



## Report

# Las Atmósferas de la Tierra, de los Planetas, de nuestro Sistema Solar y de los Exoplanetas

**Author(s):**

Brüesch, Peter

**Publication Date:**

2016

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010800462> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

**Las Atmósferas  
de la Tierra, de los  
Planetas, de nuestro  
Sistema Solar y  
de los Exoplanetas**

**Peter Brüesch**



**«Hay más en el cielo y en la tierra  
de lo que puede soñar tu filosofía»**

**«Hamlet»**

**de William Shakespeare**

**(1564 - 1616)**

## CONTENIDO

0. Introducción – Contenido	pp A - P
1. Prólogo : La capa de aire de nuestra tierra	pp 1 - 11
2. Fundamentos físicos y químicos	pp 12 - 55
3. Fenómenos climáticos en la troposfera	pp 56 - 105
4. Volar y planear en el aire	pp 106 - 189
5. Contaminación del aire, gases tóxicos y precipitación radioactiva	pp 190 - 244
6. Respiración y fotosíntesis de las plantas	pp 245 - 270
7. Respiración de seres humanos y animales	pp 271 - 333
8. Selección de fenómenos atmosféricos	pp 334 - 373
9. Respiración en la psicología, filosofía y en las religiones del mundo	pp 374 - 404
10. Las atmósferas de planetas y exoplanetas	pp 405 – 500

[Cada capítulo incluye un apéndice con información adicional]

A

## Prólogo

En mi reciente obra me he dedicado al tema «Agua»: Su Importancia en las Ciencias, en la Naturaleza y Cultura, en las Religiones del Mundo y en el Universo».

Según la doctrina de «cuatro elementos» de los filósofos griegos, todo ser consiste en los cuatro elementos básicos: Tierra, Fuego, Aire y Agua. Este segundo trabajo lo he dedicado al elemento «Aire», o más generalmente, a la «Atmósfera». Como el agua, el aire es esencial para todos los seres vivos. Sólo el agua y el aire permiten la vida en nuestro planeta.

En contraste con agua líquida y sólida (hielo), el aire de nuestra tierra es invisible. La capa de aire es muy pequeña comparada con el radio de nuestra tierra. Nuestra atmósfera se compone de varios gases, principalmente nitrógeno y oxígeno.

Sin la atmósfera nos quemaríamos por el intenso calor del sol durante el día; y por el otro lado nos congelaríamos hasta la muerte durante la noche, debido a las muy bajas temperaturas. Sin aire moriríamos en pocos minutos. Sin embargo, el aire para nosotros es una obviedad, razón por la cual raramente nos preocupamos por sus propiedades y su calidad. Sólo cuando la contaminación es muy alta (smog o malos olores) suenan las campanas de alarma.

Varios aspectos sobre el «cambio climático» han sido tratados en mi trabajo sobre el «Agua», estos no se repetirán aquí.

Mi intención aquí es de posicionar el tema central de la «Atmósfera» en un contexto amplio: es decir, de no tratar los aspectos individualmente, sino en un contexto introductorio y general.

El décimo y último capítulo contiene un resumen sobre las propiedades y atmósferas de los planetas de nuestro sistema solar y de planetas fuera de nuestro sistema solar, llamados planetas extrasolares o exoplanetas.

Salvo pocas excepciones, el libro está escrito de manera simple y comprensible. Para un estudio más profundo, cada capítulo contiene una extensa bibliografía.

B

Peter Brüesch - Agosto 2016

## Agradecimientos

Quiero dar mis cordiales agradecimientos a los siguientes amigos y colegas:

Agradezco al Señor Dr. Walter Schneider (†) por su apoyo durante muchos años; haciéndome llegar periódicamente informaciones actuales de distintas materias, las cuales fueron de gran interés para el presente trabajo.

Al Señor Peter Etter le agradezco por las discusiones sobre insectos en general, y en especial por su demostración y explicaciones en cuanto a su impresionante colección de mariposas (Capítulo 4, Sección 4.2.2). También le quiero dar las gracias por su indicación al insecto más pequeño del mundo, el «Dicopomorpha Echmepterygis».

Al Doctor Dieter Kuse le agradezco por su estímulo y entrega de la literatura sobre Auroras Polares y la Capa de Kennely-Heaviside (Capítulo 8, Secciones 8.2 y 8.3).

Con respecto a la literatura sobre planetas extrasolares, le agradezco al Profesor Dr. Norbert Straumann y al Señor Reto Stephan Grimm por la valiosa literatura (Capítulo 10, Secciones 10.3 e 10.4).

Al Señor Kirkor Arsik le agradezco por su ayuda en el procesamiento de datos y por su apoyo en la computadora.

Un gran agradecimiento le debo a mi compañero Ingo Berninger para su corrección de este resumen (Capítulo 0) en Español.

Las gracias también quiero dar a mis dos hijas, Elisabeth-Schraner Brüesch y Christine Brüesch, por los libros sobre planetas extrasolares, con valiosas informaciones sobre sus atmósferas. Le agradezco igualmente a mi nieta Angéline da Silva por su ayuda en la corrección de algunos capítulos de este trabajo.

Por último, pero más que nada, le agradezco muy cordialmente a mi querida esposa Hedy, por su gran interés, valiosas sugerencias, continuo apoyo y su paciencia durante la elaboración de este trabajo.

C

## Peter Brüesch: Historia Profesional

1934	Nacido en Scuol, Grisons, Suiza
1948 – 1954	Instituto de bachillerato en Chur, Grisons
1954 – 1960	Estudios universitarios en física experimental en el Instituto Politécnico de Zürich (ETHZ)
1960 – 1965	Doctorado en el Instituto de Física - Química de la ETHZ
1965 – 1967	«Postdoctoral Fellowship» in «Physical Chemistry», Oregon State University, EE.UU.
1967 - 2002	Colaborador científico y director de proyectos en el Centro de Investigaciones de ABB – Suiza. Trabajos sobre la física de cuerpos sólidos; 72 publicaciones.
1975	Catedrático no titular de física en la EPFL, Lausanne, cursos sobre física de cuerpos sólidos y sobre «Agua y soluciones acuosas»
1987	Catedrático titular de física en EPFL
1998 – 2000	Consultor en ABB en la materia «Agua y soluciones acuosas»
2000 - 2011	Estudios e investigaciones en el campo del agua y soluciones acuosas y su importancia en la naturaleza <ul style="list-style-type: none"><li>- desde 1997: en la EPFL, disertaciones sobre la física de cuerpos sólidos y el agua.</li><li>- 2002 – 2011: Redacción de un trabajo global sobre el «Agua». A partir de este trabajo preparé una obra más completa redactada en alemán e inglés con el título: «Agua: Su importancia en las ciencias, en la naturaleza y cultura, en las religiones mundiales y en el universo».</li><li>- «Wasser: Seine Bedeutung in der Wissenschaft, in der Natur und Kultur, in den Weltreligionen und im Universum»</li><li>- «Water: Its Significance in Science, in Nature and Culture, in World Religions and in the Universe»</li></ul>
2011 – 2016	Elaboración y publicación por Internet (Google) de una nueva obra acerca de la atmósfera: «Die Atmosphären der Erde, der Planeten unseres Sonnensystems und der Exoplaneten» «The Atmosphere of our Earth, of the Planets of our Solar System and of Exoplanets»
E-Mail:	<a href="mailto:peterbruesch@bluewin.ch">peterbruesch@bluewin.ch</a>

D

## Bibliografía General

- R.0.1 La Atmósfera de la Tierra  
<http://www.astromia.com/tierraluna/atmosferatierra.htm>
- R.0.2 Atmósfera terrestre - [https://es.wikipedia.org/wiki/Atm%C3%B3sfera\\_terrestre](https://es.wikipedia.org/wiki/Atm%C3%B3sfera_terrestre)
- R.0.3 Las atmósferas de los planetas del sistema solar  
<http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/12573439/Las-atmosferas-de-lod-planetas-del-sistema-solar.htm>
- R.0.4 Planetera detección desde Tierra de atmósfera de un planeta extrasolar  
<https://astroseti.org/miscelanea/archivo/pzimera-deteccion-desde-tierra-de-atmosfera-de-extrasolares/>
- R.0.5 Detectadas atmósferas de dos planetas extrasolares  
<http://observatorio.info/2007/02/detectades-atmosferas-de-dos-planeta-extrasolares/>
- R:0.6 Detectados atmósferas de dos planetas extrasolares  
per Créditos: NASA/LPL-Caltech/T.Pyle (SSC)  
<http://observatorio.info>
- R.0.7 Atmosfera  
Da Wikipedia, l' enciclopedia libera - <https://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera>
- R.0.8 Atmosfera terrestre  
Da Wikipedia, l' enciclopedia libera - [https://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera\\_terrestre](https://it.wikipedia.org/wiki/Atmosfera_terrestre)
- R.0.9 Fondamenti di fisica e chimica dell'atmosfera  
<http://www.unilibro.it/libro/visconti-guido/fondamenti-fisica-chimica-dell-atmosfera/9788871466019>
- R.0.10 Quanti e quali sono gli strati che compongono l'atmosfera ?  
<http://www.sapere.it/sapere/strumenti/domande-risposto/geografia/strati-atmosfera-terrestre.html>
- R.0.11 The Greek four classical elements
- a) Classical elements - [http://en.wikipedia.org/wiki/Classical\\_elements](http://en.wikipedia.org/wiki/Classical_elements)
  - b) Elemental: The Four Elements  
From Ancient Greek Science and Philosophy to Ancient Sites Poetry  
<http://www.webwinds.com/myth/elemental.htm>

**E**

- R.0.12 Vier\_Elemente\_Lehre  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Vier:Elemente\\_Lehre](http://de.wikipedia.org/wiki/Vier:Elemente_Lehre)
- R.0.13 Feuer, Wasser, Erde, Luft  
Horst Rademacher, Erwin Lausch, Dagmar Röhrlich, Wiebke Rögner  
Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA  
1. Auflage (12. Mai 2003); ISBN-10: 3527404473
- R.0.14 WATER: Its Significance in Science, in Nature and Culture,  
in World Religions and in the Universe  
Brüesch, Peter  
Home – ETH E-Collection  
[e-Collection.ethbib.ethz.ch](http://e-Collection.ethbib.ethz.ch)
- R.0.15 Die Atmosphäre der Erde» (Eine Einführung in die Meteorologie)  
Helmut Kraus  
Verlag: Springer Berlin (2004); ISBN: 978-3-540-20656-9
- R.0.16 Air: Our Planet's Ailing Atmosphere  
Hans Tammemagi  
Oxford University Press, April 2009; ISBN-10: 0195430077
- R.0.17 An Introduction to Atmospheric Physics  
David G. Andrews  
Second Edition published 2010  
Cambridge University Press ; ISBN 978-0-521-87220-1
- R.0.18 Fundamentals of Atmospheric Physics  
Murry L. Salby  
Elsevier Science 1996  
ISBN 0126151601, 9780126151602
- R.0.19 Atmosphärenphysik  
Niklaus Kämpfer: Institut für angewandte Physik, Univ. Bern  
[PDF] Atmosphärenphysik; Frühlingsemester 2011  
[www.iapmw.unibe.ch/teaching/.../FS.../AT-phys\\_FS13\\_Kapitel1\\_2.pdf](http://www.iapmw.unibe.ch/teaching/.../FS.../AT-phys_FS13_Kapitel1_2.pdf)

**F**

- R.0.20 Die Entdeckung der Stratosphäre – ein Ereignis der  
Berliner Wissenschaftsgeschichte  
Karl-Heinz Bernhardt  
Sitzungsberichte der Leibniz – Sozietät 12 (1996) 4, pp 91 – 96  
[www.leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2012/10/07\\_bernhardt\\_kh.pdf](http://www.leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2012/10/07_bernhardt_kh.pdf)
- R.0.21 Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre  
buch.de; Erschienen bei Springer  
3. überarbeitete und aktualisierte Auflage, 06-2000  
Walter Roedel  
ISBN-10: 3-540-67180-3; ISBN-13 : 978-3-540-671800-0
- R.0.22 Thermal Physics of the Atmosphere  
Maarten H.P. Ambaum  
ISBN: 978-0-470-74515-1  
John Wiley & Sons , April 2010
- R.0.23 Lectures in Atmospheric Physics , 2010  
Björn-Martin Sinnhuber  
University of Bremen - Master of Environmental Physics  
[www.iup.uni-bremen.de/lecture.../AtmosphericPhysics-09\\_01.pdf](http://www.iup.uni-bremen.de/lecture.../AtmosphericPhysics-09_01.pdf)
- R.0.24 Atmospheric Physics  
[PDF] Lecture Notes - Assoc. Prof. Dr. Aysegül Yilmaz (2006)  
Canakkale Onsekiz Mart University  
[www.nu.edu.sa/userfiles/semohammad/atmosphere.pdf](http://www.nu.edu.sa/userfiles/semohammad/atmosphere.pdf)
- R.0.25 Wetter & Klima  
Vorhersagen – Wetterphänomene – Klimaänderung – Meteorologie  
DORLYNG KINDERSIAY – DK

G

## Contenido

<b>1. Prólogo</b>	<b>pp 1 - 11</b>
1.1 Desarrollo de la atmósfera de la tierra	2 - 4
1.2 Atmósfera y el aire	5 - 8
1-3 Las capas de la atmósfera	9 - 11
A-1 Apéndice	
B-1 Bibliografía	R-1-0 - R-1-2
<b>2. Física y química de la atmósfera</b>	<b>pp 12 - 55</b>
2.1 Observaciones preliminares del contenido	13 - 14
2.2 La composición del aire seco	15 - 23
2.3 La troposfera con vapor de agua	24 - 32
2.4 La estratosfera	33 - 42
2.5 La mesosfera	43 - 45
2.6 La termosfera	46 - 50
2.7 La exosfera	51 - 55
A-2 Apéndice	
B-2 Bibliografía	R-2-0 - R-2-8

H

<b>3.</b>	<b>El Tiempo atmosférico en la troposfera</b>	<b>pp 56 - 105</b>
3.1	El tiempo atmosférico: en general	57 - 62
3.2	La troposfera	63 - 67
3.3	El mundo de las nubes	68 - 78
3.4	El viento	79 - 86
3.5	Precipitación y condiciones atmosféricas extremas	87 - 99
3.6	El uso de la energía eólica	100 - 105
A-3	Apéndice	
R-3	Bibliografía	R-3-0 - R-3-10
<b>4.</b>	<b>El vuelo en el aire</b>	<b>pp 106 - 189</b>
4.0	El vuelo: en general	107 - 108
4.1	Fundamentos físicos	109 - 119
4.2	Animales voladores y animales planeadores: invertebrados	120 - 139
4.2.1	Invertebrados y vertebrados	121 - 123
4.2.2	Invertebrados voladores y planeadores: insectos	124 - 139
4.2.2.1	Abejas, hormigas y termitas	130
4.2.2.2	Mariposas	131 - 134
4.2.2.3	Como vuelan las moscas?	135 - 136
4.2.2.4	Himenópteras y libélulas	137 - 139

I

4.3	Vertebrados voladores y planeadores	140 - 174
4.3.1	Protozoarios voladores	141 - 144
4.3.2	Las aves	145 - 153
4.3.3	Vuelo planeador de los peces	154 - 156
4.3.4	Vuelo planeador de reptiles	157 - 160
4.3.5	Vuelo planeador de anfibios	161 - 163
4.3.6	Mamíferos voladores y planeadores: resumen	164 - 165
4.3.6.1	Murciélagos: en general	166 - 169
4.3.6.2	Zorros voladores	170 - 172
4.3.6.3	Ardilla voladora	173
4.3.6.4	Lémures planeadores	174
4.4	Vuelo del ser humano	175 - 189
4.4.1	El sueño de volar con alas	176 - 179
4.4.2	Los primeros aparatos planeadores y máquinas voladoras	180 - 182
4.4.3	El aeronave de Zeppelin	183
4.4.4	El planeador	184
4.4.5	El Jumbo-Jet Boeing 747 - 81	185 - 187
4.4.6	El helicóptero	188 - 189
A-4	Apéndice	
B-4	Bibliografía	R-4-0 - R-4-18

J



<b>5.</b>	<b>Contaminación del aire - Gases tóxicos - Precipitación radioactiva</b>	<b>pp 190 - 244</b>
5.1	Aspectos generales	191 – 194
5.2	Contaminantes primarios	195 – 208
5.2.1	Dióxido de carbono - CO <sub>2</sub>	196 – 197
5.2.2	Monóxido de carbono - CO	198 – 199
5.2.3	Óxidos de nitrógeno - NO <sub>x</sub>	200 – 201
5.2.4	Metano - CH <sub>4</sub>	202 – 203
5.2.5	Óxidos de azufre - SO <sub>x</sub>	204 – 206
5.2.6	Amoníaco - NH <sub>3</sub>	207 - 208
5.3	Moléculas orgánicas tóxicas	209 – 220
5.3.1	Compuestos orgánicos volátiles	210 - 211
5.3.2	Contaminantes orgánicos persistentes	212 - 215
5.3.3	El desastre de la dioxina en Seveso	216 - 217
5.3.4	El desastre de Bhopal	218 - 220
5.4	Dinámica de contaminantes secundarios	221 - 237
5.4.1	Polvo fino: categorías - tamaños de las partículas	222 – 224
5.4.2	Corrección-Cunningham - viscosidad	225 - 226
5.4.3	La ley de Stokes con Corrección-Cunningham	227
5.4.4	Velocidad de caída de partículas en el aire	228 - 231
5.4.5	Asbesto: morfología - características - enfermedades	232 - 234
5.4.6	Nanopartículas - contaminantes	235
5.4.7	La catástrofe de Chernobyl	236 - 237

K

5.5	Ejemplos de contaminantes secundarios	238 – 244
5.5.1	Ozono O <sub>3</sub>	239 – 244
A-5	Apéndice	
R-5	Bibliografía	R-5-0 – R-5-15
<b>6.</b>	<b>Fotosíntesis y la respiración de las plantas</b>	<b>pp 245 – 270</b>
6.1	Fotosíntesis	246 – 254
6.2	Respiración celular	255 – 261
6.3	Respiración y fotosíntesis de plantas acuáticas	
A-6	Apéndice	
B-6	Bibliografía	R-6-0 – R-6-6

L

<b>7.</b>	<b>Respiración de los seres humanos y animales</b>	<b>pp 271 - 333</b>
7.0	Clases de animales	272 – 276
7.1	Respiración de los mamíferos	277 - 286
7.2	Respiración de los anfibios	287 - 290
7.3	Respiración de los reptiles	291 - 305
7.4	Respiración de las aves	306 - 310
7.5	Respiración de los peces	311 - 319
7.6	Respiración de los invertebrados	320 - 333
7.6.1	Invertebrados: información general y ejemplos	321 - 323
7.6.2	Insectos	324 - 333
7.6.2.1	Tráqueas y estigmas	324 – 327
7.6.2.2	Mariposas	328 - 329
7.6.2.3	Hormigas	330
7.6.2.4	Termitas	331
7.6.2.5	Insectos acuáticos	332 - 333
A-7	Apéndice	
B-7	Bibliografía	R-7-0 - R-7-16

M

<b>8.</b>	<b>Fenómenos atmosféricos seleccionados</b>	<b>pp 334 - 373</b>
8.1	Nubes de tormenta, relámpagos y truenos	335 - 350
8.1.1	Origen y estructura de las nubes de tormenta	336 - 338
8.1.2	Cargas eléctricas en una nube de tormenta	339 - 342
8.1.3	Origen y propiedades del trueno	343 - 344
8.1.4	Peligros del relámpago y protección contra rayos	345 - 347
8.1.5	Propiedades fractales del rayo	348
8.1.6	Rayo globular: observaciones y propiedades	349 - 350
8.2	Campo magnético de la tierra, viento solar, magnetoplasma y aurora polar	351 - 361
8.2.1	Estructura interna de la tierra y el campo magnético	352
8.2.2	Viento solar y campo magnético	353 - 357
8.2.3	Aurora polar: origen	358 - 361
8.3	Capa de Heaviside, onda corta y emisoras de onda corta	362 - 365
8.3.1	La ionosfera con capa de Kennelly-Heaviside	363
8.3.2	Capa de Kennelly-Heaviside y radioemisión de onda corta	364 - 365
8.4	Otros fenómenos atmosféricos	366- 373
8.4.1	El arco iris	367
8.4.2	El halo: origen y aparición	368
8.4.3	El Fuego de Santelmo: en general e historia	369 - 370
8.4.4	La luz púrpura	371
8.4.5	Luminiscencia nocturna - Airglow	372
8.4.6	«Duendes rojos», «Elfos» y «Rayos Azules»	373
A – 8	Apéndice	
B – 8	Bibliografía	R-8-0 – R-8-11

N

<b>9.</b>	<b>Respiración en la psicología, en la filosofía y en las religiones del mundo</b>	<b>pp 374 - 404</b>
9.1	Respiración en la psicología	375 - 378
9.2	Respiración en la filosofía	379 - 380
9.3	El aliento en las religiones del mundo	381 - 385
9.3.1	Población mundial	382
9.3.2	Las religiones del mundo	383 - 385
9.4	El aliento en las cinco religiones del mundo	386 - 404
9.4.1	El Cristianismo	387 - 391
9.4.1.1	El Cristianismo: en general	388
9.4.1.2	El aliento y el Espíritu Santo	389 - 390
9.4.1.3	Citas sobre el alma y el respiro en el Nuevo Testamento	391
9.4.2	El Islam	392 - 394
9.4.2.1	El Islam: en general	393
9.4.2.2	Espíritu y aliento en el Islam	394
9.4.3	El Hinduismo	395 - 397
9.4.3.1	El Hinduismo: en general	396
9.4.3.2	El aliento en el Hinduismo	397
9.4.4	El Budismo	398 - 401
9.4.4.1	El Budismo: en general	399
9.4.4.2	El aliento en el Budismo	400
9.4.4.3	Los ocho significados de los símbolos budistas	401
9.4.5	El Judaísmo	402 - 404
9.4.5.1	El Judaísmo: en general	403
9.4.5.2	El aliento en el Judaísmo	404
A - 9	Apéndice	
B - 9	Bibliografía	R-9-0 - R-9-8

O

<b>10.</b>	<b>Las atmósferas de planetas y exoplanetas</b>	<b>pp 405 - 500</b>
10.1	Los planetas de nuestro sistema solar: resumen	406 - 416
10.2	Nuestro sistema solar: propiedades y atmósferas	417 - 456
10.2.1	El planeta Mercurio	418 - 422
10.2.2	El planeta Venus	423 - 427
10.2.3	El planeta Tierra	428 - 429
10.2.4	El planeta Marte	430 - 434
10.2.5	El planeta Júpiter	435 - 438
10.2.6	El planeta Saturno	439 - 444
10.2.7	El planeta Urano	445 - 451
10.2.8	El planeta Neptuno	452 - 456
10.3	Planetas extrasolares: observaciones históricas y ejemplos	457 - 481
10.3.1	Observaciones de estrellas: búsqueda de planetas extrasolares	458 - 465
10.3.2	Descubrimiento y clasificación de exoplanetas	466 - 470
10.3.3	Nuestra vía Láctea o Galaxia: búsqueda de una segunda tierra	471 - 481
10.4	Atmósferas de planetas extrasolares	482 - 490
10.5	Planetas extrasolares en el universo	491 - 500
A - 10	Apéndice	
B - 10	Bibliografía	pp R-10-0 - R-10-23

P

