

Raimírez, L.; Filmar y Pincheira, D., Daniel.  
Phrynosaura Ediciones. Santiago 2005.

*Birds of Southern South America and Antarctica.*

De la Plata, Martin R. y Rumboll, Maurice.  
Harper Collins publishers. London 1998.

---

## EPILOGO EL ESPACIO Y MÁS ALLÁ...

«*Cuentos de los niños atacameños*». *Minicentro «San Pedro de Atacama».*

Area Culturas Originarias, División de Cultura, Mineduc. Noviembre 2001.

---

## CHAPTER 1 ALMA, STEP BY STEP

*[www.eso.cl](http://www.eso.cl)*

---

## CHAPTER 2 ECOLOGICAL ZONING OF THE ALMA AREA OF INFLUENCE

*Las Aves de Chile,. Tomo I y II.*

Goodall, J.: Johnson, A.: Philippi, R.  
Platt Establecimientos Geográficos S.A.  
Buenos Aires 1951 y 1957.

*CONAF information.*

*Geografía II Región de Antofagasta.*

Instituto Geográfico Militar. 1990.

*Especies arbóreas y arbustivas para zonas áridas y semiáridas de América Latina.*

Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago 1997.

*Estudio de Impacto Ambiental Proyecto alma.* 2002.

*Fauna del altiplano chileno y desierto de Atacama: vertebrados de la provincia de El Loa.*

Ramirez, L.; Filmar y Pincheira, D.; Daniel. Phrynosaura Ediciones. Santiago 2005.

*Birds of Southern South America and Antarctica.*

De la Plata, Martin R. and Rumboll, Maurice. Harper Collins Publishers. London 1998.

---

## EPILOGUE SPACE AND BEYOND...

«*Cuentos de los niños atacameños, Minicentro San Pedro de Atacama»*

Area Culturas Originarias, División de Cultura, Mineduc. Noviembre 2001.







En este libro conoceremos ALMA paso a paso, comenzando por algunos conceptos básicos sobre Radio Astronomía, lo que nos permitirá entender la importancia del trabajo que allí se realiza para ampliar nuestro conocimiento actual del Universo.

Este libro contiene las observaciones de flora y fauna efectuadas en terreno por expertos que fueron comisionados para investigarla y recomendar las claves para su protección. Este es el patrimonio que los invitamos a descubrir en las siguientes páginas.

**This book will acquaint us with ALMA step by step, beginning with a few basics of radio astronomy to enable us understand the importance of the work carried on there and expand our present knowledge of the Universe.**

**The book contains the observations on flora and fauna performed on site by experts commissioned to investigate the area and provide key notions to protect it. This is the heritage that we invite you to discover in the following pages.**

