



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

Vicerrectorado de  
**INVESTIGACIÓN**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

***ANÁLISIS DE LOS FACTORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO***

*TESIS Para optar al Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental*

**AUTOR**

*Benjamín Fernando Vera Chamochumbi*

**ASESOR:**

Mg. Víctor Manuel Terry Calderón

**JURADO:**

Dr. José Luis Bolívar Jiménez

Dr. Luis Miguel Romero Echevarría

Dr. Vicenta Irene Tafur Anzualdo

**LIMA-PERÚ**

**2020**

## **Agradecimientos**

Al Gran Arquitecto Del Universo, por permitirme la oportunidad de abordar un tema tan importante.

A mi asesor, Mg. Víctor Manuel Terry Calderón, por su paciencia, grandes aportes, propias de las mentes iluminadas, y su invaluable apoyo brindado a mi persona en el desarrollo de este trabajo.

A mi gran cantidad de alumnos, que en interacción con un servidor, han significado un impulso vital para el desarrollo de la tesis.

A la gran cantidad de personas, que relacionándose directa o indirectamente con el autor, han motivado reflexiones para el desarrollo de la investigación.

## Índice

|  |     |
|--|-----|
| Agradecimientos .....                                      | ii  |
| Índice.....  | iii |
| Resumen.....   | xii |
| Abstract.....  | xiv |
| Introducción .....   | 1   |
| I. Planteamiento del Problema .....                        | 4   |
| 1.1. Descripción del Problema .....                        | 4   |
| 1.2. Formulación del Problema.....                         | 4   |
| 1.2.1. Problema General. ....                              | 4   |
| 1.2.2. Problemas Específicos. ....                         | 4   |
| 1.3. Justificación e importancia de la investigación ..... | 5   |
| 1.4. Limitaciones de la investigación .....                | 5   |
| 1.5. Objetivos.....  | 5   |
| 1.5.1. Objetivo general.....                               | 5   |
| 1.5.2. Objetivos específicos.....                          | 5   |
| II. Marco Teórico.....                                     | 6   |
| 2.1. Antecedentes.....                                     | 6   |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales. ....                  | 6   |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales. ....                       | 52  |
| 2.2. Evidencia del Cambio Climático. ....                  | 54  |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.2.1. | Hipótesis del Cambio Climático Global.....          | 54 |
| 2.2.2. | Origen natural de los grandes cambios.....          | 55 |
| 2.2.3. | Causas antropogénicas .....                         | 59 |
| 2.2.4. | Calentamiento global.....                           | 63 |
| 2.2.5. | Consecuencias del calentamiento global .....        | 67 |
| 2.2.6. | Aspectos termodinámicos oceanográficos .....        | 68 |
| 2.3.   | Marco Conceptual.....                               | 73 |
| 2.4.   | Aspectos de responsabilidad social y ambiental..... | 73 |
| III.   | Método.....   | 76 |
| 3.1.   | Tipo de Investigación .....                         | 76 |
| 3.2.   | Población y muestra.....                            | 76 |
| 3.3.   | Hipótesis .....                                     | 77 |
| 3.3.1. | Hipótesis General.....                              | 77 |
| 3.3.2. | Hipótesis Específicas.....                          | 77 |
| 3.4.   | Operacionalización de variables.....                | 77 |
| 3.5.   | Instrumentos .....                                  | 78 |
| 3.6.   | Procedimientos.....                                 | 78 |
| 3.7.   | Análisis de datos .....                             | 78 |
| 3.7.1. | Factores naturales .....                            | 78 |
| 3.7.2. | Factores antrópicos.....                            | 81 |
| IV.    | Resultados.....                                     | 84 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 4.1. Contratación de Hipótesis ..... | 84  |
| 4.1.1. Hipótesis General.....        | 84  |
| 4.1.2. Hipótesis Específicas.....    | 84  |
| 4.2. Análisis e interpretación.....  | 91  |
| 4.2.1. Factores naturales .....      | 91  |
| 4.2.2. Factores antrópicos .....     | 96  |
| V. Discusión de resultados .....     | 136 |
| VI. Conclusiones.....                | 137 |
| VII. Recomendaciones .....           | 139 |
| VIII. Referencias .....              | 140 |

### **Índice de Figuras**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.El Planeta Tierra.....   | 6  |
| Figura 2. Capas de la atmósfera.....  | 8  |
| Figura 3.Modelo Estático y Dinámico de la Estructura interior de la Tierra.....                         | 15 |
| Figura 4. Estructuras de los fondos oceánicos.....  | 16 |
| Figura 5.Distribución de los niveles en la superficie del planeta. ....                                 | 17 |
| Figura 6. Representación esquemática de la tierra.....  | 20 |
| Figura 7.Gran Supercontinente Pangea hace 200 millones de años. ....                                    | 25 |
| Figura 8. División de Pangea en los supercontinentes Laurasia y Gondwana hace 150 millones de años..... | 26 |
| Figura 9.Diagrama de ubicación de las dorsales medio o meso oceánicas.....                              | 27 |

|   |           |
|---|-----------|
| Figura 10. Convergencia corteza continental – corteza oceánica. ....  | 28        |
| Figura 11. Convergencia corteza oceánica – corteza oceánica. ....   | 28        |
| Figura 12. Placas Tectónicas. ....  | 29        |
| Figura 13. La estructura y la naturaleza Físicoquímica de la tierra. ....                                       | 30        |
| Figura 14. Conducción y convección del calor interno. ....  | 31        |
| Figura 15. Vulcanismo de punto caliente. Caso Hawaii. ....  | 31        |
| Figura 16. Volcán Estrato. ....   | 35        |
| Figura 17. Volcán Submarino. ....   | 36        |
| Figura 18. Cono Piroclástico. ....  | 37        |
| Figura 19. Emanaciones Gaseosas (Gases sulfurados, CO <sub>2</sub> y vapor de agua). ....                       | 38        |
| Figura 20. Volcanes Compuestos. ....  | 39        |
| Figura 21. Domo de Lava. ....   | 40        |
| Figura 22. Maar. ....   | 40        |
| Figura 23. Volcanes de fisura. ....   | 41        |
| Figura 24. Anillos y Conos de Toba. ....  | 42        |
| Figura 25. Cráter de explosión. ....  | 43        |
| Figura 26. Volcán piroclástico en escudo. ....  | 43        |
| Figura 27. Cono de lava. ....   | 44        |
| Figura 28. Volcán subglacial. ....  | 45        |
| Figura 29. Cronología aproximada de las rutas migratorias del Homo sapiens sapiens. ....                        | 47        |
| Figura 30. Concentración de Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ). ....   | 60        |
| Figura 31. Espectro electromagnético. ....  | 64        |
| Figura 32. Relación entre la energía incidente y la energía reemitida. ....                                     | 66        |
| <i>Figura 33. Petróleo destinado para la producción de materias primas petroquímicas básicas. ....</i>          | <i>99</i> |
| Figura 34. Volumen de CO <sub>2</sub> presente en la Tropósfera a condiciones normales (km <sup>3</sup> ). .... | 119       |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 35. Masa de CO <sub>2</sub> presente en la Tropósfera a condiciones normales (t).....                             | 119 |
| Figura 36. Volumen Total de CO <sub>2</sub> Anual Mundial en el año pico (km <sup>3</sup> ). .....                       | 122 |
| Figura 37. Volumen de CO <sub>2</sub> según su Origen en el año pico (km <sup>3</sup> ). .....                           | 123 |
| Figura 38. Volumen de CO <sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km <sup>3</sup> ). .....          | 124 |
| Figura 39. Balance de volumen de CO <sub>2</sub> en el año pico (km <sup>3</sup> ). .....                                | 126 |
| Figura 40. Balance de CO <sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km <sup>3</sup> ). .....          | 126 |
| Figura 41. Masa Total CO <sub>2</sub> Anual Mundial en el año pico (t).....  | 127 |
| Figura 42. Masa de CO <sub>2</sub> según su Origen en el año pico (t).....   | 127 |
| Figura 43. Masa de CO <sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t). .....                            | 128 |
| Figura 44. Balance de masa de CO <sub>2</sub> en el año pico (t). .....  | 130 |
| Figura 45. Balance de CO <sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t). .....                         | 130 |
| Figura 46. Volumen (km <sup>3</sup> ) de gases en la Tropósfera por origen acumulados en un periodo de<br>100 años. .... | 132 |
| Figura 47. Masa (t) de gases en la Tropósfera por origen acumulados en un periodo de 100<br>años. ....                   | 134 |

### Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Medidas de la tierra y los océanos. ....                         | 6  |
| Tabla 2. Composición de la Atmósfera.....                                 | 10 |
| Tabla 3. Gases encontrados en cantidades fijas en el aire. ....           | 11 |
| Tabla 4. Gases que se encuentran en cantidades variables en el aire. .... | 12 |
| Tabla 5. Eras geológicas. ....  | 22 |
| Tabla 6. Escala de tiempo Geológica.....                                  | 23 |
| Tabla 7. Sub-división cronoestratigráfica del Cuaternario. ....           | 24 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 8. Estructura y propiedades del interior de la Tierra.....               | 30  |
| Tabla 9. Tipos de Volcanes a nivel mundial.....                                | 33  |
| Tabla 10. Cronología de homínidos.....   | 46  |
| Tabla 11. Eventos Ambientales de carácter ambiental mundial.....               | 49  |
| Tabla 12. Volcanes distribuidos en el mundo.....                               | 56  |
| Tabla 13. Longitud de onda.....  | 64  |
| Tabla 14. Composición del aire – Volumen.....                                  | 82  |
| Tabla 15. Consumo Anual Mundial de Combustible 2017.....                       | 97  |
| Tabla 16. Composición del petróleo y datos para el cálculo.....                | 97  |
| Tabla 17. Composición porcentual del carbono.....                              | 98  |
| Tabla 18. Número de mol-t de los componentes del Petróleo.....                 | 100 |
| Tabla 19. Número de mol-t de los componentes del carbono.....                  | 100 |
| Tabla 20. Gases de combustión del Petróleo.....                                | 102 |
| Tabla 21. Composición del carbón y datos para el cálculo.....                  | 103 |
| Tabla 22. Composición porcentual del carbono.....                              | 103 |
| Tabla 23. Número de mol-t de los componentes del Carbón.....                   | 104 |
| Tabla 24. Número de moles de los componentes del Carbono.....                  | 104 |
| Tabla 25. Gases de combustión del Carbón.....                                  | 106 |
| Tabla 26. Composición del gas natural y datos para el cálculo.....             | 107 |
| Tabla 27. Peso de los componentes del Gas Natural.....                         | 108 |
| Tabla 28. Gases de combustión del Metano.....                                  | 109 |
| Tabla 29. Gases de combustión del Propano.....                                 | 110 |
| Tabla 30. Gases de combustión del Butano.....                                  | 112 |
| Tabla 31. Composición del Gas Licuado de Petróleo y datos para el cálculo..... | 113 |
| Tabla 32. Peso de los componentes del Gas Licuado de Petróleo.....             | 113 |



|  |     |
|--|-----|
| Tabla 33. Gases de combustión del Propano. ....  | 114 |
| Tabla 34. Gases de combustión del Butano. ....   | 116 |
| Tabla 35. Resumen de emisiones de CO <sub>2</sub> anual. ....  | 117 |
| Tabla 36. Volúmenes aproximados de las capas de la atmósfera. ....   | 117 |
| Tabla 37. Volumen de CO <sub>2</sub> en la troposfera. ....  | 117 |
| Tabla 38. Sumatoria Vol. Total CO <sub>2</sub> Anual Mundial (m <sup>3</sup> ). ....                                     | 120 |
| Tabla 39. Sumatoria Vol. Total CO <sub>2</sub> Anual Mundial (m <sup>3</sup> ). ....                                     | 120 |
| Tabla 40. Sumatoria Masa Total CO <sub>2</sub> Anual Mundial. ....   | 121 |
| Tabla 41. Volumen de CO <sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km <sup>3</sup> ). ....            | 123 |
| Tabla 42. Balance de volumen de CO <sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km <sup>3</sup> ). .... | 125 |
| Tabla 43. Masa de CO <sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t). ....                              | 128 |
| Tabla 44. Balance de masa de CO <sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t) ....                    | 129 |
| Tabla 45. Acumulación de Gases en la Troposfera en un periodo de cien años por volumen (km <sup>3</sup> ). ....          | 132 |
| Tabla 46. Acumulación de Gases en la Troposfera en un periodo de cien años por masa (t). ...                             | 133 |
| Tabla 47. Masa en toneladas de vapor de agua producida por combustión de combustibles fósiles ....                       | 134 |
| Tabla 48. Volumen en km <sup>3</sup> de vapor de agua producida por combustión de combustibles fósiles ....              | 135 |

### Índice de Ecuaciones

|                   |    |
|-------------------|----|
| (Ecuación 1)..... | 66 |
| (Ecuación 2)..... | 66 |
| (Ecuación 3)..... | 81 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| (Ecuación 4).....  | 81 |
| (Ecuación 5).....  | 81 |
| (Ecuación 6).....  | 81 |
| (Ecuación 7).....  | 81 |
| (Ecuación 8).....  | 82 |
| (Ecuación 9).....  | 82 |
| (Ecuación 10)..... | 92 |
| (Ecuación 11)..... | 92 |
| (Ecuación 12)..... | 92 |
| (Ecuación 13)..... | 93 |
| (Ecuación 14)..... | 93 |
| (Ecuación 15)..... | 93 |
| (Ecuación 16)..... | 93 |
| (Ecuación 17)..... | 93 |
| (Ecuación 18)..... | 93 |
| (Ecuación 19)..... | 93 |
| (Ecuación 20)..... | 94 |
| (Ecuación 21)..... | 94 |
| (Ecuación 22)..... | 94 |
| (Ecuación 23)..... | 95 |
| (Ecuación 24)..... | 95 |
| (Ecuación 25)..... | 95 |
| (Ecuación 26)..... | 95 |
| (Ecuación 27)..... | 95 |
| (Ecuación 28)..... | 95 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| (Ecuación 29)..... | 95  |
| (Ecuación 30)..... | 96  |
| (Ecuación 31)..... | 96  |
| (Ecuación 32)..... | 96  |
| (Ecuación 33)..... | 96  |
| (Ecuación 34)..... | 99  |
| (Ecuación 35)..... | 100 |
| (Ecuación 36)..... | 101 |

## Resumen

El tipo de investigación se basa en el método descriptivo, deductivo y aplicativo, usando información de carácter secundario, es decir revisión bibliográfica, para el análisis de los factores que inciden en el denominado Cambio Climático – Calentamiento Global, diferenciándolos por su origen, natural y antropogénico, llevando a cálculo solo de las variables, en función de la accesibilidad a la información que permita su cuantificación.

Los cálculos realizados, mediante el uso de ecuaciones termodinámicas en lo que a radiación solar se refieren, arrojan resultados, que van desde la constante de Radiación solar en rango de 1365 vatios/m<sup>2</sup> en condiciones normales a 1373 vatios/m<sup>2</sup> para el caso de tormentas solares. En cuanto a los cálculos térmicos, tenemos como resultante, 6,2° C o 279,4 K, sin embargo el promedio de temperatura real en la superficie terrestre es de 15°C o 288 K.

En lo que a emanaciones gaseosas de origen antrópico (Combustión de Carbón de piedra, petróleo, Gas licuado de petróleo y Gas natural) se han realizado cálculos mediante el uso de ecuaciones estequiométricas, tomando como base los reportes de consumos de año pico, de los combustibles fósiles mencionados.

Los cálculos realizados arrojan una concentración de 343,1309 como valor concentración de CO<sub>2</sub> en la tropósfera, dejando para interpretación la diferencia entre lo planteado por algunos expertos, que sin conocer la metodología usada, determinan una concentración de 410,31 ppm y algunos superan esa cantidad hasta 421 ppm. Es decir la diferencia podría ser emitida por fuentes naturales, máxime si se parte de la premisa que el contenido técnico de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es de 350 ppm.

Por otro lado, la investigación indica, que existe un interés desde la perspectiva económica (fuentes de trabajo) y de interés político, pues desde la desaparición del comunismo como doctrina política viable, se ha desarrollado un inusitado interés, por el

denominado Cambio Climático – Calentamiento Global, posición asumida principalmente por los partidos tipificados como de izquierda en el mundo.

#### Palabras clave

Cambio climático, Calentamiento Global, Factores del cambio Climático, Gases de efecto Invernadero, Combustibles Fósiles

## Abstract

The type of research is based on the descriptive, deductive and application method, using information of a secondary nature, that is, bibliographic review, for the analysis of the factors that influence the so-called Climate Change - Global Warming, differentiating them by their origin, natural and anthropogenic, leading to the calculation of only variables, depending on the accessibility to the information that allows its quantification.

The calculations made, through the use of thermodynamic equations as far as solar radiation is concerned, yield results, ranging from the Solar Radiation constant in the range of 1365 watts / m<sup>2</sup> under normal conditions to 1373 watts / m<sup>2</sup> in the case of storms solar. As for the thermal calculations, we have as a result, 6.2 ° C or 279.4 K, however the average real temperature on the earth's surface is 15 ° C or 288 K.

Regarding gaseous emanations of anthropic origin (Combustion of coal, petroleum, Liquefied petroleum gas and Natural gas) calculations have been made through the use of stoichiometric equations, based on the reports of peak year consumption, of the fossil fuels mentioned.

The calculations made show a concentration of 343,1309 as a concentration value of CO<sub>2</sub> in the troposphere, leaving for interpretation the difference between that proposed by some experts, who without knowing the methodology used, determine a concentration of 410.31 ppm and some exceed that amount up to 421 ppm. In other words, the difference could be emitted by natural sources, especially if it is assumed that the technical content of CO<sub>2</sub> in the atmosphere is 350 ppm.

On the other hand, the research indicates that there is an interest from the economic perspective (sources of work) and political interest, since the disappearance of communism as a viable political doctrine, an unusual interest has developed, for the so-called Climate

Change - Global Warming, position assumed mainly by the parties typified as leftist in the world.

#### Keywords

Climate change, Global warming, Climate change factors, Greenhouse gases, Fossil

Fuels

## **Introducción**

El Cambio Climático – Calentamiento Global, circunstancia que realmente existe y representa una de las más controversiales discusiones entre supuestos "expertos" e investigaciones científicas, que sobre el particular se realizan, fue la principal motivación para el desarrollo de la presente investigación, pues la tesis en cuestión tiene como objetivo principal determinar las incidencias debidas a factores naturales y antropogénicos en el Cambio Climático y así sincerar la real responsabilidad de los elementos que interactúan para el fenómeno que nos ocupa.

Lo expresado, no significa que se justifiquen o propicien prácticas humanas ambientalmente irresponsables, sino que pretende recomendar la identificación de aquellos aspectos que son susceptibles de ser ajustados para que se mitigue, en la medida de lo posible, efectos deletéreos de carácter antrópico, y así también incentivar la investigación sobre los aspectos naturales que necesariamente tienen participación en la temática abordada, habida cuenta que se les viene subestimando como causantes concurrentes del Cambio Climático – Calentamiento Global, pues al entender del autor, tienen una real y mayor importancia; y que además, de no tomarse en cuenta con la debida ponderación de su papel y el potencial poder destructor que poseen y al que nos exponemos (humanidad), se hará imposible mitigar de alguna manera sus efectos, pues se tiene claro que a la naturaleza no se le domina sino que se le entiende para no sucumbir a sus efectos.

En base a lo mencionado, el autor presenta antecedentes internacionales, que abarcan temas como las dimensiones del planeta tierra, la estructura interna de esta y la hidrósfera, la estructura de la atmósfera y el contenido de CO<sub>2</sub> en ella, las eras geológicas, los estudios sobre la evolución de la estructura del planeta y el papel de los océanos, los factores naturales del Cambio Climático y los factores antropológicos, resaltando los hechos relacionados con la caída del Muro de Berlín, el derrumbe del comunismo y liberación de los países detrás de



la Cortina de Hierro y los eventos ambientales después de estos; respecto a los antecedentes nacionales, se deja a entrever el "supuesto" accionar por parte de los ministerios relacionados con la producción, aspectos sociales y ambientales, en el marco de una discusión sobre la responsabilidad del aumento de los gases de efecto invernadero atribuido al hombre, mencionado líneas atrás. Por otro lado, se expone también, las evidencias del Cambio Climático, en el cual se aclara las hipótesis respecto al Cambio Climático Global, la relación con el Calentamiento Global y el Efecto Invernadero, se detalla el origen natural de los grandes cambios que se han producido las últimas décadas, las causas antropogénicas, los aspectos termodinámicos oceanográficos y las consecuencias relacionadas.

Es así que la revisión exhaustiva de múltiples y diversas fuentes de consulta, permite que el enfoque adoptado por el autor no sea de carácter subjetivo, sino más bien parcial, planteando guarismos a aquellos factores que son susceptibles de ser cuantificados, sin dejar de tener en cuenta a aquellos que son relativos debido a la falta de información detallada, lo que impide que sean tratados de la misma forma. Por ello se han realizado los cálculos pertinentes en lo que a radiación solar y emisiones gaseosas de carácter antrópico se refiere, específicamente usando ecuaciones de carácter termodinámico y ecuaciones estequiométricas respectivamente.

Finalmente son presentados los resultados obtenidos en estos cálculos estequiométricos, arrojando una concentración de 343,1309 ppm de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera, lo que difiere de los 410,31 ppm de  $\text{CO}_2$  registrados por el Instituto Scripps de Oceanografía durante el mes de abril de 2018. Así, se revela que las cantidades de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) por acción antrópica, son un aporte del GEI en mención, mas no implican que lo emitido sea un elemento decisivo sobre el comportamiento del denominado Cambio Climático – Calentamiento Global. Además de ello, aunque las emisiones antrópicas de metano, cuantificadas solo por la actividad pecuaria, arrojan valores aparentemente

significativos, al ser relacionados con sus equivalentes en unidades de CO<sub>2</sub>, expresan valores que niegan ese aspecto; del mismo modo, las emisiones del vapor de agua, otro gas de efecto invernadero, calculadas en el análisis estequiométrico, cuantitativamente, no representan valores significativos.

## **I. Planteamiento del Problema**

### **1.1. Descripción del Problema**

Entendiéndose el cambio climático como la modificación de los patrones y parámetros ambientales, tomando como indicador la elevación de la temperatura media del planeta en alrededor de  $0,76^{\circ}\text{C}$  en un periodo de 100 años, que dicen que afronta en la actualidad nuestro planeta, se encuentran los que afirman bajo la premisa “lo único que no cambia es que todo cambia” relacionando estos aspectos a los cambios sucesivos a lo largo de los 4 650 millones de años de existencia del planeta, sin la necesidad de intervención humana y exclusivamente al accionar de fuerzas naturales, como la actividad solar, radiación sideral por otras fuentes, incremento de la actividad volcánica, aumento del intercambio de calor desde el interior de la tierra.

En las antípodas se ubican los que responsabilizan a nuestra civilización, es decir por acción antropogénica, en función del uso de combustibles fósiles (no renovables) en fuentes fijas y móviles, así como el uso de diversas sustancias que debilitan los sistemas de protección contra la acción de los rayos UV y otras longitudes de onda que pertenecen al espectro luminoso y causan daño al hombre u otras especies de seres vivos.

### **1.2. Formulación del Problema**

#### **1.2.1. Problema General.**

¿De qué manera los factores naturales y antropogénicos inciden en el Cambio Climático?

#### **1.2.2. Problemas Específicos.**

1. ¿De qué manera los factores naturales inciden en el Cambio Climático-calentamiento Global?
2. ¿De qué manera los factores antrópicos inciden en el cambio Climático?

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

Se hace necesario dilucidar la real participación antropogénica en el denominado “Cambio Climático” “Calentamiento Global” versus los procesos geológicos naturales y cíclicos que experimenta nuestro planeta, desde su conformación hasta nuestros días haciendo patente la premisa que “lo único que no cambia es que todo cambia” o la “inmutabilidad de la mutabilidad”.

Sin proponer actitudes o promover prácticas ambientales irresponsables, realizar aportes en el sentido que se hace necesario profundizar los estudios en las ciencias de la tierra, para poder visualizar y sobre todo prever las mejores estrategias de preparación que debe adoptar la humanidad para adaptarse de la mejor manera posible a los inevitables y en la mayoría de los casos traumáticos cambios que deberemos enfrentar.

### **1.4. Limitaciones de la investigación**

Falta de información en general y publicación de información interesada y tendenciosa en función de obtención de beneficios económicos. En términos específicos, la información referente a las características y en especial de las emanaciones de gases invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, etc.) de carácter natural.

### **1.5. Objetivos**

#### **1.5.1. Objetivo general.**

Determinar las incidencias debidas a factores naturales y antropogénicos en el Cambio Climático.

#### **1.5.2. Objetivos específicos.**

1. Determinar las incidencias de los factores naturales en el Cambio Climático.
2. Determinar las incidencias de los factores antropogénicos en el Cambio Climático.

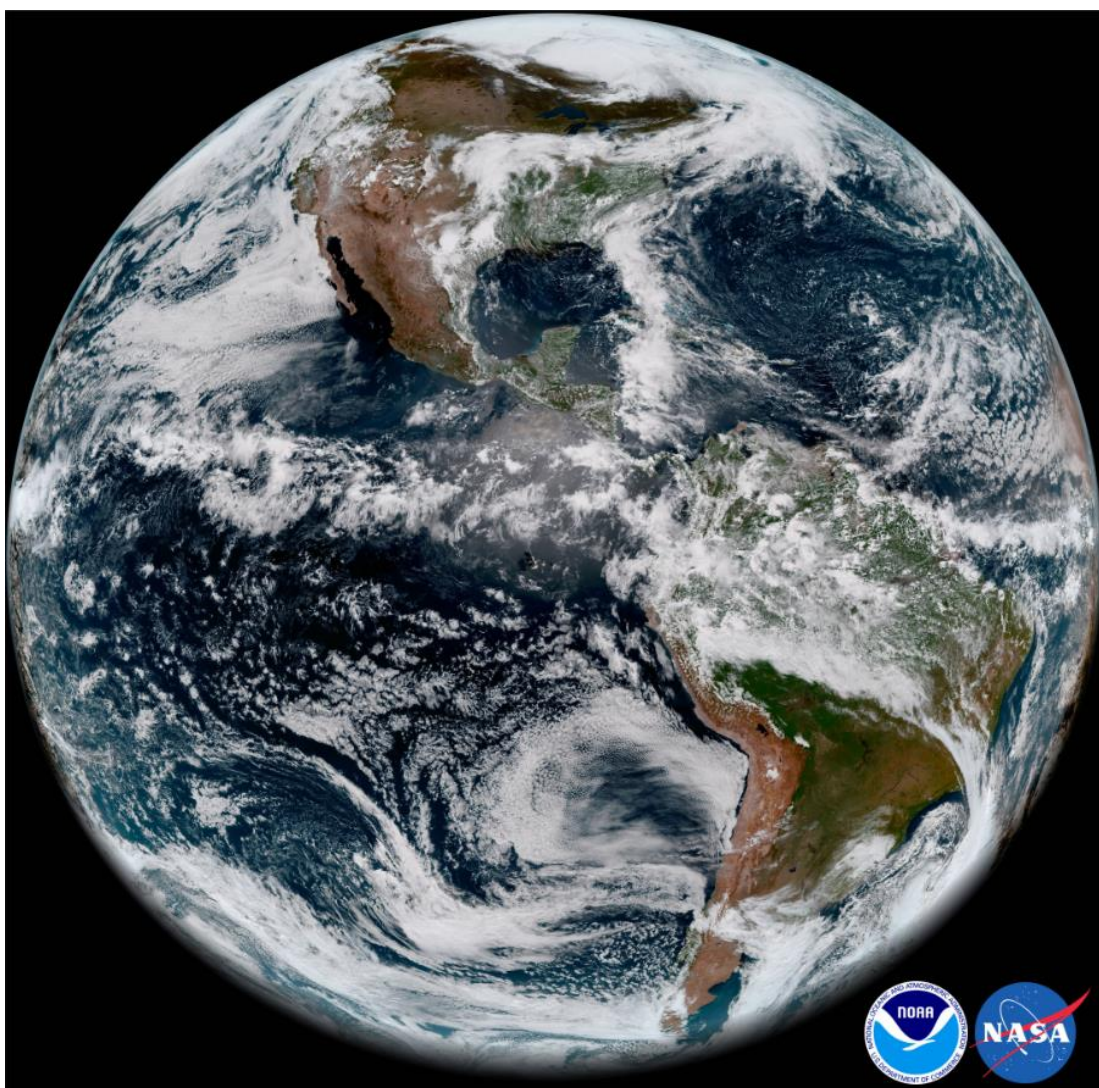
## II. Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes

Para el desarrollo del presente trabajo, es necesario conocer lo más detalladamente posible la estructura y dimensiones de los componentes del planeta, según el siguiente detalle:

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales.

##### A. Medidas del Planeta Tierra.



*Figura 1.* El Planeta Tierra.

Fuente: (NOAA, 2018)

Según Bhatt 1978 las medidas de la Tierra y los Océanos se plantean en la tabla N°1

*Tabla 1.* Medidas de la tierra y los océanos.

| <b>Tierra</b>       |               |                  |                |
|---------------------|---------------|------------------|----------------|
| Masa                | 5,976         | $\times 10^{21}$ | t              |
| Volumen             | 1,083         | $\times 10^{12}$ | $\text{km}^3$  |
| Área                | 510,1         | $\times 10^6$    | $\text{km}^2$  |
| Radio Ecuatorial    | 6378,163      |                  | km             |
| Radio Polar         | 6356,177      |                  | km             |
| Radio Medio         | 6371          |                  | km             |
| Gravedad            | 9,7803        |                  | $\text{m/s}^2$ |
| Periodo de rotación | 0,99726968    |                  | d              |
|                     | 23h 56m 4,100 |                  | s              |
| Inclinación axial   | 23°26'21"     |                  |                |
|                     | 0,41194       |                  |                |
| Albedo              | 0,367         | (Geométrico)     |                |
|                     | 0,306         | (de Bond)        |                |
| <b>Océanos</b>      |               |                  |                |
| Volumen             | 1,350         | $\times 10^9$    | $\text{km}^3$  |
| Área                | 362,033       | $\times 10^6$    | $\text{km}^2$  |
| Profundidad media   | 3729          |                  | km             |

Fuente: (Bhatt, 1978)

## **B. Estructura de la atmósfera.**

La capa gaseosa que rodea la Tierra, que se denomina atmósfera alcanza los 1280 km aproximadamente, desde la superficie, esto debido a que no existen límites definidos entre esta y el espacio exterior.

Verticalmente, la temperatura de la atmósfera varía con la altura, tomando como base inversa a la superficie de la Tierra, por lo que se hace necesario dividir la atmósfera en capas(misistemasolar.com, 2018)

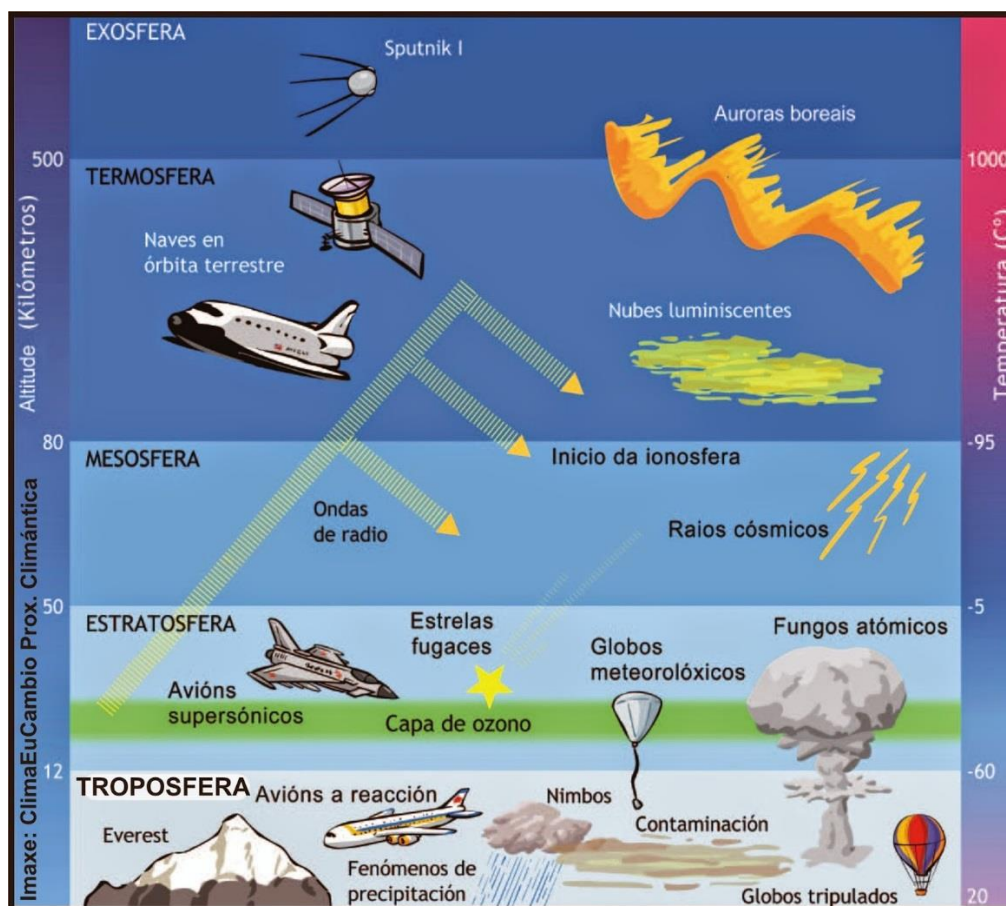


Figura 2. Capas de la atmósfera.

Fuente: (Cambia tu mundo, 2016)

### a) Magnetósfera

Es la capa más grande y externa de la atmósfera de la Tierra. Se origina por el campo magnético del planeta y se extiende hasta alcanzar los 65 000 km. Y su papel es el de proteger la atmósfera de la radiación de partículas solares, otras de naturaleza cósmica y de la radiación iónica, además de la “erosión” que causa el viento solar. (ESPERE - Environmental Science Published for Everybody Round th earth, 2004)

### b) Exósfera

Es la zona que va más allá de la ionósfera y alcanza hasta los 12 000 km aproximadamente, lo que significa el límite exterior de la atmósfera propiamente dicha. Aquí existen muy pocas moléculas de aire, que son susceptibles de escapar de la gravedad de la Tierra, sobre todo átomos livianos como hidrógeno o helio, cuando no se realizan colisiones

con otras partículas y su rapidez supera la velocidad de escape.(ESPERE - Environmental Science Published for Everybody Round th earth, 2004)

### *c) Termósfera o Ionósfera*

Esta capa se inicia desde una altura aproximada de 80 km hasta los 650 km a estas alturas, el aire es muy escaso. Aquí la radiación ultravioleta ioniza las partículas de la atmósfera en forma permanente, debido a las casi inexistentes colisiones que se producen entre los iones.

Es en esta zona donde los meteoritos se convierten en las “estrellas fugases” es decir la temperatura aumenta en tal proporción que desintegra la mayor parte del material cósmico que ingresa a la atmósfera, debido a la gran temperatura que alcanza, que se estima en 1 000°C. Por último, tiene gran importancia para la propagación de las señales de radio.(ESPERE - Environmental Science Published for Everybody Round th earth, 2004)

### *d) Mesósfera*

Se ubica entre los 50 y 80 km de altura y solo contiene el 0,1% de la masa total del aire. Su importancia radica en la ionización y las reacciones químicas asociadas que ocurren en ella.

Las bajas temperaturas y densidad, originan turbulencias y ondas atmosféricas que actúan a escalas tempore – espaciales muy grandes.(ESPERE - Environmental Science Published for Everybody Round th earth, 2004)

### *e) Estratósfera*

Se inicia a partir de la tropopausa y alcanza el límite superior conocido como estratopausa que se ubica a unos 50 km de altura. En esta zona, entre los 30 y 50 km de altitud, se ubica el ozono, cuya importancia radica en absorber las perjudiciales radiaciones de onda corta.

Su temperatura se ve incrementada hasta alcanzar los 0°C en la estratopausa.



Aquí no se registran movimientos convectivos, pero los de sentido advectivo, generan vientos horizontales que alcanzan con frecuencia los 200 km/h, hecho que permite la difusión de cualquier sustancia que alcanza la estratósfera, por todo el globo con gran rapidez, esto último explica los efectos de los CFC que destruyen el ozono.

La mayoría de los compuestos emitidos en la superficie de la Tierra no alcanzan la estratósfera. Proviene de la descomposición por los principales oxidantes de la troposfera (OH, NO<sub>3</sub> y ozono) por fotólisis, eliminados por deposiciones secas o húmedas o atrapadas por la tropopausa. Debido a la inversión en la tendencia de la temperatura el intercambio de aire entre la tropósfera y la estratósfera es lento. El intercambio vertical de la troposfera puede durar desde horas hasta días; y la mezcla de la estratosfera meses o incluso años. (ESPERE - Environmental Science Published for Everybody Round the earth, 2004)

#### *f) Tropósfera*

Según Fibras y Normas de Colombia 2018 cubre la superficie de la Tierra hasta la denominada tropopausa es decir hasta 9 km aproximadamente en las zonas polares y los 18 km en el ecuador.

Aquí se producen los fenómenos meteorológicos y climáticos, en función de los movimientos convectivos y advectivos de las masas de aire y abundancia relativa de agua en forma de vapor, que alternadamente precipita por los cambios de temperatura.

Verticalmente, la temperatura tiene relación inversamente proporcional con la altura hasta alcanzar los  $-70^{\circ}\text{C}$  en su límite superior.

*Tabla 2.* Composición de la Atmósfera.

| <b>Composición de gases</b> | <b>Fórmula Química</b> | <b>Volumen (%)</b> |
|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| Nitrógeno                   | N <sub>2</sub>         | 78,08              |
| Oxígeno                     | O <sub>2</sub>         | 20,95              |
| Argón                       | Ar                     | 0,93               |
| Dióxido de                  | CO <sub>2</sub>        | 350 ppm            |

|                     |                  |  |                 |
|---------------------|------------------|--|-----------------|
| Carbono             |                  |  |                 |
| Neón                | Ne               |  | 18,2 ppm        |
| Helio               | He               |  | 5,24 ppm        |
| Metano              | CH <sub>4</sub>  |  | 2 ppm           |
| Criptón             | Kr               |  | 1,1 ppm         |
| Hidrógeno           | H <sub>2</sub>   |  | 0,5 ppm         |
| Óxido Nitroso       | N <sub>2</sub> O |  | 0,3 ppm         |
| Xenón               | Xe               |  | 0,08 ppm        |
| Monóxido de Carbono | CO               |  | 0,05 – 0,2 ppm  |
| Ozono               | O <sub>3</sub>   |  | 0,02 – 0,03 ppm |

Fuente: (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

Según Ambientum s.f. los gases encontrados en cantidades fijas en el aire, se presentan en la Tabla N° 3, asimismo los gases que se encuentran en cantidades variables, se consignan en la tabla N° 4

*Tabla 3. Gases encontrados en cantidades fijas en el aire.*

| Nombre        | Por Volumen (%) | Por masa |
|---------------|-----------------|----------|
|               |                 | (%)      |
| Nitrógeno     | 78,084          | 75,52    |
| Oxígeno       | 20,946          | 23,14    |
| Argón         | 0,934           | 1,3      |
| Neón          | 1,82E-03        | 1,27E-03 |
| Helio         | 5,20E-04        | 7,00E-05 |
| Criptón       | 1,10E-04        | 3,20E-04 |
| Hidrógeno     | 5,00E-05        | 3,00E-06 |
| Óxido nitroso | 3,00E-05        | 4,60E-05 |
| Xenón         | 9,00E-05        | 4,10E-05 |

Fuente:(© Ambientum.com, s.f.)

Tabla 4. Gases que se encuentran en cantidades variables en el aire.

| <b>Nombre</b>           | <b>Por Volumen<br/>(%)</b> | <b>Por masa<br/>(%)</b> |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Vapor de agua           | 0 -7                       | 0 – 4,35                |
| Dióxido de Carbono      | 0,035                      | 0,053                   |
| Metano                  | 1,50E-04                   | 8,30E-05                |
| Monóxido de<br>carbono  | 1,00E-05                   | 1,00E-05                |
| Ozono                   | 2,00E-06                   | 3,30E-05                |
| Amoníaco                | 1,00E-06                   | 6,00E-07                |
| Dióxido de<br>nitrógeno | 1,00E-06                   | 1,60E-07                |

Fuente: (© Ambientum.com, s.f.)

### **C. Contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera**

La cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre es de aproximadamente  $2,3 \times 10^{12}$  toneladas (2,300 trillones), que es solo el 2 por ciento de la masa atmosférica total. Los océanos intercambian con la atmósfera cerca de 200 mil millones de toneladas de dióxido de carbono al año. Los océanos contienen aproximadamente  $1,3 \times 10^{14}$  toneladas de dióxido de carbono, aproximadamente 50 veces más que el aire. Parte de este gas se disuelve en el agua de mar, pero está bloqueado en forma de carbonato de calcio, como en la caliza y limo sedimentario.(Bhatt, 1978)

Tanto la atmósfera como los océanos intercambian continuamente dióxido de carbono en rocas y organismos vivos. El dióxido de carbono en el agua de mar puede incrementarse por la liberación gaseosa de los volcanes o por la respiración y descomposición de los organismos; Puede ser disminuido por la fotosíntesis de las plantas.(Bhatt, 1978)

Las plantas consumen 60 mil millones de toneladas de dióxido de carbono cada año para la fotosíntesis. La formación de nuevos depósitos de combustibles fósiles con

aproximadamente 100 millones de toneladas de dióxido de carbono, pero esto es menos del 0,2 por ciento de la generación anual de fotosíntesis de carbono.(Bhatt, 1978)

Hace unos 350 millones de años, durante los períodos de Misisipi y Pensilvania, cuando se formaron grandes depósitos de carbón y petróleo, aproximadamente  $10^{12}$  (1000 trillones<sup>1</sup> de toneladas) de dióxido de carbono se extrajeron de la atmósfera: el sistema oceánico.(Bhatt, 1978)

*a) Las plantas absorben 123000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.*

El investigador del Instituto Max Planck de Biogeoquímica en Jena, Alemania, Christian Beer, junto con colegas de otros 10 países de alrededor del mundo, han revisado la Producción Primaria Bruta, o GPP (por sus siglas en inglés), un dato que representa la cantidad total de dióxido de carbono que las plantas terrestres aspiran a través de la fotosíntesis cada año.(ecoticias.com, 2010)

Por otro lado, el investigador del mismo Instituto, Miguel Mahecha, y otro equipo internacional de investigadores ha sabido resolver un debate histórico sobre los efectos de las variaciones a corto plazo de la temperatura del aire sobre la respiración del ecosistema, o la exhalación del dióxido de carbono de regreso a la atmósfera.(ecoticias.com, 2010)

Concretamente, muestran que la sensibilidad de la respiración del ecosistema a variaciones en la temperatura en el corto plazo es similar alrededor del mundo. De igual forma, los investigadores sugieren que otros factores además de la temperatura, tales como las lentas y continuas transformaciones del carbono en el suelo, así como la disponibilidad del agua, parecen jugar papeles cruciales en los balances del carbono en el ecosistema en el largo plazo.(ecoticias.com, 2010)

Juntos, estos hallazgos arrojan mayor luz sobre el ciclo global de carbono dentro y fuera de la atmósfera y cómo esos procesos están emparejados con el clima de la Tierra. Para

---

<sup>1</sup>10<sup>12</sup>: Lo que para nosotros es un billón, para los ingleses es un trillón.

ello, analizaron las cantidades de datos de clima y carbono alrededor del mundo, y dicen que sus resultados deberán ayudar a mejorar la validez de los modelos predictivos, así como a resolver cómo el cambio climático podría afectar el ciclo de carbono.(ecoticias.com, 2010)

Dos estudios internacionales recientes revelan por primera vez que la cantidad de carbono que las plantas absorben al año es de 123 000 millones de toneladas, un dato que a juicio de los expertos cambiará la manera en que los científicos ven la relación "crucial" entre el clima de la Tierra y el ciclo del carbono.(ecoticias.com, 2010)

*b) Mayor absorción en los bosques tropicales.*

Los investigadores han destacado que la absorción del dióxido de carbono es más pronunciada en los bosques tropicales del planeta, responsables de un 34 por ciento de la inhalación total del dióxido de carbono de la atmósfera. Posteriormente, se encuentran las sabanas con un 26 por ciento de la inhalación global, aunque los investigadores anotan que también ocupan el doble del área superficial que lo que los bosques tropicales.(ecoticias.com, 2010)

En esta línea, han descubierto que la precipitación también juega un papel significativo en determinar la absorción del dióxido de carbono global bruto. Así, sugieren que la lluvia tiene una influencia significativa en la cantidad de carbono que las plantas utilizan para la fotosíntesis en más del 40 por ciento de la Tierra con vegetación, un descubrimiento que pone énfasis en la importancia de la disponibilidad de agua para la seguridad del alimento.(ecoticias.com, 2010)

Según el estudio, los modelos climáticos con frecuencia muestran gran variación, y algunos de ellos sobreestiman la influencia de la lluvia en la absorción global del dióxido de carbono. "Contrario a estudios previos, nosotros mostramos que la sensibilidad de la respiración del ecosistema a variaciones en la temperatura parece ser independiente de factores externos y constante en los ecosistemas en general. En otras palabras, descubrimos

una relación general entre variación en temperatura y respiración del ecosistema. Nuestros hallazgos reconcilian las aparentes contradicciones de estudios con modelos y estudios de campo", explica Mahecha.(ecoticias.com, 2010)

#### D. Estructura interior de la Tierra.

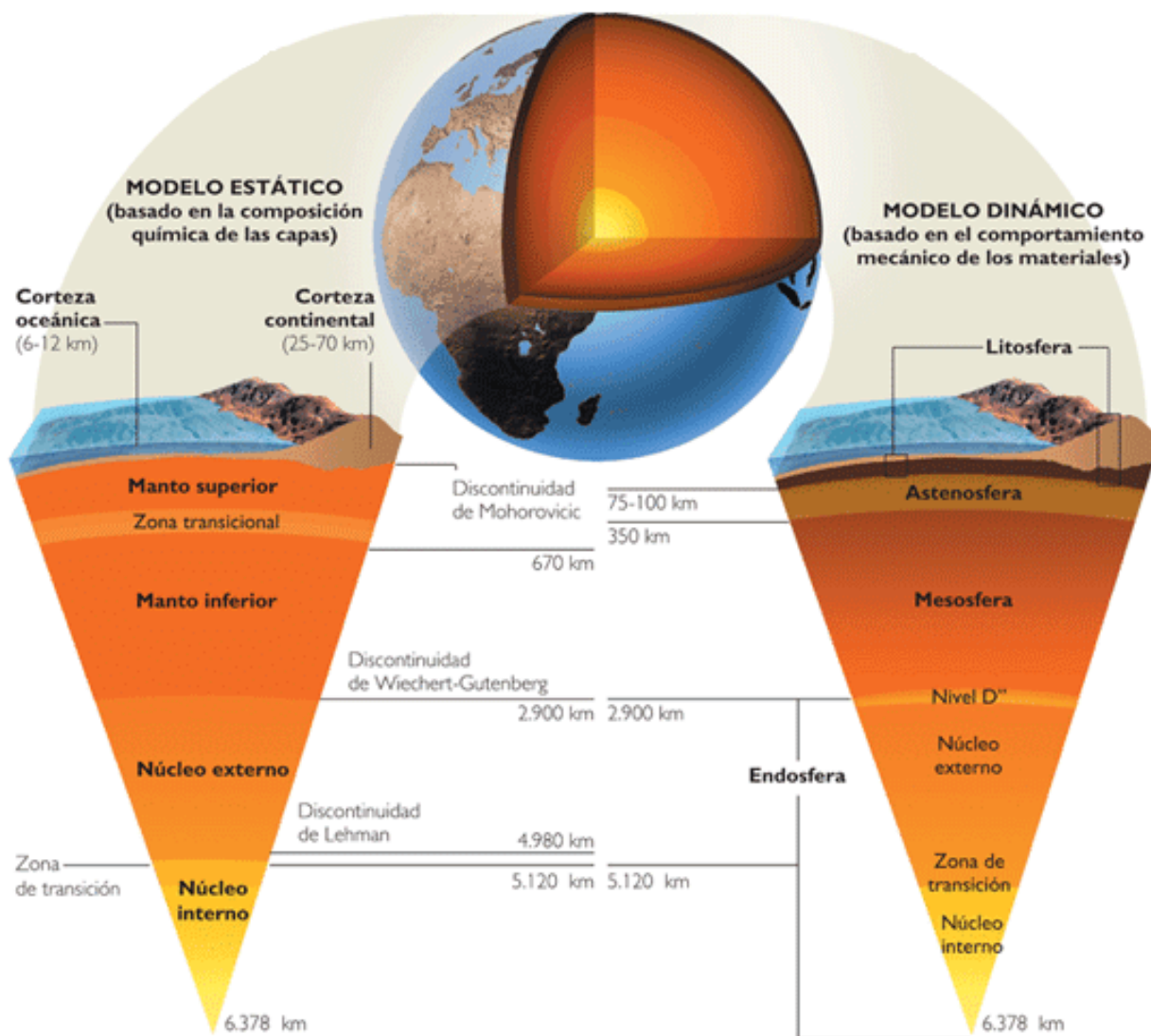


Figura 3. Modelo Estático y Dinámico de la Estructura interior de la Tierra.

Fuente: (Estudiando Biología, 2013)

## E. Hidrósfera.

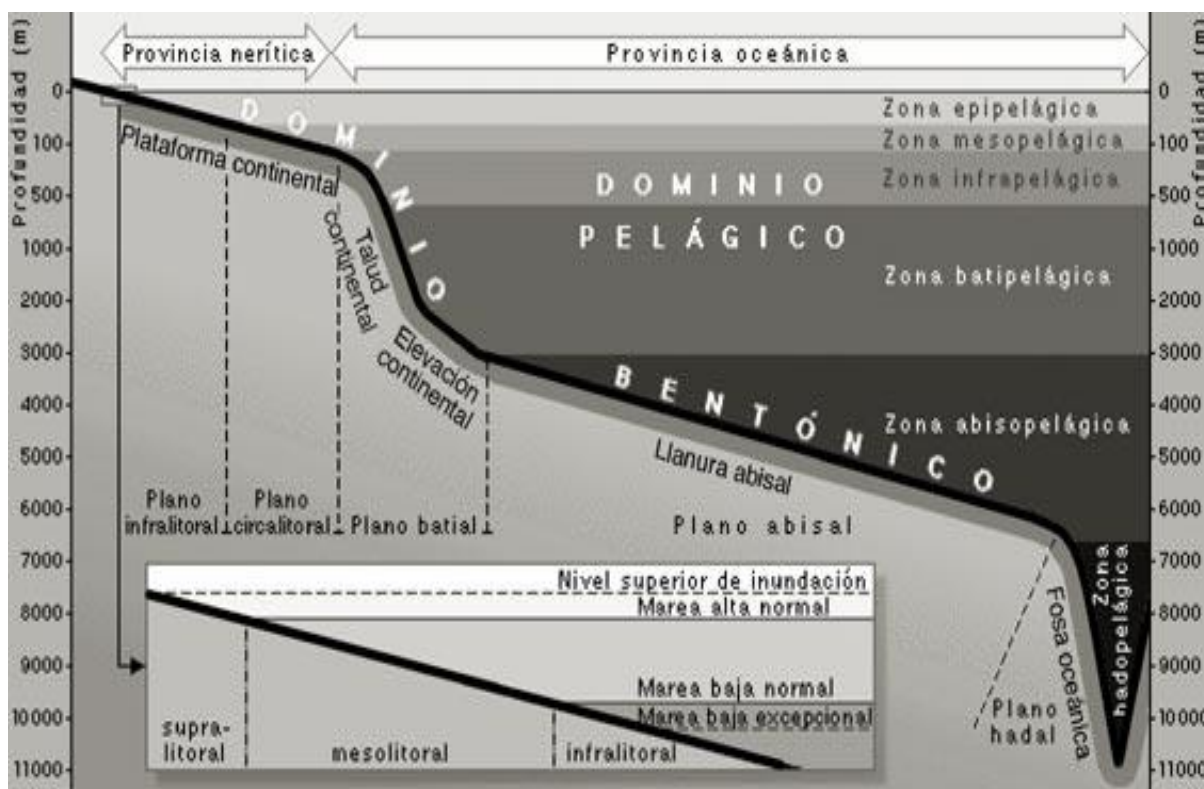


Figura 4. Estructuras de los fondos oceánicos.

Fuente: Propia

### a) Estructuras de los fondos oceánicos

#### Océanos y Continentes

Según Le Pichon & Pautot 1987 se especifica que entre la máxima cima representada por el monte Everest (8 850 m) y la máxima sima en el fondo de la fosa de las Marianas (11 040 m), las altitudes y profundidades del planeta, no están distribuidas de manera uniforme.

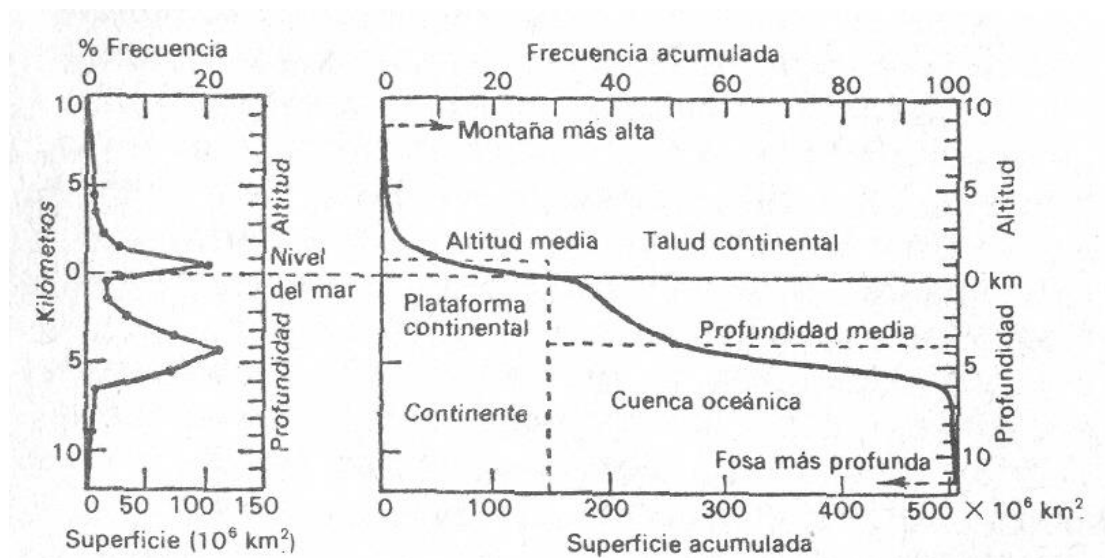


Figura 5. Distribución de los niveles en la superficie del planeta.

Fuente: El fondo de los Océanos (Le Pichon & Pautot, 1987)

En el histograma presentado en la figura 5, se destacan dos modos:

- El modo Continental, que abarca desde 0 a 1 km de elevación y
- El modo Oceánico que comprende desde el nivel 4 hasta 5 km de profundidad

Estos modos concentran las mayores superficies continentales y la mayor proporción de fondo marino.

Por lo tanto, estas zonas extremas (máxima altitud y profundidad), son zonas de carácter excepcional y están asociadas a una alta sismicidad y gran actividad tectónica.

Esta figura también grafica las variaciones eustáticas (variaciones a nivel del mar), que en proporciones pequeñas de entre 100 y 200 metros de amplitud varían considerablemente las cantidades de masas continentales, cubiertas por el océano, siendo su explicación las consecuencias de las regresiones glaciáricas.

Por otro lado, a efectos de naturaleza de nuestro trabajo, se debe tomar en cuenta la composición física y química de la parte externa, que se denomina manto superior (entre la corteza terrestre y los primeros 700 km). Este manto superior ostenta una composición química homogénea, dentro de lo que se denomina rocas ultrabásicas, con 3,3 g/cm<sup>3</sup> de densidad. Su composición es de silicatos ferromagnesianos, conformados por tres partes de



dunita y una de basalto, con una proporción del 43% de  $\text{SiO}_2$ . De esto se desprende, en función que el basalto, tiene un punto de fusión menor que la dunita, siendo por lo tanto el producto primario de una fusión parcial del manto. Si bien es cierto la composición química es homogénea, sin embargo las características físicas, varían con la profundidad, de tal manera que aproximadamente a los 100 km de profundidad, la roca se encuentra fluidificada, por haber alcanzado el basalto su punto de fusión, determinando una envoltura rígida externa y una capa “liquida” o fluidificada, que se denominan litosfera y astenósfera respectivamente. (Le Pichon & Pautot, 1987)

Es necesario indicar que estudios posteriores, rebaten la existencia de esta última capa. (Ministerio de Educación – Gobierno de España s.f. Proyecto Biósfera – Movimiento de las Placas Litosféricas)

La litósfera, está conformada en su parte superior por un componente continental y un componente submarino, según el siguiente detalle:

**La corteza continental**, de un espesor medio de 30 a 35 km. tiene una composición química media evidentemente más ácida que la del manto. Las rocas que la componen proceden casi inequívocamente de una fusión parcial del manto, y son, pues, el resultado de fenómenos de vulcanismo y de plutonismo, pero estas rocas ígneas y sus equivalentes metamórficos han vivido una larga historia geológica. Algunos opinan que esta historia se remonta a cerca de 4 000 m.a.

Durante los cuales estas rocas han estado sometidas a la erosión y a profundas modificaciones en el transcurso de numerosos episodios orogénicos. Destaquemos, además, que los sedimentos producto de esta erosión a menudo han sido depositados en un medio marino más o menos profundo, antes de reintegrarse al seno de la corteza continental. Resumiendo, los continentes están constituidos por un ensamblaje heterogéneo de rocas cuya edad se cuenta, generalmente, por centenares de millones de años, y cuya composición

química media es aproximadamente igual a la de las rocas intermediarias llamadas <andesíticas> (60% de SiO<sub>2</sub>). La densidad de la corteza (2,85 g/cm<sup>3</sup> de promedio) es obviamente inferior a la del manto subyacente. (Le Pichon & Pautot, 1987)

**La corteza oceánica** es mucho menos gruesa (6 km), y su composición química es menos ácida que la corteza continental. Se trata de rocas basálticas (del 45 al 50 % de SiO<sub>2</sub>) procedentes de una fusión parcial del manto, y que se formaron en un tiempo geológicamente muy breve. Su densidad se aproxima a 2,9 g/cm<sup>3</sup>. En la superficie de la corteza oceánica se depositan sedimentos terrígenos, que son productos directos de la erosión de los continentes vecinos, y sedimentos biógenos, constituidos por esqueletos de organismos. Como veremos, en las cuencas oceánicas el espesor de los sedimentos es relativamente bajo, y muy pocas veces se ven afectados por fenómenos tectónicos.

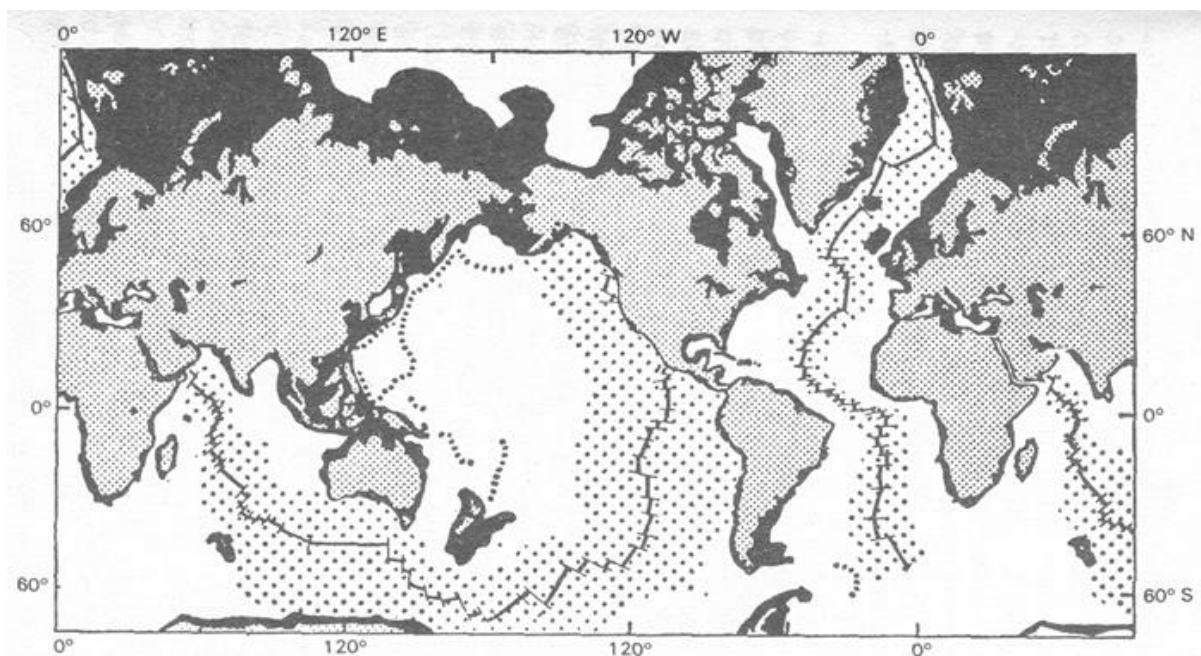
Fácilmente se puede comprobar que dos columnas de litosfera del mismo espesor (100 km), comprendiendo una de ellas corteza continental y la otra corteza oceánica, y 4,5 km de agua como porciones superficiales, tienen idéntico peso, si tenemos en cuenta las numerosas simplificaciones introducidas en esta somera explicación.

¿En qué nivel tiene efecto el paso entre ambos tipos de estructura? La pregunta puede parecer académica pero, no obstante, tiene unas importantes consecuencias científicas y económicas, dadas la diferente naturaleza de las dos cortezas. Sin lugar a dudas el nivel cero de los actuales océanos no tiene ningún significado estructural. Nos sentimos tentados a elegir como límite la profundidad de 2 000 m, que corresponde a la mitad de la elevación media del continente por encima de la cuenca oceánica media. Este es el nivel que hemos elegido en la introducción de esta obra, al considerar que el 60% de la superficie del planeta posee una estructura oceánica. (Le Pichon & Pautot, 1987)

En la curva de frecuencia, a la izquierda, existen dos modos privilegiados: Entre 0 y 1 km de altitud, es el modo continental y entre los 4 y 5 km de profundidad es el modo

oceánico. Tanto las grandes altitudes como las grandes profundidades son zonas excepcionales.

De hecho, el problema de la naturaleza de la transición corteza continental/corteza oceánica es muy complejo, y únicamente puede tratarse de un modo lógico dentro de una perspectiva genética. Esto es lo que haremos en el siguiente capítulo, al tratar de la génesis de los océanos. De momento, recordemos simplemente que existe una zona de transición de anchura variable (del orden de los 100 km) entre el continente y la cuenca oceánica, a la que llamaremos margen continental. No obstante, la parte superior del margen continental, entre el continente emergido y la ruptura de pendiente que señala el comienzo del talud continental entre los 100 y los 300 m de profundidad, no pertenece a esta zona de transición, sino que se trata de la plataforma continental, que no es más que la prolongación directa de la masa continental emergida, y cuya historia está vinculada a los avances (transgresiones) y retrocesos (regresiones) sucesivos de la línea de costa, debido a las variaciones eustáticas del nivel del mar. (Le Pichon & Pautot, 1987)



*Figura 6.* Representación esquemática de la tierra.

Fuente: (Le Pichon & Pautot, 1987)

Se muestran los continentes emergidos y las plataformas continentales adyacentes (en negro). En el dominio oceánico (en blanco), se presenta el eje de las principales dorsales. Las zonas punteadas a uno y otro lado del eje de las dorsales son zonas oceánicas creadas durante el Terciario. Las fosas oceánicas están representadas por una línea de puntos.

#### **F. Eras Geológicas.**

Según Historia y Biografía, 2015 en la Era Histórica, Periodo Cuaternario-Antropoceno, en el estado evolutivo, se incrementan los niveles de CO<sub>2</sub> presentados en la Tabla 6.

Tabla 5. Eras geológicas.

|                        | ERA       | PERIODO     | ESPECIES Y ESTADIO EVOLUTIVO |  |                                      |
|------------------------|-----------|-------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Millones de años atrás |           |             |                              | 00:00  |                                      |
|                        | 4600      |             |                              |  |                                      |
|                        |           |             | Arcaico                      | No existe la vida en la Tierra; erupciones volcánicas; lluvia enfría la superficie del planeta; formación de los océanos |                                      |
|                        |           |             |                              |  | 04:00                                |
|                        | 3 800     | PROTOZOICA  | Precámbrico                  | Metanógenas (procarióticos); cianobacterias; presencia de oxígeno en el aire   |                                      |
|                        |           |             |                              |  | 15:00                                |
|                        | 2 500     |             |                              | Células complejas (eucariotas)   |                                      |
|                        | 850       |             | Criogénico                   | Tierra helada  |                                      |
|                        | 635       |             | Ediacárico                   | Criaturas Pluricelulares   |                                      |
|                        | 542       |             |                              |  | 20:50                                |
|                        |           |             | Cámbrico                     | Conchas, huesos y dientes  |                                      |
|                        | 488       |             | Ordovícico                   | Vertebrados  |                                      |
|                        | 443       |             | Silúrico                     | Plantas terrestres primitivas; gusanos   | 21:50                                |
|                        | 416       | PALEOZOICA  | Devónico                     | Peces óseos; tetrápodos  |                                      |
|                        | 359       |             | Carbonífero                  | Anfibios; reptiles; bosques; moscas  |                                      |
|                        | 299       |             | Pérmico                      | Reptiles medio mamíferos; Pangea   |                                      |
|                        | 251       |             |                              |  | 22:50                                |
|                        |           |             | Triásico                     | Primeros dinosaurios; pequeños mamíferos; ictiosaurios   |                                      |
|                        | 199       | MESOZOICA   | Jurásico                     | Los dinosaurios dominan la Tierra; los pterodáctilos dominan los cielos  |                                      |
|                        | 145       |             | Cretácico                    | Últimos dinosaurios; insectos sociales; flores; pájaros; monocotiledóneas  |                                      |
|                        | 65.5      |             |                              |  | 23:40                                |
|                        |           |             | Paleoceno                    | Los mamíferos aumentan de tamaño   |                                      |
|                        | 55        |             | Eoceno                       | Las ballenas regresan al océano  |                                      |
|                        | 33        | CENOZOICA   | Terciario                    | Oligoceno  | Evolución de los caballos en América |
| 23                     |           |             | Mioceno                      | Migraciones de los simios  | 23:57                                |
| 5                      |           |             | Plioceno                     | Primeros seres bípedos y primeros humanos  |                                      |
| 1.8                    |           |             | Pleistoceno                  | Extinciones de megafauna   | 23:59                                |
| 0,11                   |           |             | Holoceno                     | Origen de la agricultura y la ganadería; primeras civilizaciones humanas   |                                      |
| 0,02                   | HISTÓRICA | Cuaternario | Antropoceno                  | Globalización; incremento de los niveles de CO <sub>2</sub>  | 24:00                                |
| hoy                    |           |             |                              |  |                                      |

Fuente: (Historia y biografías, 2015)

Tabla 6. Escala de tiempo Geológica.

| Unidades de tiempo<br>(datos en millones de<br>años antes del presente) |             |             |                                       |                       | Desarrollo<br>Biológico            | Desarrollo<br>Físico | Línea de tiempo<br>para la Deriva<br>Continental |  |
|---|-------------|-------------|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|--|--|
| Eon   | Era         | Periodo     | Época                                 |                       |                                    |                      |  |  |
| Fanerozoica   | Cenozoica   | Cuaternario | Reciente                              |                       |                                    |                      |  |  |
|   |             |             | Pleistoceno *                         | 1                     | El hombre                          | Era de Hielo         | Configuración actual de los continentes          |  |
|   |             |             | Plioceno                              | 13                    |                                    |                      |  |  |
|   |             | Terciario   | Mioceno                               | 26                    |                                    |                      | Montañas Himalaya                                | Segunda fragmentación de Godwana y Laurasia separados por el mar de Tethys |
|   |             |             | Oligoceno                             | 40                    | Aves y Mamíferos                   |                      |  |  |
|   |             |             | Eoceno                                |                       |                                    |                      |  |  |
|   |             |             | Paleoceno                             | 70                    |                                    |                      |  |  |
|   | Mesozoica   | Cretaceo    | 135                                   |                       |                                    |                      |  |  |
|   |             | Jurásico    | 180                                   |                       | Reptiles                           | Montañas Rocosas     |  |  |
|   |             | Triásico    | 220                                   |                       |                                    |                      |  |  |
|   |             | Permiano    | 270                                   |                       |                                    |                      | Era de Hielo                                     |  |
|   |             | Paleozoica  | Pensilvania<br>(Carbonífero superior) | 310                   |                                    | Anfibios             | Bosques (carbón formado)                         | Primera fragmentación de la Pangea en Godwana y Laurasia                   |
|   |             |             | Mississippi<br>(Carbonífero inferior) | 350                   |                                    | Plantas de Tierra    | Montañas Apalache)                               |  |
|   |             |             | Devoniano                             | 405                   |                                    | Peces                |  |  |
| Siluriano   | 430         |             |                                       |                       |                                    |                      |  |  |
|   | Ordoviciano | 490         |                                       | Invertebrados Marinos |                                    |                      |  |  |
|   | Cámbrico    | 570         |                                       |                       |                                    |                      |  |  |
| Criptozoica   | Precámbrico |             | 3500 (?)                              | Vida Primitiva        | Era de Hielo Primordial            |                      |  |  |
|   |             |             | 4500                                  | Origen de la Vida     | Aire y agua<br>Origen de la tierra |                      |  |  |

(\*) Modificado posteriormente

Fuente: (Bhatt, 1978)

Tabla 7. Sub-división cronoestratigráfica del Cuaternario.

| Periodo              | Serie                   | Piso         | Edad (Ma)  | Localización GSSP y Status  | Nivel límite   | Eventos  |
|----------------------|-------------------------|--------------|--|---|--|--|
| CUATERNARIO          | HOLOCENO                | Holoceno     | 0,0117   | Antropoceno (desde 1950 AD).<br>En discusión: Será propuesto de manera formal próximamente          | 1492, 45 m de profundidad en el testigo de hielo NGRIP2 (Universidad de Copenhage)   | Climático – Fin del episodio frío del Younger - Dryas, reflejado en variaciones rápidas de isótopos del oxígeno y un incremento en los valores de Deuterio.  |
|                      |                         |              |  | Testigo hielo NorthGRIP Groenlandia Central ratificado en 2008 (Walker et al., 2009)                |  |  |
|                      | PLEISTOCENO NO SUPERIOR | Tarantiense  | 0,126  | Taranto (Golfo de Taranto) Sur de Italia, en discusión (Cita, 2008)                                 | 63,5 m por debajo de la superficie del terreno   | Climático – Base del episodio interglaciario Eemiense (Tirreniense) que representa el <b>inicio del estadio isotópico Marino MIS 5 (5e)</b>  |
|                      |                         |              |  | Secciones candidatas en Italia (Montalbano-Jorica; Valle di Manche) y Japón (Chiba) Anticipado 2010 |  |  |
|                      | PLEISTOCENO MEDIO       | Lomniense    | 0,773  |   | Base del nivel de arcillas marinas que se encuentran por encima del nivel marcador de sapropel 176 (Nivel de Sapropel Mediterráneo relacionado con los ciclos orbitales de precesión: MPRDS 176) | Magnético – <b>Inversión Brunhes-Matuyama</b> (base del Chron 1n)  |
|                      |                         |              |  |   |  |  |
| PLEISTOCENO INFERIOR | Calabriense             | 1,806        | Vrica, Calabria, Italia Ratificado en 1985 (Aguirre y Passini, 1985) | Base del nivel de margas que se encuentra por encima del Nivel de Sapropel Mediterráneo MPRS 250    | Magnético – Techo del subcron magnético de polaridad normal de <b>Olduvai</b> (C2n) se encuentra 8 m por encima del GSSP   |  |
|                      |                         |              |  |   |  |  |
| NEOGENO              | PLIOCENO                | Gelasiense   | 2,58   | Monte San Nicola (Gela) Sicilia, Italia, Ratificado en 2009 (Gibbard et al., 2009)                  | Base del nivel de margas beiges del ciclo carbonático de pequeña escala 77 correspondiente con el nivel de sapropel Mediterráneo MPRS 347  | Magnético – <b>Inversión Gauss Matuyama</b> (límite C2r/C2An). Se encuentra 1 m por debajo del GSSP. El nivel que contiene el GSSP level se encuentra dentro del Estadio Isotópico Marino MIS 103. |
|                      |                         |              |  |   |  |  |
|                      |                         | Piacenziense | 3,60   | Punta Piccola, Sicilia, Italia. Ratificado en 1997  |  | Magnético – <b>Inversión Gauss – Gilbert</b> (límite C2n/C2Ar). Se registra inmediatamente por encima del GSSP.  |

Fuente: (Ogg, Ogg, &amp; Gradstein, 2016)

## G. Estudios sobre la evolución de la estructura del Planeta y el Papel de los Océanos

### a) Teoría de la Deriva Continental.

En 1911, el científico Alfred Wegener, en base a sus observaciones de los contornos continentales, estableció la Teoría de la Deriva Continental, que en términos generales indicaba que “la corteza terrestre está formada por seis o siete placas lamelares, que se encuentran como flotando en un medio líquido y que se desplazan separándose unas de otras, habiéndose iniciado este proceso hace 200 m.a. con la existencia del gran supercontinente Pangea, que en esencia es todos los continentes unidos, un solo gran océano pacífico ancestral y un mar interior o mar de Tethys. (Ver Figura 7)

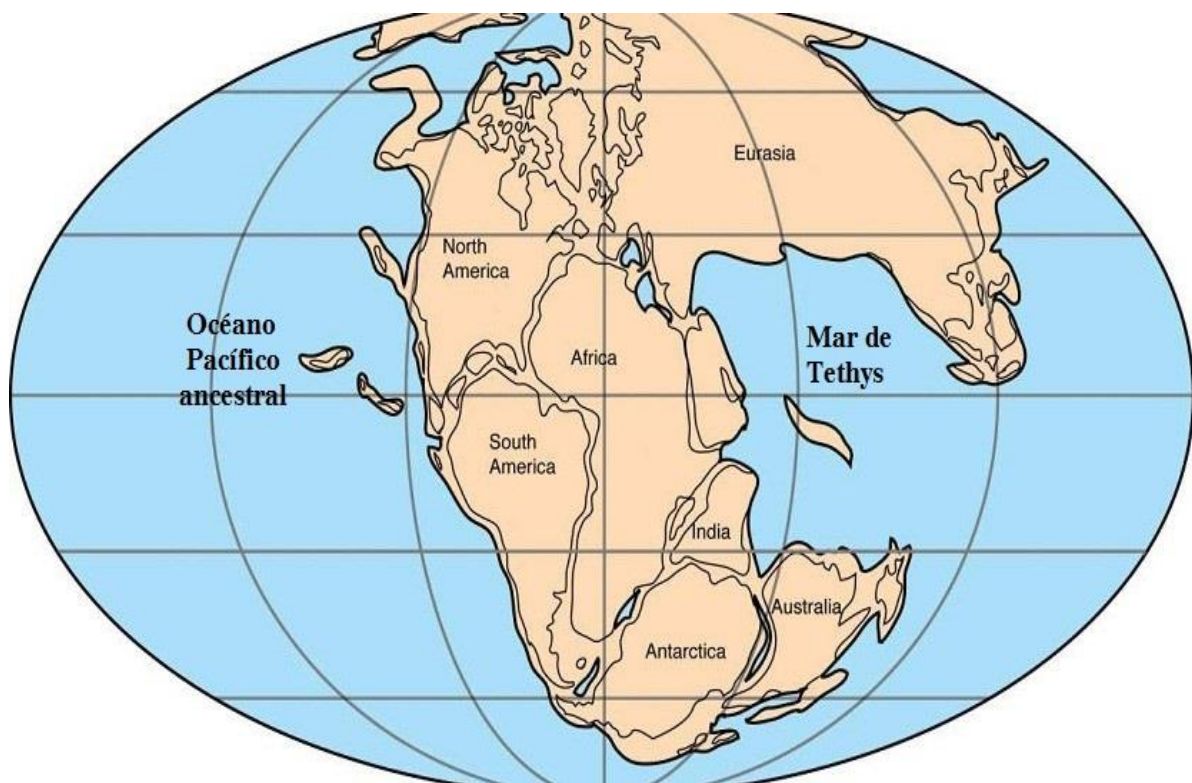


Figura 7. Gran Supercontinente Pangea hace 200 millones de años.

Fuente: (Portillo, 2018)

En su proceso evolutivo, Pangea se sub dividió en los supercontinentes, Gondwanaland (Gondwana) y Laurasia, continuando este proceso hasta la ubicación actual de los continentes.



Si bien es cierto Wegener tenía razón, no le fue posible explicar el mecanismo impulsor de los movimientos de las masas continentales, razón por la cual fue denostado y vilipendiado por la comunidad científica internacional y como suele suceder, en muchos casos murió ignorando lo que después sería reconocido su gran aporte científico. (Le Pichon & Pautot, 1987)

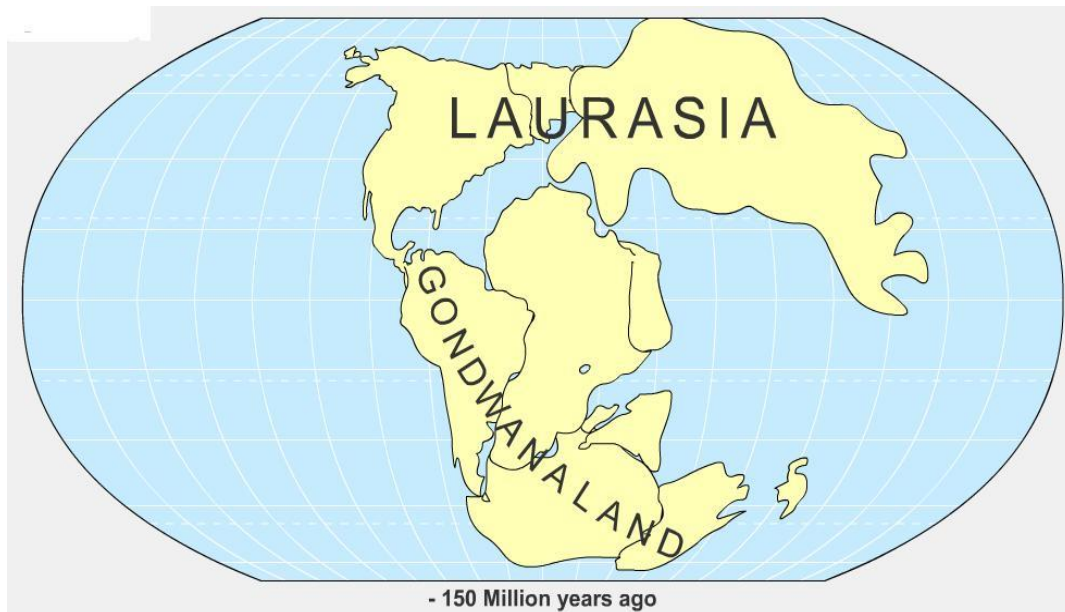


Figura 8. División de Pangea en los supercontinentes Laurasia y Gondwana hace 150 millones de años.

Fuente: (Academic.com, 2000)

*b) Renovación del fondo oceánico. (Sea floorspreading)*

Tomando como hito cronológico el año 1945 (es decir surgido en la segunda guerra mundial) y siguientes, se desarrollaron estudios a nivel geológico, geofísico y geoquímico, se estableció el desarrollo del modelo Sea-floorspreading (Renovación del fondo oceánico), en base a los aportes de Harry Hammond Hess y Robert S. Dietz, se inició la exploración geofísica en grandes cuadrículas, del fondo oceánico, y permitió obtener resultados relacionados a la estructura profunda, la cobertura sedimentaria y la morfología a partir del modelo evolutivo arriba mencionado.

En este modelo se incorpora como mecanismo impulsor del movimiento de la corteza terrestre (Continental y Oceánica), la existencia de las dorsales medio meso oceánicas, que se

ubican en todos los océanos, a partir de las cuales se forma nueva corteza oceánica en específico aunque no se definen claramente las ubicaciones en las cuales la corteza oceánica desaparece por el mecanismo de subducción y su regreso a la Astenósfera, definiendo este proceso como el de una gran faja transportadora. (Le Pichon & Pautot, 1987)

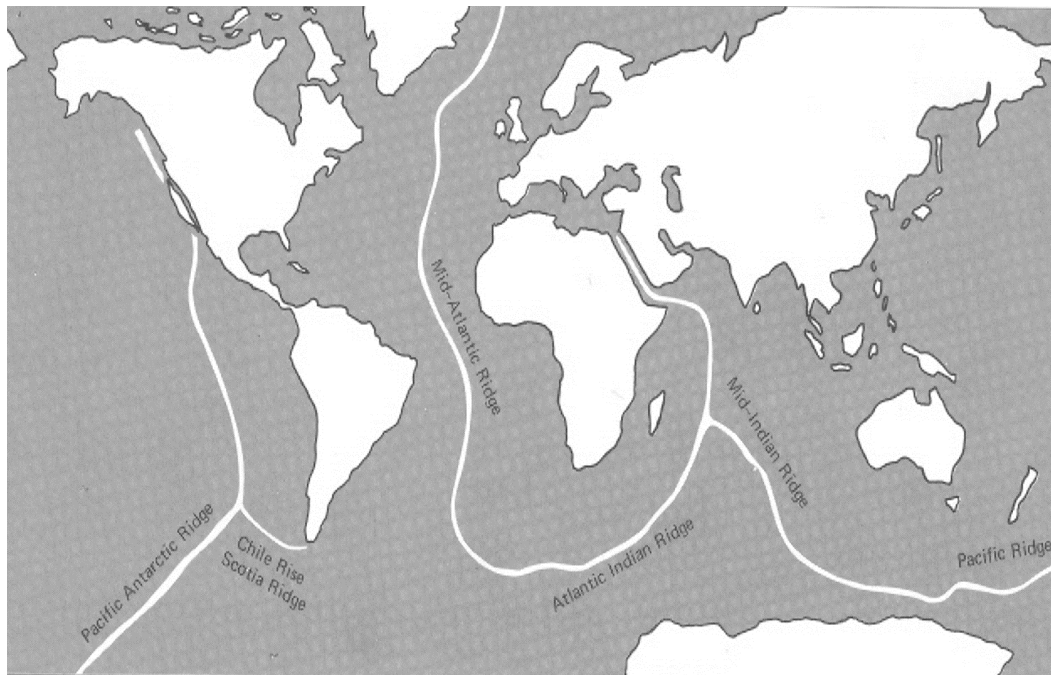


Figura 9. Diagrama de ubicación de las dorsales medio o meso oceánicas.

Fuente: (Bhatt, 1978)

### c) Modelo de Tectónica de Placas

Según Le Pichon & Pautot este modelo tomando como antecedente el modelo del Sea-floor spreading, arriba mencionado gracias a los aportes erudito canadiense John Tuzo Wilson, quien desarrolló la Teoría de la Tectónica de Placas, que, sumada a los trabajos anteriores, permitió el desarrollo del Modelo Global de Tectónica de Placas.

Este modelo en esencia define la existencia de las divisiones de la litosfera terrestre en placas tectónicas (que en número de 15 para las principales y 42 para las secundarias y un número mayor para las microplacas) y las zonas de formación de nueva corteza oceánica, denominadas zonas de acreción o Rift Oceánico (Dorsales Medio o Meso Oceánicas), como el mecanismo impulsor del movimiento de las placas tectónicas.

Este modelo, también define a las fosas oceánicas como zonas de subducción (hundirse bajo) es decir que las placas correspondientes a la Corteza Oceánica, subducen bajo las Placas Continentales, aunque se da el caso de subducción de Placa Oceánica bajo Placa Oceánica fenómeno principalmente producido en la Cuenca del Pacífico, (“Cinturón de fuego del Pacífico”) y otras locaciones correspondientes al Océano Índico, determinando finalmente que en la Cuenca del Océano Atlántico, no existen fosas oceánicas.

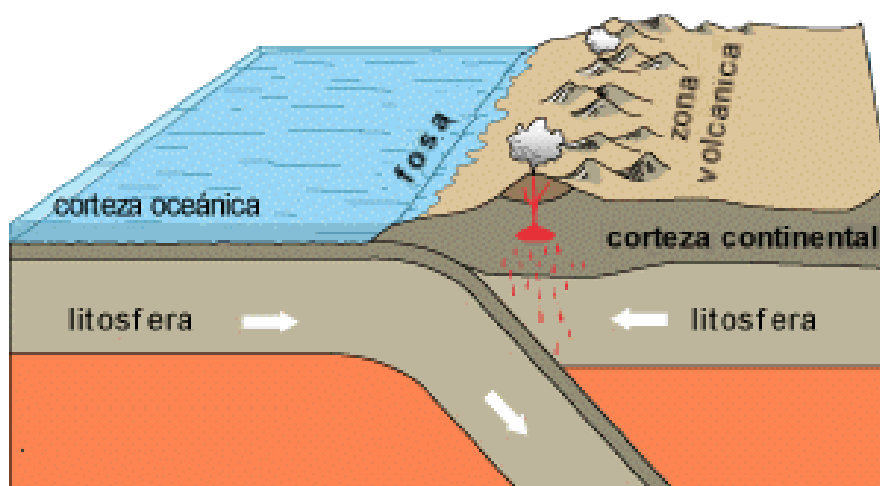


Figura 10. Convergencia corteza continental – corteza oceánica.

Fuente: (Ministerio de Educación - Gobierno de España, s.f.)

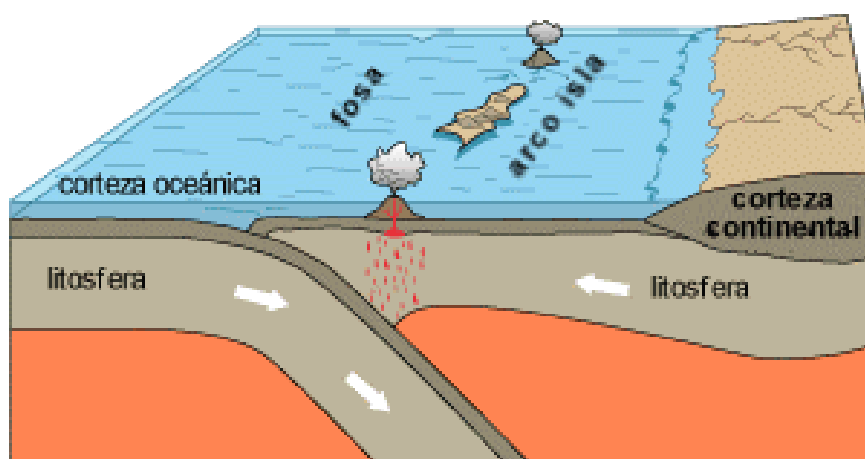


Figura 11. Convergencia corteza oceánica – corteza oceánica.

Fuente: (Ministerio de Educación - Gobierno de España, s.f.)

La velocidad promedio del fenómeno arriba citado, corresponde a los cinco (05) centímetros por año, es decir un movimiento combinado de diez (10) centímetros anuales.

Se hace necesario acotar que las zonas de subducción y los mecanismos orogénicos y volcánicos asociados a su proceso, son la fuente principal de la mayoría de la actividad sísmica producida en nuestro planeta. (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)



Figura 12. Placas Tectónicas.

Fuente: (Romero, 2012)

#### d) Determinación de las Plumas Mantélicas- Ministerio de Educación España

Según los últimos estudios realizados por el Ministerio de Educación de España se tiene que las plumas mantélicas o plumas del manto (del inglés mantle plumes) son columnas estrechas de material proveniente del manto que se supone que existen bajo la corteza terrestre, produciendo puntos calientes y lugares con vulcanismo anómalo. La existencia de plumas del manto fue propuesta en 1971 por el geofísico estadounidense William Jason Morgan para explicar la aparición de puntos calientes. Las plumas propuestas por Morgan se originan en el manto inferior, aunque desde entonces se ha propuesto también la existencia de plumas de origen menos profundo para satisfacer las características de ciertos puntos calientes. Las observaciones sismológicas para verificar la existencia de las plumas del manto han ofrecido resultados no concluyentes. : (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

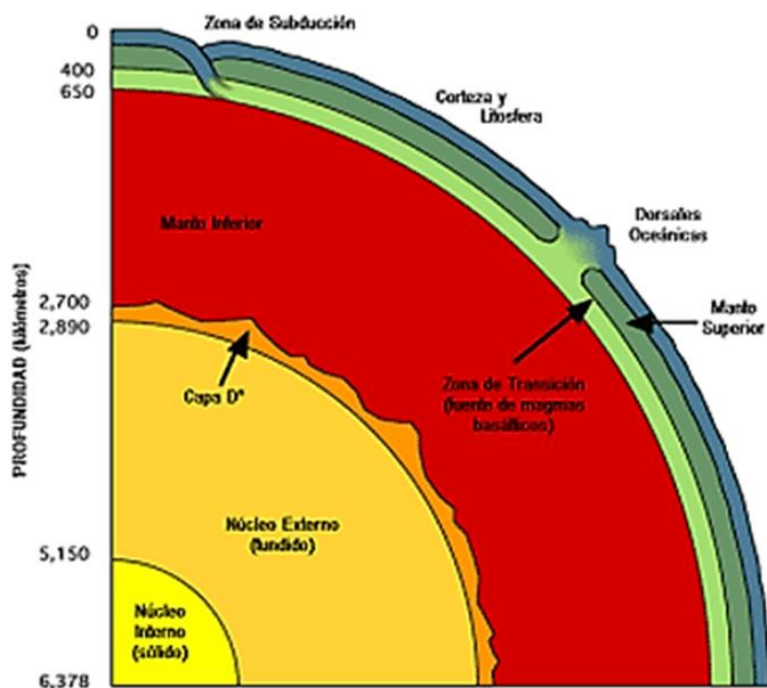


Figura 13. La estructura y la naturaleza Físicoquímica de la tierra.

Fuente: (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

Tabla 8. Estructura y propiedades del interior de la Tierra.

| ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DEL INTERIOR DE LA TIERRA |                     |          |                 |          |        |
|--|---------------------|----------|-----------------|----------|--------|
| Profundidad (km)                                   | Niveles geoquímicos |          | Discontinuidad  | Densidad | T (°C) |
| --- 7 - 70 ---                                     | Corteza             |          | --Mohorovicic-- | 2.7 - 3  | 0      |
| 670  | Manto               | Superior |                 | 3.5      | 500    |
|  |                     | Inferior | --Gutenberg--   | 5.6      | 2000   |
| --- 2900 ---                                       | Externo             |          |                 | 9.9      | 5000   |
| --- 5100 ---                                       | Núcleo              |          |                 |          | 6300   |
|  |                     | Interno  |                 | 13       | 6500   |
| 6378   |                     |          |                 |          |        |

Fuente: (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)



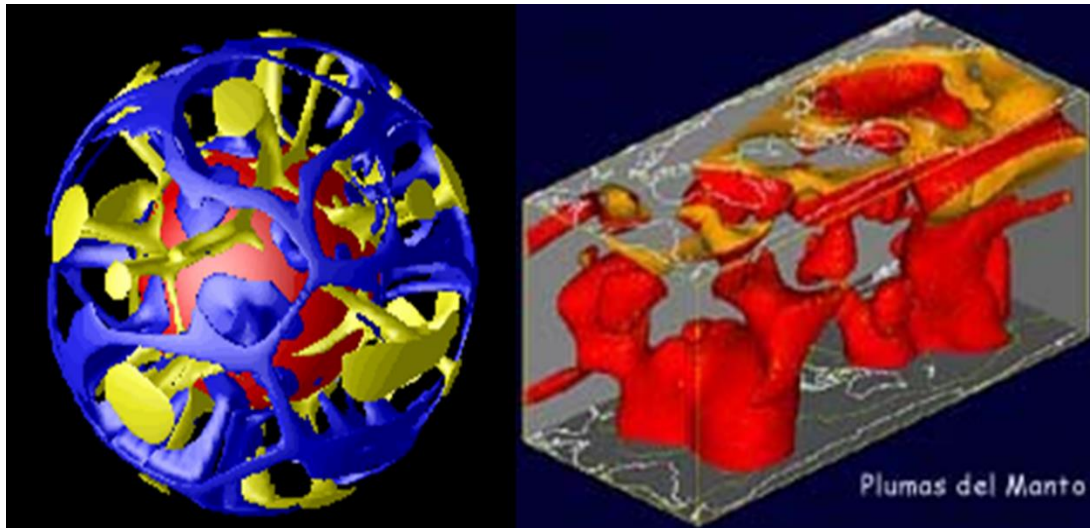


Figura 14. Conducción y convección del calor interno.

Fuente: (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

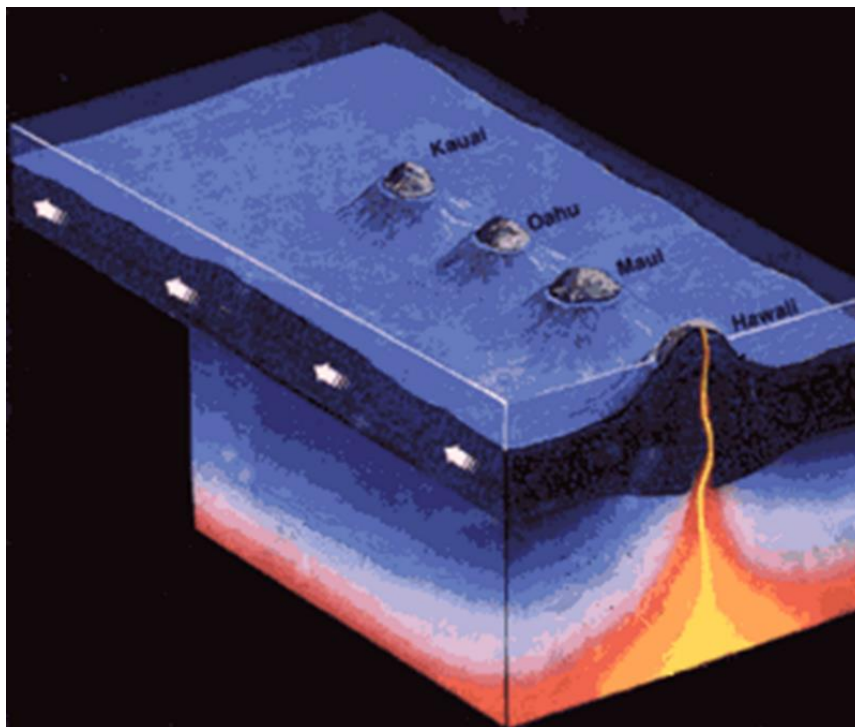


Figura 15. Vulcanismo de punto caliente. Caso Hawaii.

Fuente: (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

### e) La última Glaciación.

Comenzó hace unos 100 000 años y alcanzó su máximo hace 18000 años, para retroceder 8 000 años después. Durante ese período las grandes masas de hielo llegaron a

tener un grosor de 3 500 a 4 000 metros, cubriendo un tercio de las tierras emergidas, lo que supuso 3 veces más de su extensión actual. Finalizó alrededor del 10000 a.n.e. (EcuRed, 2013)

Se dio simultáneamente en los dos hemisferios, aunque las mayores extensiones las alcanzó en el Hemisferio Norte: En Europa el hielo avanzó hasta cubrir casi toda la isla de Gran Bretaña, norte de Alemania y Polonia, y en Norteamérica, el manto de hielo que bajaba del Polo Norte, sepultó todo Canadá y alcanzó hasta más al sur de los actuales lagos estadounidenses que, como los patagónicos y los alpinos, se formaron sobre las hondonadas que dejaron libres las masas glaciares que acababan de retirarse. (EcuRed, 2013)

El nivel del mar bajó entonces 120 m, resultando de ello grandes extensiones hoy cubiertas por las aguas marinas, eran entonces tierra firme, dato a tener muy en cuenta cuando se piensa en las grandes migraciones humanas y animales que signaron aquellas épocas. Gracias a ello se pudo pasar a pie desde Siberia hasta Alaska -comenzando así el poblamiento americano- y de Europa a Inglaterra, entre otros ejemplos. Las grandes masas de hielo llegaron a tener un grosor de 3 500 a 4 000 metros, cubriendo un tercio de las tierras emergidas. (EcuRed, 2013)

En el apogeo de la glaciación, la disminución de la temperatura media varió ostensiblemente en diferentes lugares del globo: diez grados menos en Alaska, seis en Inglaterra, dos en los Trópicos, y prácticamente sin variación en el Ecuador. Se ha calculado que si los glaciares se derritieran hoy, el nivel del mar subiría entre 60 y 70 metros inundando enormes extensiones de terrenos costeros y varias de las principales ciudades del mundo. (EcuRed, 2013)

Los avances y retiradas de los hielos, estando en relación con los sucesivos enfriamientos de la tierra, se vio entonces en la glaciología como una herramienta para descubrir el clima de la tierra en épocas pasadas y en diferentes lugares del globo,

herramienta que hoy siguen utilizando los científicos que estudian los casquetes polares de la Antártida y Groenlandia en el afán de develar el pasado climático del planeta. Estudios hechos al final del siglo pasado en Norteamérica y Europa, escenarios de las grandes glaciaciones del Pleistoceno, dieron idénticas edades para las grandes glaciaciones de esta era geológica que comprende aproximadamente los últimos 2 millones de años. (EcuRed, 2013)

## H. Factores naturales del Cambio Climático

### a) Actividad volcánica.

Secularmente, se ha tomado la actividad volcánica continental, es decir los que se encuentran en la parte emergida de los continentes, sin tomar en cuenta los volcanes submarinos y sin dar explicaciones valederas sobre el incremento de dicha actividad estimando que las emisiones de gases efecto invernadero son despreciables versus los gases producidos por acción antropogénica y por lo tanto responsable del cambio climático o calentamiento global

Según Barros 2015 se estableció un conteo de tipos de volcanes, que se especifican en la Tabla 10.

Si lo llevamos al conteo de los volcanes a nivel mundial, estos se resumen de la manera siguiente:

Tabla 9. Tipos de Volcanes a nivel mundial.

| N° | Tipo de Volcán      | Cantidad  |
|----|---------------------|-----------|
| 1  | Estratovolcanes     | 731 (47%) |
| 2  | Volcanes en escudo  | 171 (11%) |
| 3  | Volcanes submarinos | 126 (8%)  |
| 4  | Cono piroclástico   | 125       |
| 5  | Caldera             | 98        |
| 6  | Campo volcánico     | 98        |
| 7  | Compuesto           | 69        |
| 8  | Domo de lava        | 52        |



|              |                               |             |
|--------------|-------------------------------|-------------|
| 9            | Maar                          | 21          |
| 10           | Respiradero de fisura         | 20          |
| 11           | Cono y anillo de toba         | 13          |
| 12           | Cráter de explosión           | 8           |
| 13           | Volcán piroclástico en escudo | 8           |
| 14           | Cono de lava                  | 6           |
| 15           | Subglacial                    | 6           |
| 16           | Desconocido                   | 3           |
| <b>Total</b> |                               | <b>1555</b> |

Fuente: (Barros R., 2015)

### *Descripción de los tipos de volcanes según Barros 2015*

#### 1. Estratovolcán (Volcán poligenético)

Los estrato volcanes, son edificios volcánicos construidos por la múltiple sobreposición de materiales expulsados por el volcán a lo largo de su evolución. Esto quiere decir que el volcán ha formado su cono poco a poco en cada erupción, poniendo una capa de material sobre otra, creando estratos distintos, estos estratos pueden ser lavas, escorias, cenizas, bombas volcánicas, flujos piroclásticos, entre otros.

Aunque a veces se les denomina volcanes poligenéticos, los vulcanólogos prefieren utilizar el término estratovolcán para establecer una distinción, debido a que todos los volcanes, sean del tamaño que sean, presentan una estructura (de capas) compuesta, se desarrollan sobre los materiales de sucesivas erupciones.(INGEMMET-MINEM, 2015)

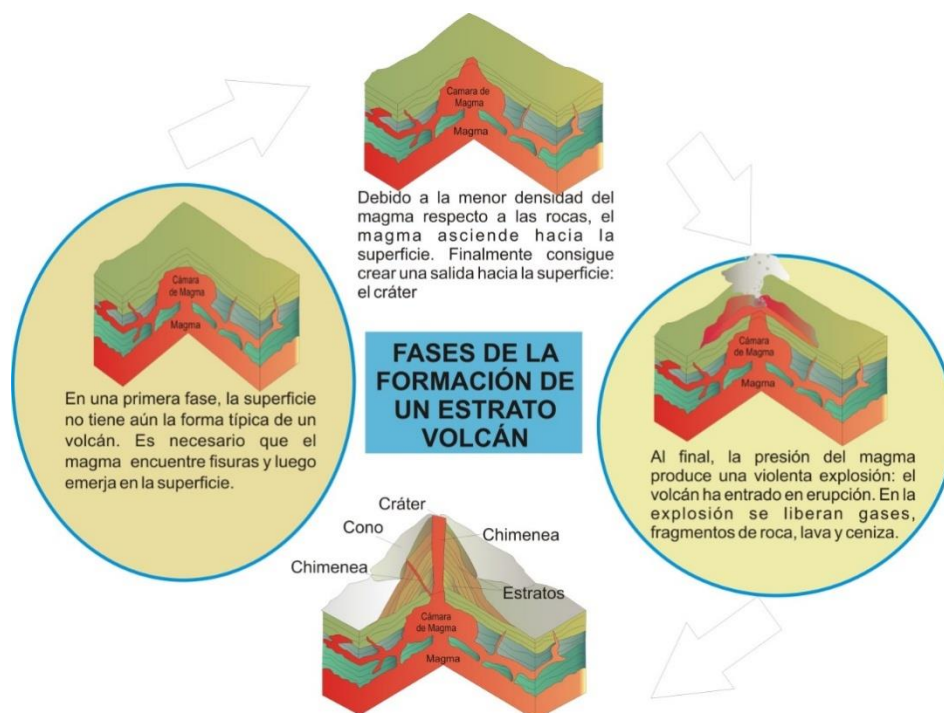


Figura 16. Volcán Estrato.

Fuente:(INGEMMET-MINEM, 2015)

## 2. Volcanes en escudo

Son aquellos cuyo diámetro es mucho mayor que su altura. Se forman por la acumulación sucesiva de flujos de lava muy fluidas. Por lo que son de considerable altura y pendiente ligera. Su topografía es suave y su cima forma una depresión poco definida. Como ejemplo de este tipo de volcanes están los volcanes hawaianos y los de las Islas Galápagos. Ocasionalmente se observan volcanes de escudo con un cono de ceniza o escoria en su cúspide, como es el caso de los volcanes de Hawái.

## 3. Volcán submarino

Los volcanes submarinos se dan cuando existe una fisura en el suelo oceánico por la que se pueden dar erupciones de magma. Al igual que sus congéneres terrestres, un volcán submarino puede expulsar tanto magma como vapores y gases.

Se estima que hay miles de volcanes submarinos activos por todo el mundo, los cuales se cree

que expulsan aproximadamente el 75% del magma anual. Además, las erupciones volcánicas submarinas contribuyen a crear nueva corteza terrestre. (Nautical News Today, 2017)

La mayoría de los volcanes submarinos se dan en zonas donde divergen las placas oceánicas, como es el caso de la dorsal atlántica. Un pequeño porcentaje de los volcanes submarinos son independientes de las zonas divergentes, y se dan por culpa de los conocidos puntos calientes, como es el caso de las islas Hawái, donde existe un punto fijo por el que sale magma y la corteza terrestre se desplaza sobre él creando nuevos volcanes, de ahí que, por ejemplo, las islas Hawái estén alineadas. (Nautical News Today, 2017)

Un buen indicador de que en la zona hay actividad volcánica es la presencia de fumarolas o fuentes hidrotermales, las cuales indican que se trata de una zona donde el magma está relativamente cerca de la superficie terrestre, por lo que es muy probable que en las proximidades exista un volcán submarino. (Nautical News Today, 2017)

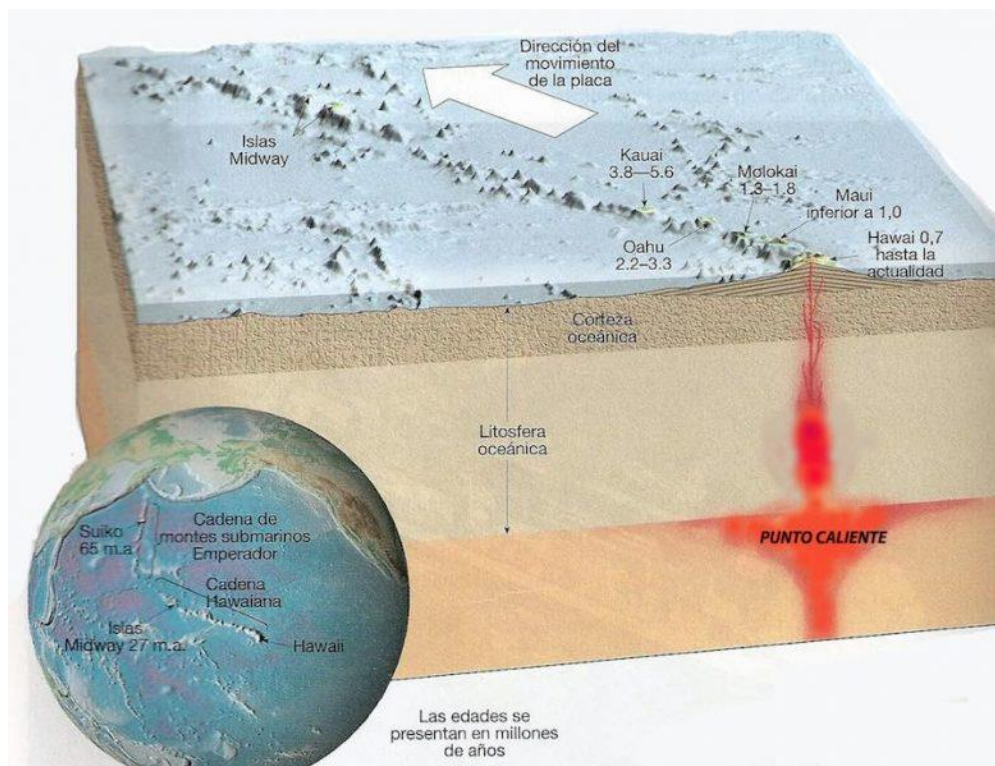
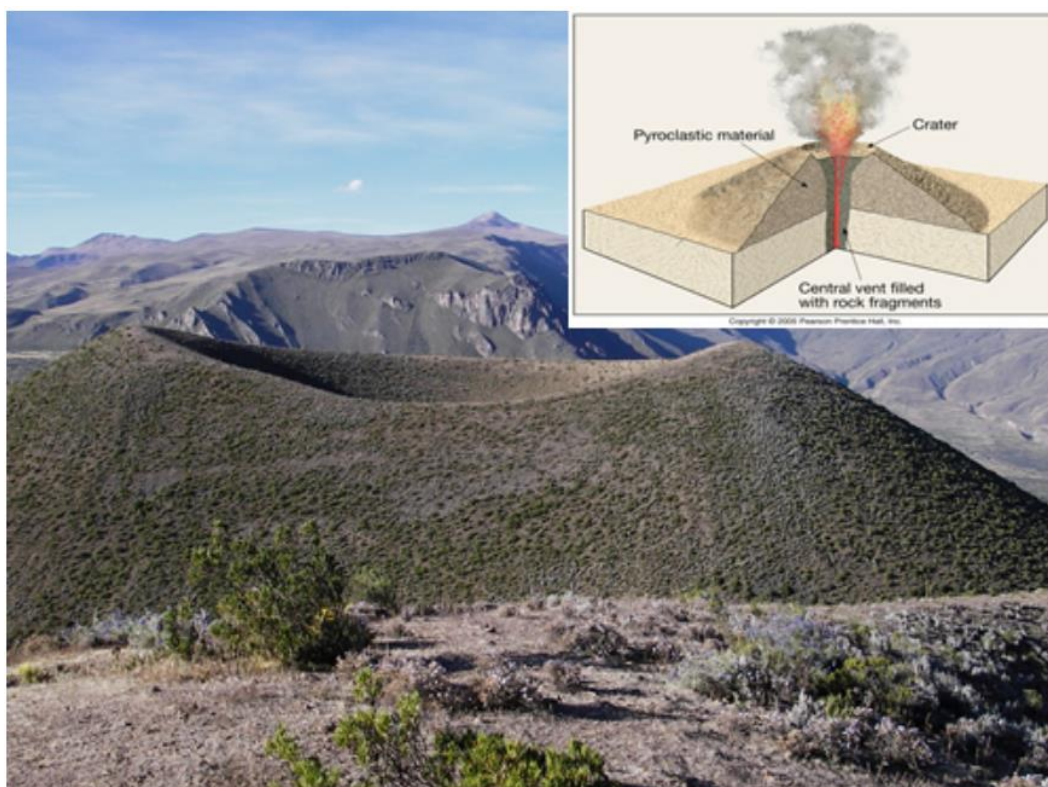


Figura 17. Volcán Submarino.

Fuente: (Nautical News Today, 2017)

#### 4. Cono Piroclástico (Cono de Escorias)

Los conos de escorias o conos de tefra son conos de pequeño tamaño formados por la acumulación de productos fragmentarios (ceniza, lapilli, bombas o bloques) generados por una actividad volcánica de moderada intensidad. En la cima suelen tener una cavidad o cráter por donde el magma sale al exterior. En la galería de imágenes se muestran conos de escorias de las islas de Fuerteventura y Lanzarote. Con frecuencia los conos de escorias aparecen asociados a otros edificios similares coetáneos en “campos de conos de escorias“, de mayor o menor tamaño. Cuando el material expulsado por el volcán cae todavía parcialmente fundido, los fragmentos se aplastan y sueldan entre sí dando lugar a conos de spatter. (Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid), 2014)



*Figura 18.* Cono Piroclástico.

Fuente: (Instituto Geofísico del Perú - IGP, 2010)

## 5. Caldera

Se trata de depresiones asociadas a las zonas centrales de edificios volcánicos poligenéticos cuyo origen se encuentra en una inestabilidad del volcán, causada normalmente

por una subsidencia del terreno relacionada con un vaciado parcial de una cámara magmática somera, o como consecuencia de deslizamientos a gran escala de una parte del edificio volcánico. (Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid), 2014)

## 6. Campo de Volcanes

Amplia zona cubierta por la presencia de numerosos volcanes, que pueden oscilar entre 10 a 100 o más volcanes, diseminando el material piroclástico en toda la extensión incluyendo, conos volcánicos y otras manifestaciones de emisión de material piroclástico como cenizas, bombas, entre otros (volcanpedia.com, s.f.).



*Figura 19.* Emanaciones Gaseosas (Gases sulfurados, CO<sub>2</sub> y vapor de agua).

Fuente: (volcanpedia.com, s.f.)

## 7. Volcanes Compuestos:

Este tipo de volcán es muy similar a los estrato volcanes, aunque poseen mínimas diferencias y se les asocia como el mismo fenómeno, sin embargo la diferencia más saltante es que en las laderas inferiores del cono volcánico la pendientes es suavizada, mientras que



esta incrementa hasta la verticalidad en la parte superior de la cima, el resto de las características se pueden colegir del análisis de los estratos volcánicos. (volcanpedia.com, s.f.)



*Figura 20.* Volcanes Compuestos.

Fuente: (volcanpedia.com, s.f.)

#### 8. Domo de Lava:

Un domo de lava es un montículo que se forma cuando las pilas de lava se amontonan sobre el respiradero de un volcán, en lugar de alejarse del mismo. Dado que la erupción de lava en este tipo de volcanes es lenta, no existe posibilidad de que el flujo de lava se produzca, por lo que formará la cúpula o domo de lava. La mayoría de las veces los lados de un domo serán empinados y se componen, generalmente, de lo que se llama lava rica en sílice, y en algunos casos contiene gas a presión, provocando explosiones. Los domos de lava pueden ser descritos como una pequeña masa bulbosa de lava, a medida que la lava se enfría, se endurece, y le da al volcán su forma de domo o cúpula. (volcanpedia.com, s.f.)



*Figura 21.* Domo de Lava.

Fuente: (volcanpedia.com, s.f.)

#### 9. Maar:

Los maares son depresiones circulares de paredes bajas y empinadas y de fondo plano formadas en erupciones freatomagmáticas, en los que con frecuencia se sitúa un lago y que está rodeado por depósitos de tobas freatomagmáticas características. (Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid), 2014)



*Figura 22.* Maar.

Fuente: (Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid), 2014)

## 10. Volcanes de fisura

Respiraderos o fisuras son un tipo de volcán en el que las erupciones de lava se producen a través de una chimenea volcánica lineal. Por lo general, estas erupciones no entrañan una explosión debido a que poseen, por lo general, sólo varios metros de ancho, pero pueden variar en longitud de hasta varios kilómetros, son en su mayoría planos sobre la superficie, donde aparece una grieta, ya sea en el suelo o el fondo del océano. En Hawái, varios volcanes tienen aberturas de fisuras radiales, que crean “cortinas de fuego” en varias partes de las grietas.(volcanpedia.com, s.f.)



*Figura 23.* Volcanes de fisura.

Fuente: (volcanpedia.com, s.f.)

## 11. Anillos y conos de toba

Los anillos de toba (tuff-ring) y los conos de toba (tuff-cone) son otros tipos de edificios monogenéticos de pequeñas dimensiones, originados en erupciones hidromagmáticas y de paredes más empinadas, formadas por acumulación de tobas con frecuentes estructuras planares o cruzadas y características huellas de impacto.(Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid), 2014)





*Figura 24.* Anillos y Conos de Toba.

Fuente: (Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid), 2014)

## 12. Cráter de explosión

Los volcanes tipo maar son cráteres de explosión que se forman como resultado de explosiones freatomagmáticas en las que existe una intensa interacción agua/magma. De acuerdo con Lorenz (1973), estos volcanes (maar) se agrupan en: maares sensu stricto (que exponen el sustrato rocoso pre-eruptivo), conos de tobas (con pendientes pronunciadas) y anillos de tobas (con pendientes suaves). La importancia de estos volcanes es que proporcionan información del subsuelo al muestrear niveles profundos en donde ocurre el encuentro de agua subterránea con un magma ascendente. Asimismo, muestran la evolución detallada (capa a capa) de cada uno de los eventos ocurridos durante el tiempo de su formación y destrucción, sus condiciones y procesos eruptivos involucrados. (Cruz 2015)



*Figura 25.* Cráter de explosión.

Fuente: (Cruz, 2015)

### 13. Volcán piroclástico en escudo

Aunque en estricta verdad, este tipo de volcán casi no tiene diferencia en cuanto al génesis, ni estructura de los arriba denominados, Volcán en Escudo y Cono Piroclástico, con el fin de respetar la clasificación abordada, es que se consigna esta figura. (Cruz 2015)



*Figura 26.* Volcán piroclástico en escudo.

Fuente: (Cruz, 2015)

### 14. Cono de lava

Con el mismo criterio utilizado en el anterior, es decir respecto por la clasificación abordada, se incluye la figura pertinente.(Promperu Oficia, 2011)



*Figura 27.* Cono de lava.

Fuente: (Promperu Oficia, 2011)

### 15. Volcán subglacial

Un volcán subglacial es un volcán que se encuentra, ya sea debajo de un glaciar en sí, o bajo el agua en un lago que se encuentra dentro de un glaciar. Estos volcanes son muy diferentes de los otros tipos; en términos de forma, ya que por lo general tienen lados escarpados y una parte superior plana. Debido a su proximidad a los glaciares, estos volcanes son más comunes en la Antártida e Islandia, aunque algunos volcanes más antiguos se encuentran en Canadá. Estos volcanes pueden ser muy hermosos debido a la nieve y el hielo, sin embargo, estas características los hacen de muy difícil acceso. (volcanpedia.com, s.f.)



Figura 28. Volcán subglacial.

Fuente: (volcanpedia.com, s.f.)

## **I. Factores Antropológicos.**

### *a) Cronología.*

#### 1. Cosmocronología

Bajo la premisa: *“La materia no se crea ni se destruye solo se transforma”* (Antoine-Laurent Lavoisier, 1785),(EcuRed, s.f.) plantea que el universo es eterno e infinito por lo que se debe entender que este no se creó, sino que hace aproximadamente 14 500 (Catorce mil quinientos) millones de años se produjo el Big Bang (Gran explosión) que dio inicio a las condiciones en las que actualmente se encuentra nuestro universo físico, es decir en etapa de expansión.(LOYO, 2014).

Para muchos autores la data citada significa la “Creación del Universo”, como por ejemplo George Gamow (AstroMía, s.f.) y muchos otros, que con sus respetables criterios consideran este proceso en función de la percibibilidad establecida por la finita mente humana, soslayando convenientemente lo estipulado en la parte inicial de este documento.

#### 2. Geocronología

En el umbral de los 4 650 millones de años (m.a.) se formó el planeta tierra, con un origen caótico, una geometría distinta a la actual, con una geodinámica interna y externa muy activa, con gran cantidad de emisiones y movimiento de material litosférico, que fue estabilizándose progresivamente, hasta que después de la formación del satélite natural conocida como Selene o Luna, que permite el desarrollo de la vida sobre nuestro planeta, se dio fin a la era o etapa azoica. Sin embargo, debe considerarse que aproximadamente el 95% de las especies que han poblado la Tierra, han desaparecido, por fenómenos de diferente etiología y época.

### 3. Antropocronología

Los antecesores del hombre moderno (homínidos), se ubican en un orden de alrededor de 8 millones de años, en su calidad de cazadores, pescadores y recolectores, tuvieron necesariamente por necesidades de abrigo y preparación de alimentos el uso del fuego, convirtiéndose este punto en el antecedente más antiguo en cuanto a emisiones gaseosas y los primeros esfuerzos de deforestación por actividad antropogénica, sin distinción de especie de homínido. Es importante destacar, que si bien es cierto conocemos de la existencia de estos homínidos precursores, por sus restos fosilizados, habitáculos y utensilios, no ha sido posible encontrar material genético que permita relacionarlo directamente con nuestra especie.

(Stoneking 2005)

Tabla 10. Cronología de homínidos.

| Especie                | Australopitecos | Homo Habilis   | Homo Ergaster   | Homo Erectus     | Homo Antecesor | Homo Neanderthalensis | Homo Sapiens    |
|------------------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------------|-----------------|
| Periodo                | 4,5 – 2 m.a.    | 2,5 – 1,4 m.a. | 1,9 – 1,25 m.a. | 2 – 0,3          | 0,8 – 0,35     | 0,23 – 0,0024         | 0,25 - presente |
| Estatura (m)           | 1 – 1,5 m       | 1 – 1,5 m      | 1,7 m           | 1,8 m            | 1,6 – 1,8 m    | 1,7 m                 | 1,5 – 1,85 m    |
| Peso (kg)              | 30 – 50 kg      | 30 – 55 kg     | 80 kg           | 60 kg            | 60 – 85 kg     | 69 – 90 kg            | 55 – 95 kg      |
| Capacidad Craneal (cc) | 300 – 500 cc    | 600 – 650 cc   | 800 cc          | 900-1100 cc      | 100 cc         | 1200 – 1800 cc        | 1000 – 1850 cc  |
| Zona Geográfica        | África          | África         | África          | África – Eurasia | Europa         | Europa - Asia         | Mundial         |

Fuente: (Barrera, 2017)

Hace 200 mil años y en función del análisis del ADN mitocondrial se verifica la existencia de la “Eva Ancestral”, es decir el tronco común del antecedente más antiguo del

*Homo sapiens sapiens* (nuestra especie), determinando como origen el continente africano. (Stoneking, 2005)

Es así que hace 150 mil años aproximadamente, el hombre inicio sus procesos migratorios, primero en dirección a la India y de allí a todo el resto del mundo progresivamente siendo los últimos en llegar a su lugar de ubicación, los habitantes de América del Sur.: (CABRERA HONORES & otros, 2015)



Figura 29. Cronología aproximada de las rutas migratorias del *Homo sapiens sapiens*.

Fuente: (CABRERA HONORES & otros, 2015)

Es necesario incidir en el hecho que nuestros congéneres, continuaron con uso del fuego para preparación de alimentos y abrigo, pero desde la perspectiva ecológica, un depredador por excelencia, aunque su efecto era de cierto nivel de equilibrio, en función del número de componentes o individuos de la especie y su condición de nómades.

Con la domesticación de especies vegetales y animales, (proceso agropecuario), se incentivan los procesos de pirolisis, desgaste de suelos, uso del fuego para deforestación y fertilización de áreas cultivables, así como ritos funerarios, con algunas excepciones.

La denominada “revolución industrial” hito generado por la invención de la máquina de vapor, dio inicio al consumo masivo de combustibles fósiles, iniciando con el carbón de

piedra y posteriormente la combustión de petróleo, que se mantiene hasta nuestros días dando como resultado contaminación con especial énfasis en el ecosistema artificial “Urbe” y responsabilizando este hecho como principal causante del denominado Cambio Climático – Calentamiento Global.

***La caída del Muro de Berlín, el derrumbe del Comunismo y liberación de los países detrás de la Cortina de Hierro.***

Entre el 09 y el 10 de noviembre de 1989, se dio la caída física del “Muro de Berlín”, como consecuencia del debilitamiento económico de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), expresado en la Perestroika de Mikhail Gorbachov que fue el inicio del fin del Comunismo y disolución de la URSS el 26 de diciembre de 1991, aunque algunos pretenden sesgar esta caída como la de la estatolatría y el verticalismo al cual se llegó en la época del estalinismo, fue absorbiendo todas las actividades económicas, políticas y sociales al grado de negar las democracias de individuos y países; a la vez de negar los principios hominales del marxismo, mismos que fueron desapareciendo hasta hacerse sentir en la práctica como loabsurdo en un régimen más interesado en el control y el poder social. (Pérez Piñon, 2013)

Desde el punto de vista político, social y económico, la desaparición de la mencionada URSS y la liberación política económica y social de los países detrás de la Cortina de Hierro (Albania, Bulgaria, Checoslovaquia, Hungría, Polonia, Rumania y Yugoslavia), significó en mérito a lo arriba expresado que estos países industrial y técnicamente desfasados en el tiempo, una profusa burocracia y la realidad que estos países con economías colapsadas por la dependencias de la URSS y además sin sustento político se vieron en la necesidad de buscar un nuevo “nicho ecológico” para ubicarse y tratar de salir de la complicada situación en que se encontraban sumidos.



Es así, que reconociendo la habilidad del *Homo sapiens sapiens*, se suscita un sorpresivo e inusitado interés sobre los aspectos ambientales, representado por el “Movimiento Verde” y la creación de innumerables Organizaciones no Gubernamentales (ONGs), en número que excede los 2 millones en la actualidad, siendo las que propician e incentivan el desarrollo de eventos ambientales “Cumbres” de carácter internacional y mundial. (One World South Asia, 2011)

Tal como se puede colegir del análisis de la cronología de eventos ambientales a nivel global, tomando como referencia la fecha del 09-10 de noviembre de 1989 según el siguiente detalle:

***Eventos ambientales antes y después de la caída del muro de Berlín***

*Tabla 11.* Eventos Ambientales de carácter ambiental mundial.

| Nº | Año  | Nombre   | Lugar           | Reporte  |
|----|------|--|-----------------|--|
| 1  | 1972 | Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano (CNUMAH) |                 | También conocida como Conferencia de Estocolmo.  |
| 2  | 1979 | Primera Conferencia Mundial sobre el Clima en Ginebra                  |                 | Por primera vez se consideró el cambio climático como una amenaza real para el planeta. La Conferencia adoptó una declaración que exhortaba a los gobiernos a prever y evitar los posibles cambios en el clima provocados por el hombre. |
| 3  | 1992 | Cumbre de la Tierra  | Rio de Janeiro  | Se establece la Convención Marco de las NU sobre Cambio Climático (CMCC) conocida luego como “la Convención”.  |
| 4  | 1995 | La primera Conferencia de las Partes (naciones) llamada COP 1.         | Berlín          | Se aprueba el presupuesto, el Secretariado y los mecanismos institucionales. El “Mandato de Berlín” establece una fase piloto hasta el año 2000. Segundo Reporte del IPCC.   |
| 5  | 1996 | COP 2  | Ginebra, Suiza. | Endorsan al IPCC2 y a los acuerdos de la COP1. La OPEP deja de oponerse a las acciones de la Convención.   |
| 6  | 1997 | COP 3  | Kioto, Japón.   | Se logra un acuerdo sobre el Protocolo de Kioto (PK), con que establece metas de reducción para países desarrollados (Anexo I) hasta 2012 y mecanismos de mercado para lograr esas   |



metas.

---

|    |      |           |                          |  |
|----|------|-----------|--------------------------|--|
| 7  | 1998 | COP 4     | Buenos Aires, Argentina. | Se acuerda un “Plan de Acción” para el seguimiento del PK, incluyendo los estímulos para la transferencia tecnológica.   |
| 8  | 1999 | COP 5     | Bonn, Alemania.          | No hay avances en los acuerdos sobre los mecanismos de Kioto.  |
| 9  | 2000 | COP 6     | La Haya, Holanda.        | Fracasan las negociaciones sobre los mecanismos de Kioto. La reunión es suspendida y se resuelve continuarla al año siguiente. Tercer Reporte del IPCC.  |
| 10 | 2001 | COP 6 Bis | Bonn, Alemania.          | Realizan acuerdos, en parte motivados por el rechazo definitivo de los EEUU al Protocolo de Kioto  |
| 11 | 2001 | COP 7     | Marrakech, Marruecos.    | En Johannesburgo, en Sur África, se reúne una segunda Cumbre Mundial sobre el Clima, llamada RIO+10  |
| 12 | 2002 | COP 8     | Nueva Delhi, India.      | Las negociaciones continúan sin lograrse la ratificación de Protocolo de Kioto y sin progreso evidente.  |
| 13 | 2003 | COP 9     | Milán, Italia            | Los aspectos básicos relacionados con el compromiso internacional sobre el CC permanecen sin avance. El Protocolo de Kioto continúa sin entrar en vigor  |
| 14 | 2004 | COP 10    | Buenos Aires, Argentina. | En esta COP se precisaron detalles inconclusos sobre la implementación del PK (Mecanismo de Desarrollo Limpio, uso de la tierra, mecanismos de reporte y contabilidad, etc).   |
| 15 | 2005 | COP 11    | Montreal, Canadá.        | Lo más importante de esta reunión fue el acuerdo de las Partes (excepto EUA y Australia) de continuar negociando futuros acuerdos de reducción de emisiones para cuando el PK expire en 2012.  |
| 16 | 2006 | COP 12    | Nairobi, Kenya.          | Se acordó un plan de cinco años para elaborar un programa de adaptación para países en desarrollo, así como procedimientos y modalidades para el Fondo de Adaptación.  |
| 17 | 2007 | COP 13    | Bali, Indonesia.         | Se aprueba el “Plan de Acción de Bali” que crea dos mecanismos paralelos, un grupo de negociación dentro del PK (AWG-KP) y otro grupo de negociación para la acción cooperativa dentro de la Convención (AWG.LCA) que impulsará y mejorará la implementación de los programas hasta 2012 y más allá. |

---

|    |      |        |                           |   |
|----|------|--------|---------------------------|---|
| 18 | 2008 | COP14  | Poznan,<br>Polonia.       | No llegaron a conclusiones en relación al rango de reducción en las emisiones y se comprometió a concluir antes de Copenhague. Después de la gran expectativa creada en torno a alcanzar un nuevo acuerdo, la reunión   |
| 19 | 2009 | COP15  | Copenhague,<br>Dinamarca. | concluye en un ruidoso fracaso. Un borrador de Declaración es preparado en el último minuto por un grupo de dirigentes de países industrializados, pero se queda sin aprobación por la COP.<br>No se intentó lograr ningún acuerdo global. Más bien se puso de manifiesto un cambio de estrategia hacia el enfoque de abajo hacia arriba. |
| 20 | 2010 | COP16  | Cancún,<br>México.        | Las partes adoptaron la llamada “Plataforma de Durban para la Acción Ampliada” (o intensificada)  |
| 21 | 2011 | COP17  | Durban, Sur<br>Africa.    | Se alcanzan acuerdos mínimos en un pliego llamado “Puerta Climática de Doha”. Se prorroga hasta 2020 la vigencia del PK.  |
| 22 | 2012 | COP18  | Doha, Qatar.              | Se acordó que las Partes tienen hasta el primer trimestre del 2015 para establecer sus cuotas de reducción de emisiones a partir del 2020.  |
| 23 | 2013 | COP 19 | Varsovia,<br>Polonia.     | COP20 en Lima, Perú. Se avanza en la implementación del REDD+, de los Planes Nacionales de Adaptación (PNA). En los aspectos medulares de la Convención no se logró mucho avance.   |
| 24 | 2014 | COP20  | Lima, Perú.               | Mediante el Acuerdo de París se contempla la limitación del aumento de la temperatura mundial a 2° C mediante la disminución de emisiones de GEI, provocadas por combustibles fósiles como el petróleo, gas y carbón, los cuales al quemarse liberan dióxido de carbono a la atmósfera (CO <sub>2</sub> ).                                |
| 25 | 2015 | COP 21 | París,<br>Francia.        | En esta reunión se adoptó un papel de trabajo para aplicar el Acuerdo de París y se aprobó una hoja de ruta que conduciría a las normas que guiarán al esencial acuerdo.  |
| 26 | 2016 | COP22  | Marrakech                 | Se avanza hacia los objetivos del Acuerdo de París  |
| 27 | 2017 | COP23  | Fiji-Bonn.                |   |

---

|    |      |       |                      |  |
|----|------|-------|----------------------|--|
| 28 | 2018 | COP24 | Katowice,<br>Polonia | La reunión será presidida por MichałKurtyka – Secretario de Estado en el Ministerio de Medio Ambiente. Esta será la tercera vez que Polonia sirva de escenario para estas importantes conferencias. Anteriormente lo había sido Poznań en 2008 para la COP14 y Varsovia en 2013 para la COP19. Además, Polonia presidió la COP5 que se celebró en Bonn, Alemania, en 1999. |
|----|------|-------|----------------------|--|

---

Fuente: (Vengoechea, 2012), (Gerendas-Kiss, 2019)

“Sumarnos a las regulaciones ecológicas y hacerlas cumplir, así como legislar favorablemente el cuidado de las reservas naturales que aún quedan después de las desmedidas explotaciones realizadas por los países industrializados hacia los países latinoamericanos, regular los contaminantes industriales y sobre todo tener cuidados con los cementerios de los desechos tóxicos .Lo anterior para reducir los problemas ecológicos de alcance mundial que están acabando con la capa de ozono y con los medios naturales, contribuyendo con ello al calentamiento de nuestro planeta.” (Giddens, 2000)

### **2.1.2. Antecedentes nacionales.**

En la mayor parte de los despachos ministeriales, relacionados con la producción, así como aspectos sociales y ambientales, se han creado oficinas a nivel de Direcciones Generales de “Cambio Climático”, supuestamente encargadas de monitorear y evaluar las “consecuencias” del Cambio Climático y sus efectos sobre el ámbito de su responsabilidad.

“Según expertos reunidos en Buenos Aires concluyeron que en el siglo XXI los cambios climáticos matarán más gente que en el Siglo XX, además los cambios climáticos matarán más gente que el terrorismo o las guerras. En las puertas de la décima cumbre Internacional de las Naciones Unidas sobre este fenómeno, se levantó un Arca de Noé tal como decía un anuncio “Si quiere salvarse súbase al arca”. La diferencia era que dicha arca, ubicada en la Avenida del Obeliscos de Buenos Aires, no nos salvaría de un diluvio según la Biblia, sino de un fenómeno actual contemporáneo que los entendidos denominan calentamiento global o efecto invernadero, hombre. Según los científicos la temperatura

terrestre se ha elevado en los últimos cien años de 0,8 a 2 grados centígrados. Con proyecciones menos optimistas se opina que de persistir la tendencia a finales del Siglo XXI tendremos un aumento de 4.5° centígrados”.(Mercado Cáceres, 2007).

La discusión continúa desde los años ochenta, si esta alza se debe a un proceso natural o es ocasionada por el hombre, terciando los que opinan que es por ambos que se acelera conforme el desarrollo industrial avanza. Estas opiniones aclararemos sabedores que la vida en la tierra es posible gracias a los gases de efecto invernadero que circulan en la atmósfera que retienen el calor de la radiación solar y producen una temperatura promedio de 15,6 grados centígrados impidiendo que nuestro planeta radica en que la emisión de estos gases el **dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, principalmente se ha incrementado desde el siglo pasado por efectos de la industrialización, quema de bosques, y el aumento desmedido de la población.** Con esta sobrecarga de gases el efecto invernadero por causas antropogénicas (Mano del hombre) provocan la elevación de la temperatura y la alteración del clima en el mundo.(Mercado Cáceres, 2007)

Por la expectativa respecto a la revisión del protocolo de Kioto en Copenhague el próximo diciembre 2009, da la impresión de que reduciendo las emisiones se evitará el desastre. Aunque nadie niega la importancia de este factor, el diagnóstico, como señala James Lovelock (2006), es parcial y especializado y se entra especialmente en las observaciones provenientes de las ciencias atmosféricas con participación de los oceanógrafos. Lovelock afirma que no se están tomando en cuenta factores importantes y menos su interrelación. Para él, el umbral ha sido ya traspasado y el proceso seguirá, independientemente del esfuerzo de los humanos. Que nada se sabe con certidumbre lo atestigua la suerte del pronóstico de la desaparición completa de los glaciares que se anticipaba, para dentro de los cincuenta años.(PRATEC - Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas., 2009)

## **2.2. Evidencia del Cambio Climático.**

En los últimos tiempos, se esgrime como evidencia contundente del Cambio Climático, que el planeta está experimentando un cambio en la temperatura global promedio, tomando como indicador el aumento de las temperaturas superficiales de la tierra así como la de los océanos y por ende el sistema combinado de ambos, es decir tierra – océanos.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

El periodo comprendido entre 1961 – 1990 tomado como referencia indica la tendencia a aumentar y determina que desde 1980 hasta el presente esto se hace evidente, con pequeños intervalos de disminución. Ahora, con referencia hasta el periodo 2005, el incremento en la temperatura global anual de la superficie del sistema combinado se ubica entre 0,58 a 0,62°C y determina una temperatura promedio de 13,9 °C.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Es de notar que las principales tendencias de incremento se verifican en el hemisferio norte, indicando disminución marcada en la capa polar ártica.

### **2.2.1. Hipótesis del Cambio Climático Global.**

El aumento de la temperatura global superficial promedio (anual) que se observa en la tierra tiene, en buena parte su origen en causas antropogénicas que resultan de las actividades de una sociedad humana industrializada. (\*) (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

El Calentamiento Global, en la actualidad se define como el calentamiento de la tierra, incluyendo dos elementos medulares:

#### **A. Intensificación del efecto invernadero.**

Tomando como referencia el siglo XVIII, es decir desde la denominada revolución industrial, se ha incrementado notablemente la existencia del CO<sub>2</sub> y otros gases en la atmósfera, lo que causa el calentamiento global.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

## **B. Destrucción de la capa de ozono.**

Otro de los efectos de la sociedad industrializada, es la contaminación atmosférica causada por el uso de aerosoles (clorofluorocarbonados), con efectos destructivos sobre la capa de ozono, cuyo papel es el de absorber la radiación ultravioleta proveniente del sol y proteger el desarrollo de la vida en el planeta.

En resumen, el calentamiento global acarrea graves consecuencias, aunque de manera gradual, con los siguientes efectos:

- Elevación del nivel de los mares
- Daños en las cosechas
- Hambre
- Cambios en los regímenes de lluvias
- Cambios en las poblaciones de plantas y animales.
- Efectos considerables en la salud y

Propagación de enfermedades infecciosas.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

### **2.2.2. Origen natural de los grandes cambios**

Los grandes cambios climáticos, se han producido en el planeta, desde su formación y desde antes de la existencia de los homínidos (8 millones de años [m.a.] aprox. Lo que trajo como consecuencia que el 95% de las especies que han poblado la Tierra, han desaparecido, por causas naturales

#### **A. Actividad solar**

Se entiende como actividad solar a los aspectos que incluyen la radiación normal que recibe nuestro planeta que abarca la luz necesaria para mantener la vida por la actividad fotosintética, a las llamaradas o manchas solares, que incrementan sensiblemente la cantidad de radiación solar que recibimos, en ciclos de aproximadamente 11 años. Aunque este último aspecto, tiene más repercusión electromagnética que térmica sobre el planeta.(Sinc, 2018)

## B. Geodinámica externa - Actividades volcánicas

Adicionalmente a lo aquí expresado, si tomamos en cuenta la existencia de 1555 volcanes a nivel mundial, distribuidos de la siguiente manera:

*Tabla 12. Volcanes distribuidos en el mundo.*

| N°           | Tipo de Volcán                | Cantidad    |
|--------------|-------------------------------|-------------|
| 1            | Estratovolcanes               | 731 (47%)   |
| 2            | Volcanes en escudo            | 171 (11%)   |
| 3            | Volcanes submarinos           | 126 (8%)    |
| 4            | Cono piroclástico             | 125         |
| 5            | Caldera                       | 98          |
| 6            | Campo volcánico               | 98          |
| 7            | Compuesto                     | 69          |
| 8            | Domo de lava                  | 52          |
| 9            | Maar                          | 21          |
| 10           | Respiradero de fisura         | 20          |
| 11           | Cono y anillo de toba         | 13          |
| 12           | Cráter de explosión           | 8           |
| 13           | Volcán piroclástico en escudo | 8           |
| 14           | Cono de lava                  | 6           |
| 15           | Subglacial                    | 6           |
| 16           | Desconocido                   | 3           |
| <b>Total</b> |                               | <b>1555</b> |

Fuente: (Barros R., 2015)

Mención especial merecen los volcanes submarinos, máxime si se considera que se desconoce el número total de estos a lo largo de las dorsales medio meso oceánicas que con una longitud promedio de 70 000 km, deben de incrementar sensiblemente la cantidad de los mencionados volcanes submarinos y por ende su efecto térmico sobre el balance de nuestro planeta y respecto de las emisiones de los denominados gases invernadero que puedan aportar. El siguiente aspecto a considerar es el de la actividad volcánica terrestre y submarina asociada a las Fosas Oceánicas.

Es necesario acotar que no podemos aseverar mediante guarismos ni cálculos exactos de las emisiones arriba mencionadas, como tampoco la cantidad de energía térmica entregada por estas fuentes e influir en el balance térmico del planeta, que sin embargo a todas luces no resulta nada despreciable.

### **C. Emanaciones de CO<sub>2</sub> por actividad volcánica.**

Tomando como base la muy estudiada erupción del Monte Santa Helena, que arrojó 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en nueve (09) horas, no teniéndose registros de cuantificación de emanaciones de CO<sub>2</sub> de otras erupciones volcánicas. (Radio ADN 97.9 FM - Rafaela, 2018)

### **D. Emanaciones de Metano**

Los pantanos o humedales naturales, actividad volcánica, y los escapes naturales de roca fragmentada, escape de este gas asociada a la acumulación de combustibles fósiles, incendios forestales, salida de hidratos de CH<sub>4</sub> del mar y salidas por derretimiento del “permafrost” son las principales fuentes naturales de producción de metano y su entrega a la atmósfera. (Rosen, 2019)

Estimándose que el aporte solo de los humedales (como principal fuente) es del orden de 110 a 260 Tg (Tg = 10<sup>12</sup> g) que se suma a la cantidad global de metano. Pero se ha acumulado también en la atmósfera durante siglos, por la agricultura, ventilación de minas, domesticación de animales y de otras actividades humanas.

En efecto, la concentración de CH<sub>4</sub> en la atmósfera se ha duplicado desde la época pre-industrial (antes ≈ 800 ppbv, ahora 1700 ppbv) (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Aunque su vida media y su abundancia es inferior a la del CO<sub>2</sub>, es un gas que preocupa a la comunidad científica porque existen enormes depósitos almacenados en el fondo de los océanos y el permafrost (la capa del suelo permanentemente congelado en las regiones más frías del planeta). El aumento de la temperatura del mar y la fusión de parte del



permafrost podría liberar a la atmósfera enormes cantidades de metano que dispararían el efecto invernadero.

Un kilogramo de metano liberado a la atmósfera tiene el mismo potencial de calentamiento que 25 kg de CO<sub>2</sub>. (Fuentes, 2019)

### **E. Radiación cósmica**

Aunque el origen de estas no está claro, se sabe que estas partículas subatómicas, se producen en el sol durante las erupciones solares, aunque estos rayos cósmicos son de baja energía, atribuyéndose al aporte de las grandes explosiones supernova y que los restos de dichas explosiones son potentes fuentes de radio, que conllevan la presencia de electrones de alta energía. Otro posible emisor de las mismas se atribuye a los “agujeros negros” tal como el descubierto en el 2007 en que se determinó que la mayor parte de los rayos cósmicos proviene de la cercana constelación Centaurus. (EcuRed, 2012)

### **F. Caída de meteoritos**

La superficie de nuestro planeta, presenta evidencias que indican numerosas caídas de meteoritos, desde material fino, es decir partículas de muy poco diámetro (sedimentos cósmicos) que se produce cuando material de mucho mayor tamaño se desintegra al entrar en contacto con nuestra atmósfera, hasta asteroides de varios km. de diámetro, como el que impactó nuestro planeta hace 66 m.a. y ocasionó la desaparición de los dinosaurios, por opacamiento de la atmósfera al suspender materiales, que lo sumieron en un “invierno cósmico” que se estima duró alrededor de 100 años, señalando el inicio de la era de los mamíferos, que lograron adaptarse a este brusco cambio climático. (Nieves, 2017)

### **G. Calor entregado desde el interior de la tierra.**

Si se toma en cuenta la teoría de las “Plumas del Manto” que ratifica el modelo de “Tectónica de placas”, que explica el movimiento de las placas tectónicas que conforman la litósfera terrestre, que en número de 15 para las principales y 42 para las secundarias y un

número mayor para las microplacas, constituyen la litósfera terrestre, son impulsadas por el fenómeno de acreción que implica la formación de nueva corteza oceánica, pero modifica lo propuesto por la ascensión de material astenosférico en las zonas del Rift oceánico ubicado en los ejes de las dorsales Medio o Meso oceánicas, para desaparecer en las zonas de subducción relacionadas las fosas oceánicas, causantes de la mayoría de los sismos en el planeta y tanto las dorsales como las fosas oceánicas están asociadas también a una gran actividad volcánica, que en conjunto representan una contundente cantidad de energía térmica entregada a la masa marina.

Este último aspecto, ahora se ve modificado por la adición del modelo de las “Plumas del manto”, que niegan la existencia de la astenósfera, pero explican el movimiento de la Corteza terrestre, así como los aspectos relacionados a la entrega de calor desde el interior de la tierra. (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

### **2.2.3. Causas antropogénicas**

#### **A. Uso de combustibles fósiles**

Casi desde la aparición de los homínidos en el planeta, el uso del fuego para preparación de alimentos y abrigo, representaron los primeros aportes de gases invernadero, posteriormente, con la aparición del *Homo sapiens sapiens* hace 200 000 (doscientos mil ) años aprox. en el continente africano y su subsecuente distribución por el resto de los continentes, se generalizó el uso de combustibles de origen vegetal (tala) hasta alcanzar el hito de la “Revolución industrial” representado por la invención de la máquina de vapor, propiciando la pirolisis de combustibles fósiles (carbón mineral o hulla), para luego pasar al consumo masivo de petróleo, actividad que se mantiene hasta nuestros días, propiciando la emisión masiva de los denominados gases invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  además de otros de naturaleza contaminante, tales como el  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) entre otros subproductos, como elementos

perturbadores de la composición atmosférica y por ende causantes del denominado Cambio climático Calentamiento global.(Educ.ar, s.f.)

La concentración registrada por el Instituto Scripps de Oceanografía durante el mes de abril de 2018 sitúa el promedio de dióxido de carbono en la atmósfera en 410,31 partes por millón (ppm). “Antes del inicio de la Revolución Industrial, los niveles de CO<sub>2</sub> habían fluctuado durante milenios, pero nunca habían excedido 300 ppm en ningún punto en los últimos 800.000 años”, detallan los expertos de Scripps. (Pablo Ramos, 2018)

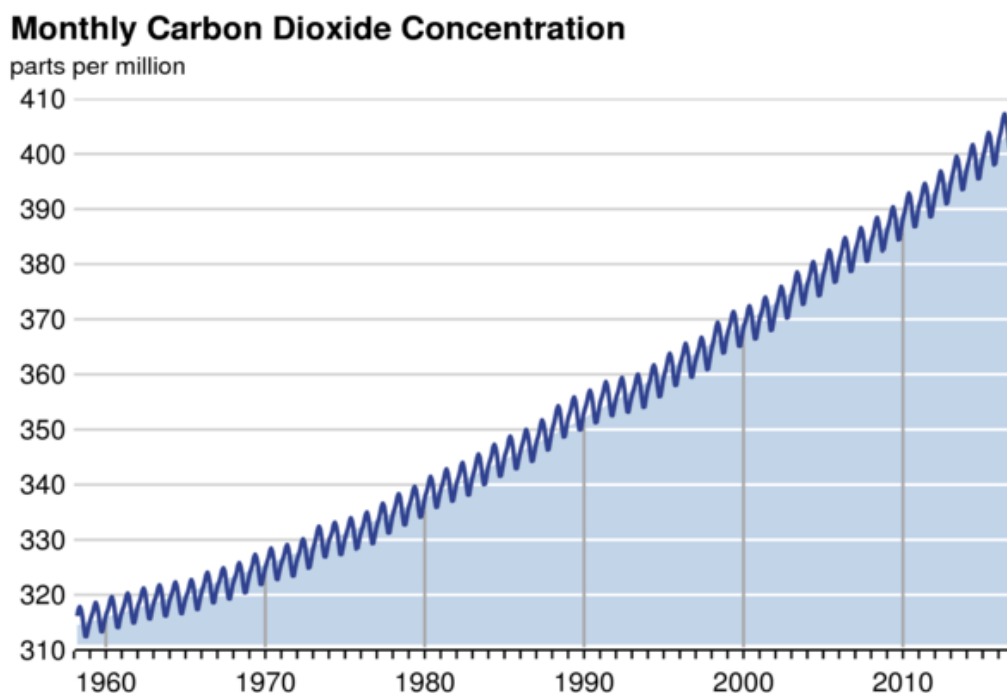


Figura 30. Concentración de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).

Fuente: (Pablo Ramos, 2018)

#### Aumento del Dióxido de Carbono por uso de combustibles fósiles

Estos altos niveles de contaminación tienen una explicación muy sencilla según los investigadores del programa. “Seguimos quemando combustibles fósiles. El dióxido de carbono se acumula en el aire. Es tan simple como eso”, el geoquímico Ralph Keeling, director del programa Scripps CO<sub>2</sub>.(Pablo Ramos, 2018)

Resulta necesario indicar que colateralmente se tiene la contaminación de cuerpos receptores naturales como el Océano, ríos y lagos como receptores de los efluentes producto de la actividad industrial.

Finalmente, la producción y falta de manejo apropiado de los residuos sólidos producidos por actividad antropogénica, con especial énfasis en el ecosistema artificial “Urbe” y su elevado nivel industrial que además de lo anterior contaminan los suelos.

### **B. Uso de Clorofluorocarbonados (CFC)**

El uso de aerosoles de este tipo, de extendido uso industrial, con múltiples aplicaciones en refrigeración, producción de alimentos, cosméticos, solventes industriales y otros, se usaron indiscriminadamente hasta 1982, en que se descubrió que destruían la capa de ozono, luego se restringió aún más su uso a partir de 1995 y más estrictamente a partir del 2008 al prohibirse su uso con fines refrigerantes. En la actualidad su uso está restringido a procesos que contemplan su reciclado y almacenado.

Otra de las características negativas de los CFC es que poseen acción de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático. (Eliot, 2019)

En la actualidad su uso ha sido reemplazado por los Hidrofluorocarbonados (HFC), que si bien es cierto, no destruyen la capa de ozono, si se les considera como aportantes a los gases de efecto invernadero, estimándose que del total de emanaciones de estos gases representan el 3% en los EE.UU.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

### **C. Producción de metano**

El metano se produce en condiciones de anaerobiosis (ausencia de O<sub>2</sub>) dicho de otra manera cuando las cosas muertas se descomponen sin mucho oxígeno alrededor.

Sin embargo el día de hoy, las actividades humanas producen alrededor de la mitad de todas las emisiones de metano. Las fugas de las operaciones de combustibles fósiles son una gran fuente, al igual que la agricultura, en particular la cría de ganado, que produce metano

en sus entrañas. Incluso los montones de residuos que se pudren en los vertederos producen el gas.(Rosen, 2019)

Las fuentes de producción de metano, por actividad antrópica, son:

1. Agricultura y rumiantes
2. Cultivo de arroz
3. Quema de biomasa
4. Rellenos sanitarios
5. Basura
6. Energía
7. Otros (en menor proporción)

Geográficamente, (la distribución de metano) presenta un gradiente de 150 ppb de polo a polo, lo que indica que las grandes emisiones están en el hemisferio norte.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Mención especial merece el enfoque del artículo “(Fuentes, 2019): el mito de que las vacas están matando el planeta”. Donde se analiza el proceso de “fermentación entérica” que realizan los rumiantes, en su proceso digestivo. Estos se eliminan mediante el sistema respiratorio (exhalaciones) y no por flatulencias, en contra de la creencia popular.

Hoy en día hemos aumentado la población bovina hasta los 1 500 millones de ejemplares para satisfacer nuestras demandas de carne y productos lácteos.

Una vaca expulsa unos 200 g. de metano al día y eso equivale a 5 kg en unidades de CO<sub>2</sub>. Esto supone que según datos de la FAO, cada año todas las vacas del planeta liberan a la atmósfera 100 millones de t de metano que tienen el mismo efecto que 2 500 millones de t (en unidades de CO<sub>2</sub>) asociados a la construcción y mantenimiento de las granjas, el transporte de los animales, al empleo de abonos para forraje, etc. (Fuentes, 2019)

#### **D. Uso de la energía atómica**

El uso de la energía atómica, que en la actualidad se encuentra en desarrollo, según la perspectiva de los conservacionistas, provee vapor de agua como factor de incremento del efecto invernadero. En realidad su uso no representa cuantitativamente un serio riesgo para el cambio climático-calentamiento global, restringiendo su riesgo a escapes de radiactividad focalizados o de grandes áreas involucradas en la difusión de radiactividad, con efectos inmediatos sobre la biota de estos lugares y las poblaciones humanas sometidas a su acción, tales como el accidente nuclear de Chernóbil el 26 de abril de 1986 y la central nuclear japonesa de Fukushima el 11 de marzo del 2011. Adicionalmente, estudios realizados en las Islas Marshall, indican que durante la “Guerra Fría” se efectuaron detonaciones de artefactos nucleares, razón por la cual en la actualidad, en la Isla Bikini, se registran valores de radiactividad superiores a los eventos antes mencionados, en el orden de 648 milirem / año valor muy superior al nivel de seguridad fijado en 100 milirem/ año.(El Comercio, 2019)

#### **2.2.4. Calentamiento global**

El forzamiento radiativo o forzamiento solar sobre la atmósfera, debe ser apropiadamente interpretado para tratar de entender los cambios climáticos en el planeta Tierra.

Por lo tanto, todos los fenómenos físicos y químicos significativos son causados por la radiación solar incidente, que queda determinada por la constante solar:

$$S= 1365 \text{ vatios/m}^2$$

De cuyo análisis se puede colegir que es la cantidad de radiación solar incidente por unidad de área, la cual es medida alrededor de los 18 000 metros de altura (borde exterior de la tropósfera). Sin embargo, esta cantidad en estricta verdad no es constante, pues intervienen los ya mencionados fenómenos como las manchas o tormentas solares, que hacen variar el valor en rango de 1365 a 1373 vatios/m<sup>2</sup>.

En resumen, la fenomenología producida depende de la sinergia entre la radiación solar y los componentes de la atmósfera.

Se puede esquematizar esto de la siguiente manera:

La siguiente Tabla indica la temperatura que requiere un cuerpo negro para que la radiación emitida tenga pico, según la región del campo electromagnético. El símbolo  $\lambda$  indica la longitud de onda de la radiación.

Tabla 13. Longitud de onda.

| Región       | $\lambda(\text{cm})$                  | Energía (eV)     | T (K)                           |
|--------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| Radio        | $>10$                                 | $< 10^{-5}$      | $< 0,03$                        |
| Microondas   | $10- 0,01$                            | $10^{-5} - 0,01$ | $0,03 -30$                      |
| Infrarrojo   | $0,01- 7 \times 10^{-5}$              | $0,01 - 2$       | $30 - 4100$                     |
| Visible      | $7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$ | $2-3$            | $4100 - 7300$                   |
| Ultravioleta | $4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$          | $3 - 10^3$       | $7300 - 3 \times 10^6$          |
| Rayos X      | $10^{-7} - 10^{-9}$                   | $10^3 - 10^5$    | $3 \times 10^6 - 3 \times 10^8$ |
| Rayos Gamma  | $<10^{-9}$                            | $>10^5$          | $>3 \times 10^8$                |

Fuente: (Radiation Laws, s.f.)

La tierra recibe radiación magnética originada por el sol, consistente en radiación visible, acompañada de los infrarrojos (IR) y del ultravioleta (UV), según se muestra en la siguiente figura:

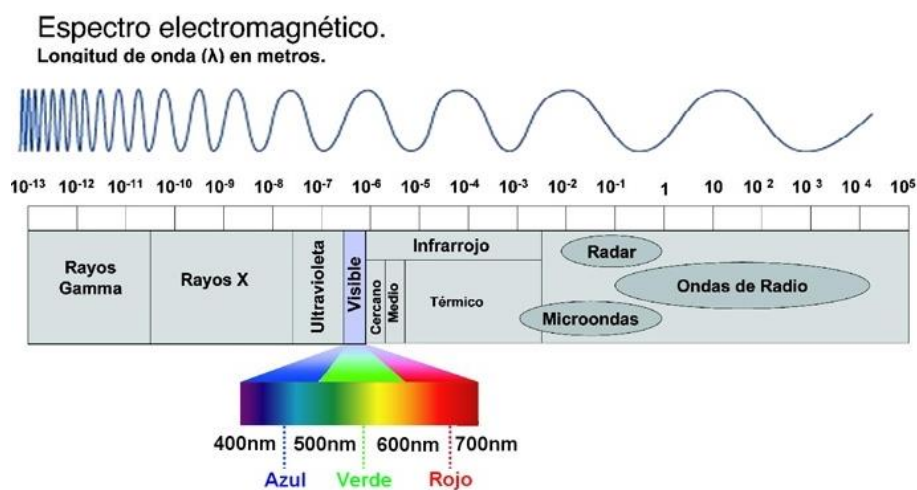


Figura 31. Espectro electromagnético.

Fuente: (Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP)

Si se toma en cuenta que la longitud de onda de la energía incidentes muy corta, una gran parte de ella pasa a través de la atmósfera y alcanza la superficie de la tierra.

Esta absorbe la energía solar y la remite a la atmósfera como radiación infrarroja, la cual se conoce como radiación térmica o calor.

Una fracción de la radiación térmica sale al espacio u otra parte es absorbida por los ciertos gases que forman parte de la atmósfera (gases invernadero: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, entre otros).

Los gases invernadero devuelven la energía a la superficie de la Tierra y se produce así un proceso de calentamiento con el nombre de Efecto Invernadero.

El siglo XVIII, con el invento de la máquina de vapor se generó la “Revolución industrial” determinando un acentuado cambio en la actividad humana representado por la industria, fábricas, vehículos, entre otros, vio incrementado severamente el uso de combustibles fósiles, contribuyendo de esta manera a aumentar la presencia de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, lo que trae como correlato un efecto invernadero más significativo que el ocasionado por los fenómenos naturales antes consignados. Este calentamiento de la Tierra debido a la actividad antrópica se denomina Calentamiento global.

El calentamiento de la tierra influye en el sistema climático de la Tierra y puede inducir un Cambio Climático.

Para estos efectos, resulta necesario definir los siguientes conceptos:

- a) El efecto invernadero
- b) El calentamiento global

#### **A. Efecto invernadero**

Cualquier objeto, con vidrios, con algunos objetos en su interior, cerrado, sometido a la acción solar, tendrá como efecto inmediato, que la temperatura interior será mucho mayor que la del entorno. (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)



La explicación será que los vidrios, al ser permeables, simplemente dejan pasar la radiación solar de onda corta, la cual al incidir sobre los objetos del interior, incrementan su longitud de onda y se reemiten como radiación infrarroja, a la que los vidrios son menos permeables o transparentes, lo que ocasiona que en el interior se acumula calor, hasta que la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, mediante el proceso de convección equilibre la temperatura del interior unos grados por encima de la del exterior del objeto. (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

En la siguiente figura se aprecia la situación planteada y donde  $\eta_1$  y  $\eta_2$  son coeficientes aplicables ( $\eta_1 > \eta_2$ ):

$$E_2 = n_1 E_1, \quad E_1 = \text{Radiación incidente} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$E_4 = n_2 E_3, \quad E_4 = \text{Radiación reemitida} \quad (\text{Ecuación 2})$$

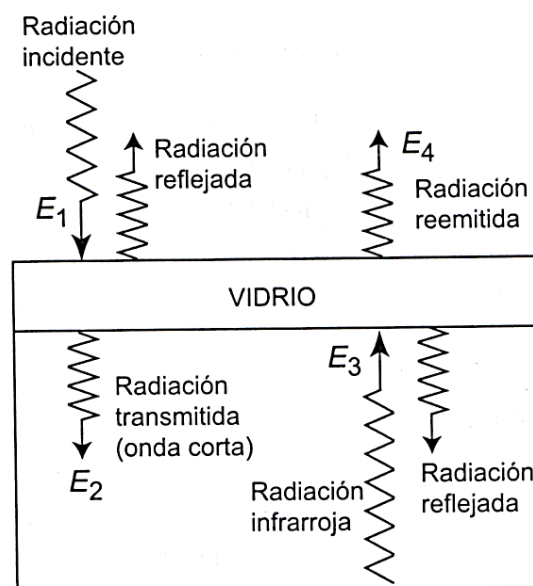


Figura 32. Relación entre la energía incidente y la energía reemitida.

Fuente: (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Esta situación conocida como “Efecto Invernadero”, es el que permite producir plantas como frutas y hortalizas, así como mantener plantas tropicales durante el invierno en zonas templadas, y en el caso del Perú, en los valles interandinos, puesto que el diferencial de

temperatura es lo suficientemente elevado como para permitir el funcionamiento de los procesos biológicos implicados.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Este efecto benéfico de los denominados gases invernadero, se ve desde la perspectiva de algunos científicos y específicamente por acción antrópica, se ve intensificado, debido a que tienen la propiedad de absorber radiación térmica emitida por la superficie de la Tierra. Porque al igual que el vidrio son transparentes a la radiación visible del espectro solar, pero no para la reflejada como rayos infrarrojos desde la superficie de la Tierra.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007).

### **B. El calentamiento global**

Tal como se estableció al inicio del presente trabajo, se debe entender el calentamiento global como la modificación de los patrones y parámetros térmicos, tomando como indicador la elevación de la temperatura media del planeta en alrededor de  $0,76^{\circ}$  C en un periodo de 100 años,

#### **2.2.5. Consecuencias del calentamiento global**

Las consecuencias del fenómeno que nos ocupa, se pueden resumir de la siguiente manera:

a) Deshielo de los glaciares. La glacióloga Twila Moon, del Centro Nacional de Datos de Hielo y Nieve de la Universidad de Colorado en Boulder (Estados Unidos), afirma en un artículo publicado en la revista Science que los glaciares de todo el mundo están desapareciendo y que el derretimiento del hielo contribuye a aumentar el nivel del mar, lo que puede causar el desplazamiento de millones de personas.

b) Sequía. El aumento de la temperatura es el responsable de la escasez de lluvias y la sequía. La sequía supone la degradación de zonas áridas, semiáridas o subhúmedas secas como consecuencia de cambios en el clima y de la actividad humana. En España el año 2017 fue uno de los más secos desde 1965, ya que las precipitaciones fueron inferiores a otros años

en un 20%. En África la situación es muy grave. En el año 2009 en el Cuerno de África se produjo una de las mayores sequías de la historia y más de dos millones de personas tuvieron que abandonar sus casas en la capital de Somalia (Mogadiscio). La hambruna produjo la muerte de 250.000 personas.

c) Desaparición de especies animales y vegetales. El deshielo de los glaciares y el aumento de la temperatura afectan a numerosas especies de animales y plantas, especialmente al oso polar, que ve disminuir su hábitat y desaparecer su forma de vida.

d) Inundaciones. El aumento del nivel del mar y la subida de la temperatura suponen un incremento de las precipitaciones en determinados lugares, en los que se producen inundaciones. Muchas ciudades costeras en todo el mundo se encuentran en planicies situadas bajo el nivel del mar, por lo que el riesgo de inundaciones es alto.

e) Efectos sobre la agricultura y en la ganadería. El aumento de la temperatura y la sequía pueden afectar gravemente a la agricultura y a la ganadería y producir escasez de alimentos.

f) Incendios forestales. Suponen un peligro no solo para los animales y las plantas, sino también para el ser humano, debido a la liberación de dióxido de carbono.

g) Consecuencias para la salud. La contaminación del aire que se deriva del calentamiento global puede producir consecuencias adversas en nuestra salud como problemas respiratorios o infecciones. (UNHCR - ACNUR, 2018)

### **2.2.6. Aspectos termodinámicos oceanográficos**

Para el desarrollo de este tópico, tomaremos los siguientes aspectos:

#### **A. Interacción Océano – Atmósfera**

Con una profundidad media de unos 3 800 metros el océano representa sobre el globo, en relación con su tamaño una delgada película líquida cuyo espesor es igual al 0,00059 del radio terrestre, pero que sin embargo ejerce una gran influencia sobre los fenómenos

atmosféricos, debido a la cantidad de energía en forma de calor y de la cantidad de agua que en forma de vapor entrega a la atmósfera.

Dicho de otra manera y en síntesis, las formas de transferencia de energía de los océanos a la atmósfera son, según su importancia: la radiación del Sol, la evaporación, el intercambio de energía térmica por calentamiento o enfriamiento del aire y el intercambio de energía mecánica provocado por las presiones y los vientos de la atmósfera.

Fuente: (Panzarini, 1984)

#### 1) Grandes Corrientes Oceánicas

Estas grandes corrientes oceánicas, son de carácter permanente, que desplazan enormes cantidades de agua, debido a las diferencias de densidad en superficie, mantenidas por los procesos termodinámicos, a la dilución por precipitación, escurrimiento, aporte fluvial, condensación de vapor de agua en la superficie y fusión del hielo. Concentración por evaporación o formación de hielo.

El efecto Coriolis que motiva su desvío hacia la derecha en el hemisferio norte y a la izquierda en el hemisferio sur, así como los accidentes geográficos, determinan el movimiento que tiene como origen los procesos arriba mencionados, que no penetra más allá de lo 500 m de profundidad y alcanzan una velocidad de desplazamiento de 200 cm/s.

Estas funcionan como verdaderas cintas transportadoras, que permiten la regulación térmica del planeta, llevando calor a las zonas frías y restándolo de las cálidas.

#### 2) Corrientes formadas por intercambio de calor desde el interior de la Tierra.

La acción de entrega de calor por parte de las dorsales medio o meso oceánicas, y la actividad volcánica asociadas a ellas, con especial énfasis en el Pacífico Central y Sur, suministran ingentes cantidades de calor y son la causa más probable de las denominadas Ondas Kelvin, asociadas a las perturbaciones que sufren en diferentes grados las costas del

Pacífico, California y Australia Occidental, la cuantificación de esta energía, se encuentra en estudio y en un plazo prudencial se podrá determinar.

Fuente: (Panzarini, 1984)

### 3) Cambios en el nivel medio del mar

A estas variaciones del nivel del mar, conocidas como *EUSTATICAS*, tienen como causa principal los alternados procesos de regresión y transgresión glaciárica, es decir la presencia de eras glaciares, interglaciares y deglaciación.

En menor grado ejercen influencia los procesos orogénicos, asociados a la acción de la Tectónica de Placas.

Estas variaciones a lo largo del tiempo, han representado variaciones del orden de los 100 a 200 m, haciendo variar sensiblemente la superficie continental inundada, empero han ocurrido en épocas anteriores a la presencia del hombre y posteriormente se le asocia con el tan famoso “Diluvio Universal”.

Fuente:(Le Pichon & Pautot, 1987)

### **B. Acidificación del agua de mar**

Normalmente, el agua de mar es alcalina, es decir que el valor de su pH, se ubica entre 7,6 a 8,4 UpH con los mayores valores en la superficie o cerca de ella, debido a los procesos de mezcla. En la actualidad, se estima que el pH del agua marina superficial, se ha reducido en 0,1 UpH, que por ser expresión logarítmica, equivale a una concentración del orden del 30%

Esta situación es atribuible al incremento del CO<sub>2</sub>, pues este reacciona químicamente con el agua y se disocia en ion carbonato y bicarbonato, que da como consecuencia una reacción ácida.

Los indicadores biológicos de esta circunstancia, por ejemplo están representados por la desaparición de formaciones coralíferas, a las dificultades que sufren algunos organismos

para la formación de sus valvas o conchas, por el incremento de las floraciones de medusas, que constituyen una seria amenaza para las principales pesquerías en el mundo.

Fuente: (Panzarini, 1984)

### **C. Impacto en las regiones polares**

Debido al incremento de la temperatura, se registra una seria merma en la cubierta glacial del casquete polar del hemisferio norte, estimándose una pérdida de entre el 30 al 40% de capa de hielo, sin embargo investigaciones recientes, indican que una situación opuesta se verifica en la Antártida, en que la cubierta de hielo se ha incrementado, ocasionando además el desprendimiento de enormes Icebergs, algunos del tamaño del departamento de Lima, pero principalmente orientados hacia el Océano Atlántico.

Es necesario recordar, que la “Corriente Peruana” tiene su origen en la denominada “Convergencia Antártica” ubicada entre los paralelos 50° - 60° de Latitud Sur y es uno de los factores que asociado al fenómeno de “Surgencia”, “Afloramiento” o “Up Welling” en nuestras costas, determinan que nuestro mar aunque fuertemente depredado, sea la máxima expresión del denominado fenómeno “Costa Occidental” y por ende el mar más rico del mundo.

Fuente: Propia

### **D. Efectos sobre el paisaje**

Este tópico contempla necesariamente la no insoslayable actividad antropogénica, en primer lugar, debido a la gran explosión demográfica que sufrimos en la actualidad, teniendo como expresión la creación del ecosistema artificial “Urbe” y graficada en las Megalópolis que abundan en nuestro planeta, con todos sus problemas asociados.

La industrialización, la minería y principalmente la intervención y la tala indiscriminada en bosques primarios, que convierten áreas naturales en páramos desolados e inservibles para cualquier otra actividad y su correlato de desaparición de especies biológicas,

estimándose que en la actualidad el hombre hace desaparecer una especie biológica cada semana y media, lo que supone una “sucesión ecológica” de circunstancias imprevisibles.

### **E. Evolución glacial**

Se opta por conveniente separar este acápite, debido a que reviste singular importancia el hecho que nos encontramos prácticamente en el final de un periodo Interglacial (la última terminó hace 12 000 años aproximadamente, aunque existió una pequeña era glacial en el Siglo XIII, circunscrita a Europa y con especial énfasis en las Islas Británicas).

Por lo tanto se debe considerar que antes que un calentamiento, en el corto plazo enfrentaremos una Era Glacial, aunque debe considerarse que por la distribución continental del hemisferio norte, sus efectos serían mucho más marcados, que en nuestro hemisferio que se denomina “Hemisferio Oceánico” dada la mayor superficie oceánica que lo cubre y que funcionaría como un catalizador de esta situación.

Un hecho a considerar está representado por los inviernos más fríos, que están soportando la zona norte de EE.UU. y países europeos, en donde se han registrado nevadas, en ciudades tales como Roma y Venecia, por citar solo dos ejemplos que resultan apropiados para respaldar lo aquí acotado.

### 2.3. Marco Conceptual

La variable “**Análisis de Factores**”. Los factores que inciden en el Cambio Climático son los siguientes:

Factores naturales, sobre los cuales el hombre no tiene capacidad de control o decisión y tiene como indicadores:

1. Actividad Solar
2. Actividad Volcánica continental y submarina.
3. Salida de metano por deshielo y escape marino.
4. Incendios forestales
5. Entrega de calor desde el interior del planeta.
6. Caída de material cósmico.

Factores Antrópicos, sobre los cuales tiene responsabilidad de producción el ser humano, cuyos indicadores son:

1. Uso de combustibles fósiles.
2. Destrucción de la capa de Ozono por clorofluorcarbonados
3. Producción de metano por actividad agropecuaria.
4. Deforestación de bosque primario (tala ilegal)
5. Reemplazo de Bosque primario por ecosistema Ager.
6. Uso de energía atómica.

La variable “**Cambio Climático**”, tomando como dimensión el Calentamiento Global y tiene como indicadores:

1. Incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y su correlato térmico

### 2.4. Aspectos de responsabilidad social y ambiental

Enriqueciendo el debate del cambio climático, en el sentido que es insoslayable indicar que la actividad antrópica inevitablemente ocasiona impactos de naturaleza negativa a las condiciones naturales del medio en la Tierra.

No obstante este hecho, resulta exagerado, aseverar que el Cambio Climático – Calentamiento Global, sea responsabilidad de nuestra especie como factor determinante, no propiciando por ello prácticas ambientalmente negativas, propiciando de esta manera, la



adopción de buenas prácticas ambientales, basadas en la educación, propiciando de esta manera políticas integrales de protección, con respecto a la disposición adecuada de residuos sólidos, destacando en este aspecto, el control y la disminución de producción de plásticos (productos derivados del petróleo y otras fuentes), protección de biota, sobre todo en lo que respecta a la tala de los bosques primarios, con la consiguiente merma en las especies que habitan los diferentes doseles de estos ecosistemas, regulación más estricta en lo que a pesquería mundial se refiere.

***La caída del Muro de Berlín (derrubamiento), el derrumbe del Comunismo y liberación de los países detrás de la Cortina de Hierro.***

Entre el 09 y el 10 de noviembre de 1989, se dio la caída física del “Muro de Berlín”, como consecuencia del debilitamiento económico de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), expresado en la Perestroika de Mikhail Gorbachov que fue el inicio del fin del Comunismo y disolución de la URSS el 26 de diciembre de 1991, aunque algunos pretenden sesgar esta caída como la de la estatolatría y el verticalismo al cual se llegó en la época del estalinismo, fue absorbiendo todas las actividades económicas, políticas y sociales al grado de negar las democracias de individuos y países; a la vez de negar los principios hominales del marxismo, mismos que fueron desapareciendo hasta hacerse sentir en la práctica como lo absurdo en un régimen más interesado en el control y el poder social. (Pérez Piñon, 2013)

Desde el punto de vista político, social y económico, la desaparición de la mencionada URSS y la liberación política económica y social de los países detrás de la Cortina de Hierro (Albania, Bulgaria, Checoslovaquia, Hungría, Polonia, Rumania y Yugoslavia), significó en mérito a lo arriba expresado que estos países industrial y técnicamente desfasados en el tiempo, una profusa burocracia y la realidad que estos países con economías colapsadas por la dependencias de la URSS y además sin sustento político se

vieron en la necesidad de buscar un nuevo “nicho ecológico” para ubicarse y tratar de salir de la complicada situación en que se encontraban sumidos.

Es así, que reconociendo la habilidad del *Homo sapiens sapiens*, se suscita un sorpresivo e inusitado interés sobre los aspectos ambientales, representado por el “Movimiento Verde” y la creación de innumerables Organizaciones no Gubernamentales (ONGs), que en número que excede los 2 millones en la actualidad, siendo las que propician e incentivan el desarrollo de eventos ambientales “Cumbres” de carácter internacional y mundial.(One World South Asia, 2011).

### **III. Método**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación se basa en el método descriptivo, deductivo y aplicativo, usando información de carácter secundario, es decir revisión bibliográfica e información científica disponible, dado que los aspectos involucrados y asociados a los ciclos geológicos – oceanográficos, en la escala de tiempo, son de extrema extensión en comparación al limitado ciclo vital humano, además considerando el desarrollo tecnológico como aspecto adicional representativo, se han realizado los cálculos pertinentes en lo que a radiación solar y emisiones gaseosas de carácter antrópico se refiere, específicamente usando ecuaciones de carácter termodinámico para la primera y ecuaciones estequiométricas para la determinación de las segundas, involucra periodos de investigación más prolongados. Esto para el análisis de los factores que inciden en el denominado Cambio Climático – Calentamiento Global, diferenciándolos por su origen, natural y antropogénico, llevando a cálculo solo de las variables.

Por otro lado, los aspectos sociales y políticos asociados a la presente investigación, solo se priorizan los referidos a Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), principalmente, en los que prevalecen los aspectos subjetivos y sin sustento científico consolidado.

#### **3.2. Población y muestra**

El trabajo desarrollado a través de la investigación es de carácter global e involucra a la totalidad de la población mundial y el planeta en su integridad, pues ese es el sentido del denominado “Cambio Climático – Calentamiento Global”

### 3.3. Hipótesis

#### 3.3.1. Hipótesis General

Los factores naturales y los antropogénicos inciden significativamente en el Cambio Climático.

#### 3.3.2. Hipótesis Específicas

Hipótesis N° 1

Los factores naturales inciden significativamente en el Cambio Climático.

Hipótesis N° 2

Los factores antropogénicos inciden significativamente en el Cambio Climático.

### 3.4. Operacionalización de variables

Operacionalización de las variables

#### ANÁLISIS DE LOS FACTORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO: NATURALES Y ANTROPICOS

| Variables                          | Dimensiones          | Indicadores  |
|------------------------------------|----------------------|--|
| Análisis de Factores Independiente | Factores Naturales   | Luz Solar<br>Vapor de agua (Evaporación y Evapotranspiración)<br>Actividad volcánica<br>Incendios forestales<br>Calor entregado desde el interior de la tierra<br>Caída de material cósmico                |
|                                    | Factores Antrópicos  | Uso de combustibles fósiles<br>Emisiones de metano por actividad agropecuaria<br>Producción de vapor de agua<br>Incendios forestales inducidos<br>Uso de clorofluorocarbonados *<br>Uso de energía atómica |
| Cambio Climático Dependiente       | Calentamiento Global | Incremento de CO <sub>2</sub><br>Deglaciación continental y polar<br>Sequías<br>Incendios forestales<br>Incremento en el nivel del mar   |

### 3.5. Instrumentos

Recopilación de la información disponible, tales como libros de texto y especializados, tesis de doctorado, artículos científicos en revistas e internet, publicación periodística de noticias y artículos.

Uso de modelos y constantes matemáticas para la determinación de la incidencia y explosiones solares.

Uso de software Excel para cálculos con modelos matemáticos aplicados a los cálculos estequiométricos para la combustión de origen antrópico y de la medición puntual de la erupción del Monte Santa Helena.

### 3.6. Procedimientos

- ✓ Análisis de información disponible en el sentido de la determinación de las dimensiones y sus indicadores.
- ✓ Cálculos para la determinación de la incidencia de la luz solar sobre el planeta y las implicancias y efectos de las denominadas tormentas o explosiones solares.
- ✓ Cuantificación volumétrica de la emanación de CO<sub>2</sub> por la erupción del Monte Santa Helena.
- ✓ Cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> y vapor de agua a partir de la combustión de combustibles fósiles, usando como base las estadísticas de consumo mundial, usando como referencia años pico (máximo consumo).

### 3.7. Análisis de datos

#### 3.7.1. Factores naturales

##### A. Análisis de la actividad de la Radiación Solar

Partiendo de la constante de Incidencia solar  $S = 1365 \text{ vatios/m}^2$ , en condiciones de normalidad de actividad solar, y de  $1373 \text{ vatios/m}^2$ , en condiciones de tormentas solares, se realizan los cálculos que nos ubican en el rango de  $6,2^\circ \text{ C}$  ó  $279,4 \text{ K}$ , sin embargo el

promedio de la temperatura real es de aproximadamente 15° C ó 288 K.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

### **B. Análisis de las emanaciones de CO<sub>2</sub> Natural**

Las fuentes naturales que emiten CO<sub>2</sub>, son diversas y van desde la respiración de los seres vivos (animales y plantas), descomposición de cadáveres por vía del proceso de putrefacción (Aerobiosis) y de fermentación o digestión (Anaerobiosis), el intercambio gaseoso Océano – Atmosfera, actividad volcánica y los incendios forestales, estos últimos de naturaleza variable, en función del cambio del tiempo meteorológico y su correlato e incidencia climática.

Con respecto a las erupciones o explosiones volcánicas, estos aspectos, resultan prácticamente imposibles de calcular, máxime si se toma como referencia que existen solo datos aislados, imposibles de extrapolar, dadas las peculiaridades de cada episodio de erupción o explosión volcánica, por ejemplo: La erupción del Monte Santa Helena (1980) arrojó a la atmósfera 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en 09 (nueve) horas(Radio ADN 97.9 FM - Rafaela, 2018), la erupción del Monte Pinatubo (1991) emitió a la atmósfera un número no determinado de millones de toneladas de CO<sub>2</sub>(CHEMA TIERRA, 2014), aunque menor que la que causó la explosión del Volcán “Krakatoa” (1883) y en los últimos tiempos la explosión o “AnakKrakatau” (2018)(BBC News Mundo, 2018), con emanaciones no cuantificadas, a lo que se suman los volcanes de Islandia, como unos de los grupos más peligrosos del mundo.(Martín, 2012)

### **C. Análisis de las emanaciones de Metano de origen Natural**

Si se considera que la mayor cantidad de metano del planeta, se encuentra en las profundidades marinas, en forma de hidratos, tampoco es posible calcularlas y su liberación, solo podría darse por efecto del calentamiento causado por emisión térmica desde el interior de la tierra, en el fondo marino, los pantanos o humedales naturales, actividad volcánica y los

escapes naturales de roca fragmentada, escapes de este gas asociada a la acumulación de combustibles fósiles, incendios forestales, salidas por derretimiento del “permafrost”, sin que por ello intervenga la actividad antrópica, es decir por condiciones naturales. (Rosen, 2019)

#### **D. Análisis de la producción natural del Vapor de Agua**

El vapor de agua producido naturalmente, es decir, entregado a la atmósfera, se realiza principalmente desde la superficie oceánica, en menor proporción desde los cuerpos de aguas continentales y menor aun por el proceso de evapotranspiración de bosques naturales y respiración de animales silvestres.

El vapor de agua enfocado como gas invernadero, no es un indicador en cuya implicancia el hombre pueda influir, teniéndose su desigual distribución, asociada a la temperatura, ubicación geográfica y estacionalidad.

Los cálculos resultan aplicables solo parcialmente, máxime si se toma en cuenta que el factor de medición es el de la humedad absoluta, que puede expresarse como  $\text{g/m}^3$  de aire, que tiene un máximo de  $4 \text{ g/m}^3$  como valor de saturación en ambientes muy húmedos, hasta  $0 \text{ g/m}^3$  en ambientes extremos, tales como zonas desérticas o el interior del Continente Antártico. (J. Flores, s.f.)

#### **E. Análisis del Calor entregado desde el Interior de la Tierra**

En las consideraciones del calor entregado desde el interior de la tierra, en función de la actividad tectónica, es decir los focos relacionados a las “Dorsales medio o Meso Oceánicas”, el papel de las “Fosas Oceánicas” y la acción de las “Plumas mantélicas”, que se explican por los siguientes aspectos: a) El núcleo guarda calor desde el momento de formación de la Tierra. Su composición hace que sea muy conductivo y, además, esté en convección. Este calor lo va liberando de forma progresiva al Manto. b) La desintegración de elementos radiactivos en el Manto ( $\text{U}235$ ,  $\text{U}238$ ,  $\text{Th}232$  y  $\text{K}40$ ), produce calor que se libera de forma gradual. (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

Por otra parte se tienen las fuentes provenientes de la actividad volcánica Continental, en forma de salida de magma y geotermia (Calentamiento de masas de agua subterránea), que tiene, entre otros como su más grande foco, el grupo más activo de volcanes del planeta en Islandia, donde se han sumado los efectos de la existencia de la Dorsal Medio-Meso Oceánica Atlántica la de un “Punto caliente” lo que hacen imposible por el momento calcular este aspecto, que sin embargo debe ser tomado en cuenta, según lo permitan las investigaciones para la determinación del Balance Térmico.(Martín, 2012).

Dicho de otra manera, no es posible calcular de manera aceptable, la emisión térmica desde el interior de nuestro planeta.

### 3.7.2. Factores antrópicos

#### A. Análisis Estequiométrico de la Combustión de Carbón e Hidrocarburos por acción antrópica

Estos cálculos, están basados en las ecuaciones estequiométricas que se citan a continuación:

Formación de dióxido de carbono



Formación del monóxido de carbono



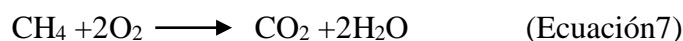
Formación de vapor de agua



Formación de dióxido de azufre

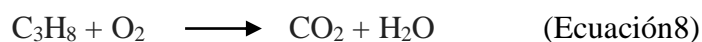


Combustión del Metano



Combustión del Propano





Combustión del Butano



Para la determinación de los productos de la emisión gaseosa por combustión de origen antrópico, se hace necesario contar con la composición técnica del aire, según el siguiente detalle:

#### **Peso molecular promedio del aire:**

Se considera al aire compuesto de 21% de  $\text{O}_2$  y 79% de  $\text{N}_2$  determinar el peso de 1 mol-kg.

*Tabla 14. Composición del aire – Volumen.*

| Aire                         | % en Volumen |     | % en Peso    |        | P.M. |
|------------------------------|--------------|-----|--------------|--------|------|
|                              | Real         | Uso | Real         | Uso    |      |
| Nitrógeno                    | 78,03%       | 79% | 75,45%       | 76,80% | 28   |
| Oxígeno                      | 20,99%       | 21% | 23,20%       | 23,20% | 32   |
| Argón                        | 0,94%        | 0   | 1,30%        | 0      | 40   |
| CO <sub>2</sub>              | 0,03%        | 0   | 0,05%        | 0      | 44   |
| Otros                        | 0,01%        | 0   | despreciable | 0      |      |
| Peso Molecular ( kg/mol - k) |              |     | 28,967%      | 29%    |      |

Fuente: (Terry Calderón, 1991)

#### **B. Análisis de las emanaciones de Metano de origen Antrópico**

Las múltiples fuentes, que por acción antrópica emiten metano, hacen impracticable realizar cálculos ni siquiera cercanos a una estimación de la realidad, sin embargo si tomamos en cuenta un solo aspecto, tal como el de la actividad agropecuaria, nos da una idea de los extremos a lo que podemos llegar y confirmar lo aquí acotado:

Una vaca expulsa unos 200 g. de metano al día y eso equivale a 5 kg en unidades de CO<sub>2</sub>. Esto supone que según datos de la FAO, cada año todas las vacas del planeta liberan a la atmósfera 100 t de metano que tienen el mismo efecto que 2 500 millones (en unidades de CO<sub>2</sub>) asociados a la construcción y mantenimiento de las granjas, el transporte de los animales, al empleo de abonos para forraje, etc. (Fuentes, 2019)

### **C. Análisis del vapor de agua producido por actividad antrópica (doméstico e industrial)**

Usando las ecuaciones estequiométricas empleadas para el cálculo de la combustión de origen antrópico, es posible cuantificar de manera aproximada, la emisión de vapor de agua del mismo origen, de manera global.

### **D. Uso de la energía atómica**

Si bien es cierto, que el cálculo de este indicador, resultaría necesario para establecer la importancia de su empleo, no es posible realizarlo, por algunos factores, tales como: el secretismo involucrado en la Seguridad Nacional, la alternancia en el funcionamiento de estas instalaciones debido a desastres de origen natural, como el de Fukushima en Japón y anteriormente Chernobyl por error o causa antrópica, entre otros aspectos que hacen imposible alcanzar cálculos referenciales.

## IV. Resultados

### 4.1. Contrastación de Hipótesis

#### 4.1.1. Hipótesis General

Los factores naturales y los antropogénicos inciden significativamente en el Cambio Climático.

#### 4.1.2. Hipótesis Específicas

##### Hipótesis Específica N° 1

Los factores naturales inciden significativamente en el Cambio Climático.

Esta fenomenología, se cumple por los siguientes factores naturales:

##### *a) Actividad solar*

La actividad solar se refiere a la radiación normal que recibe nuestro planeta, que abarca la luz necesaria para mantener la vida por la actividad fotosintética, a las llamaradas o manchas solares, que incrementan sensiblemente la cantidad de radiación solar que recibimos, en ciclos aproximados de once (11) años. (Sinc, 2018)

Si se toma como constante solar  $S = 1\,367$  vatios /m<sup>2</sup>

Los cálculos indican que si no existiera la atmósfera, la temperatura de equilibrio de la Tierra sería de 15°C (entendiéndose esto también como la temperatura promedio de la superficie terrestre).

Por la cantidad de energía reflejada por las nubes, aerosoles y atmósfera, ( $\approx 77$  vatios/m<sup>2</sup>) y por la superficie de la tierra definen el albedo ( $\approx 31\%$ )

Si se duplica el contenido de CO<sub>2</sub> el incremento de temperatura ( $\Delta T_t \approx 1,2$  K) y con ajustes de modelo se alcanza  $\Delta T_t \approx 3 - 4$  K (  $-270,15$  a  $-269,15$  °C), (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Como conclusión del análisis, se tiene como base 15°C como temperatura promedio superficial del planeta, correlacionado con la duplicación del contenido de CO<sub>2</sub> en la

atmósfera, solo se tendría un incremento( $\Delta T_i$ ) aproximado ( $\approx$ ) de 1.2 K, lo que representa un valor no significativo en el incremento térmico.

*b) Geodinámica externa - Actividades volcánicas*

Con un inventario de 1555 volcanes (preliminar) (Barros R., 2015) a nivel mundial, se sabe, mediante la geocronología, que en diferentes periodos, iniciados aproximadamente 4 600 m. a. la actividad volcánica ha sido el factor geodinámico externo que más ha influido en la evolución del planeta, con periodos intermitentes de incremento en su actividad (Historia y biografías, 2015), (Bhatt, 1978), tal y como lo demuestran la Teoría de la Deriva Continental, el Modelo de Renovación del Fondo Oceánico, el Modelo de Tectónica de Placas (Le Pichon & Pautot, 1987) y últimamente los estudios de las denominadas Plumas del Manto, que refutan la existencia de la astenósfera (capa de roca fluida del Manto superior), (Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.) a lo que se suma la información de emisiones de las erupciones de los volcanes Santa Helena con 10 millones de toneladas (Radio ADN 97.9 FM - Rafaela, 2018) y Pinatubo con gran cantidad, aunque no determinada de millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, pero menor que las emitidas por los volcanes Krakatoa (1883) y el hijo del Krakatoa “Anak Krakatau” (2018 (BBC News Mundo, 2018) son indicadores significativos, para considerar los volcanes como uno de los actores importantes de los cambios en nuestro planeta. Así mismo confirman que durante la separación del Gran Supercontinente Pangea, en Gondwana y Laurasia, iniciados hace 200 m.a. estuvieron asociados a una gran actividad tectónica y por ende volcánica, con las consiguientes emisiones de CO<sub>2</sub>(Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

En conclusión, de acuerdo a la información presentada, sin lograr su cuantificación, la actividad tectónica y volcánica submarina y continental revelan que son factores significativos respecto del Cambio Climático – Calentamiento Global.

### *c) Emanaciones de Metano*

Los pantanos o humedales naturales, actividad volcánica y los escapes naturales de roca fragmentada, escape de este gas asociada a la acumulación de combustibles fósiles, incendios forestales, salida de hidratos de CH<sub>4</sub> del mar y salidas por derretimiento del “permafrost” son las principales fuentes naturales de producción de metano y su entrega a la atmósfera. (Rosen, 2019)

Aunque su vida media y su abundancia es inferior a la del CO<sub>2</sub>, es un gas que preocupa a la comunidad científica porque existen enormes depósitos almacenados en el fondo de los océanos y el permafrost (la capa del suelo permanentemente congelado en las regiones más frías del planeta). El aumento de la temperatura del mar y la fusión de parte del permafrost podría liberar a la atmósfera enormes cantidades de metano que dispararían el efecto invernadero.

Un kilogramo de metano liberado a la atmósfera tiene el mismo potencial de calentamiento que 25 kg de CO<sub>2</sub>. (Fuentes, 2019)

En este factor, aunque potencial y significativamente peligroso, en caso de liberarse masivamente, no es posible cuantificarlo.

### *d) Radiación cósmica*

Aunque el origen de estas no está claro, se sabe que estas partículas subatómicas, se producen en el sol durante las erupciones solares, aunque estos rayos cósmicos son de baja energía, atribuyéndose al aporte de las grandes explosiones supernova y que los restos de dichas explosiones son potentes fuentes de radio, que conllevan la presencia de electrones de alta energía. Otro posible emisor de las mismas se atribuye a los “agujeros negros” tal como el descubierto en el 2007 en que se determinó que la mayor parte de los rayos cósmicos proviene de la cercana constelación Centaurus. (EcuRed, 2012)

Su correlación con el fenómeno estudiado, indica que no tiene ningún efecto a considerar.

*e) Caída de meteoritos*

La superficie de nuestro planeta, presenta evidencias que indican numerosas caídas de meteoritos, desde material fino, es decir partículas de muy poco diámetro (sedimentos cósmicos) que se produce cuando material de mucho mayor tamaño se desintegra al entrar en contacto con nuestra atmósfera, hasta asteroides de varios km. de diámetro, como el que impactó nuestro planeta hace 66 m.a. y ocasionó la desaparición de los dinosaurios, por opacamiento de la atmósfera al suspender materiales, que lo sumieron en un “invierno cósmico” que se estima duró alrededor de 100 años, señalando el inicio de la era de los mamíferos, que lograron adaptarse a este brusco cambio climático. (Nieves, 2017)

Sin pretender minimizar el alto nivel de riesgo que involucra este factor, su eventual ocurrencia, no puede ser cuantificada para efectos del presente trabajo.

*f) Calor entregado desde el interior de la tierra*

Si se toma en cuenta la teoría de las “Plumas del Manto” que ratifica el modelo de “Tectónica de placas”, que explica el movimiento de las placas tectónicas que conforman la litósfera terrestre, que en número de 15 para las principales y 42 para las secundarias y un número mayor para las microplacas, constituyen la litósfera terrestre, son impulsadas por el fenómeno de acreción que implica la formación de nueva corteza oceánica, pero modifica lo propuesto por la ascensión de material astenosférico en las zonas del Rift oceánico ubicado en los ejes de las dorsales Medio o Meso oceánicas, para desaparecer en las zonas de subducción relacionadas las fosas oceánicas, causantes de la mayoría de los sismos en el planeta y tanto las dorsales como las fosas oceánicas están asociadas también a una gran actividad volcánica, que en conjunto representan una contundente cantidad de energía térmica entregada a la masa marina.

Este último aspecto, ahora se ve modificado por la adición del modelo de las “Plumas del manto”, que niegan la existencia de la astenósfera, pero explican el movimiento de la Corteza terrestre, así como los aspectos relacionados a la entrega de calor desde el interior de la tierra.

(Ministerio de Educación - Gobierno de España;, s.f.)

Si se toma en cuenta, la longitud de las dorsales medio o meso oceánicas (70 000 km) a los que se suman los “Puntos Calientes” sin ser posible determinar la cantidad de energía que entrega el interior del planeta, resulta un factor significativo para el denominado Calentamiento Global.

### **Hipótesis Específica N° 2**

Los factores antropogénicos inciden significativamente en el Cambio Climático.

#### *a) Uso de combustibles fósiles*

Casi desde la aparición de los homínidos en el planeta, el uso del fuego para preparación de alimentos y abrigo, representaron los primeros aportes de gases invernadero, posteriormente, con la aparición del *Homo sapiens sapiens* hace 200 000 (doscientos mil ) años aprox. en el continente africano y su subsecuente distribución por el resto de los continentes, se generalizó el uso de combustibles de origen vegetal (tala) hasta alcanzar el hito de la “Revolución industrial” representado por la invención de la máquina de vapor, propiciando la pirolisis de combustibles fósiles (carbón mineral o hulla), para luego pasar al consumo masivo de petróleo, actividad que se mantiene hasta nuestros días, propiciando la emisión masiva de los denominados gases invernadero ( $\text{CO}_2$  ,  $\text{CH}_4$  además de otros de naturaleza contaminante, tales como el  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) entre otros subproductos, como elementos perturbadores de la composición atmosférica y por ende causantes del denominado Cambio climático Calentamiento global. (Educ.ar, s.f.)

La concentración registrada por el Instituto Scripps de Oceanografía durante el mes de abril de 2018 sitúa el promedio de dióxido de carbono en la atmósfera en 410,31 partes por

millón (ppm). “Antes del inicio de la Revolución Industrial, los niveles de CO<sub>2</sub> habían fluctuado durante milenios, pero nunca habían excedido 300 ppm en ningún punto en los últimos 800.000 años”, detallan los expertos de Scripps. (Pablo Ramos, 2018)

En conclusión, los cálculos estequiométricos realizados y el balance de masa – volumen incluido en el presente trabajo arrojan 343,1309 ppm, de CO<sub>2</sub>, lo cual difiere de las apreciaciones y eventuales cuantificaciones realizadas por algunas instituciones.

#### *b) Uso de Clorofluorocarbonados (CFC)*

El uso de aerosoles de este tipo, de extendido uso industrial, con múltiples aplicaciones en refrigeración, producción de alimentos, cosméticos, solventes industriales y otros, se usaron indiscriminadamente hasta 1982, en que se descubrió que destruían la capa de ozono, luego se restringió aún más su uso a partir de 1995 y más estrictamente a partir del 2008 al prohibirse su uso con fines refrigerantes. En la actualidad su uso está restringido a procesos que contemplan su reciclado y almacenado.

Otra de las características negativas de los CFC es que poseen acción de efecto invernadero, contribuyendo al cambio climático. (Eliot, 2019)

En la actualidad su uso ha sido reemplazado por los Hidrofluorocarbonados (HFC), que si bien es cierto, no destruyen la capa de ozono, si se les considera como aportantes a los gases de efecto invernadero, estimándose que del total de emanaciones de estos gases representan el 3% en los EE.UU. (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

En la actualidad, este factor dejó de ser significativo, para efectos del presente enfoque, habida cuenta que su uso ha quedado excluido a nivel mundial.

#### *c) Producción de Metano*

El metano se produce en condiciones de anaerobiosis (ausencia de O<sub>2</sub>) dicho de otra manera cuando las cosas muertas se descomponen sin mucho oxígeno alrededor.



Sin embargo el día de hoy, las actividades humanas producen alrededor de la mitad de todas las emisiones de metano. Las fugas de las operaciones de combustibles fósiles son una gran fuente, al igual que la agricultura, en particular la cría de ganado, que produce metano en sus entrañas. Incluso los montones de residuos que se pudren en los vertederos producen el gas.(Rosen, 2019)

Las fuentes de producción de metano, por actividad antrópica, son:

1. Agricultura y rumiantes
2. Cultivo de arroz
3. Quema de biomasa
4. Rellenos sanitarios
5. Basura
6. Energía
7. Otros (en menor proporción)

Geográficamente, (la distribución de metano) presenta un gradiente de 150 ppb de polo a polo, lo que indica que las grandes emisiones están en el hemisferio norte.(Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

Mención especial merece el enfoque del artículo “(Fuentes, 2019): el mito de que las vacas están matando el planeta”. Donde se analiza el proceso de “fermentación entérica” que realizan los rumiantes, en su proceso digestivo. Estos se eliminan mediante el sistema respiratorio (exhalaciones) y no por flatulencias, en contra de la creencia popular.

Hoy en día hemos aumentado la población bovina hasta los 1 500 millones de ejemplares para satisfacer nuestras demandas de carne y productos lácteos.

Una vaca expulsa unos 200 g. de metano al día y eso equivale a 5 kg en unidades de CO<sub>2</sub>. Esto supone que según datos de la FAO, cada año todas las vacas del planeta liberan a la atmósfera 100 millones de t de metano que tienen el mismo efecto que 2 500 millones de t

(en unidades de CO<sub>2</sub>) asociados a la construcción y mantenimiento de las granjas, el transporte de los animales, al empleo de abonos para forraje, etc. (Fuentes, 2019)

En relación de este monto y relacionándolo con los datos obtenidos en el análisis estequiométrico, a la fecha, estos guarismos resultan poco significativos a efectos prácticos.

#### *d) Uso de la Energía Atómica*

El uso de la energía atómica, que en la actualidad se encuentra en desarrollo, según la perspectiva de los conservacionistas, provee vapor de agua como factor de incremento del efecto invernadero. En realidad su uso no representa cuantitativamente un serio riesgo para el cambio climático-calentamiento global, restringiendo su riesgo a escapes de radiactividad focalizados o de grandes áreas involucradas en la difusión de radiactividad, con efectos inmediatos sobre la biota de estos lugares y las poblaciones humanas sometidas a su acción, tales como el accidente nuclear de Chernóbil el 26 de abril de 1986 y la central nuclear japonesa de Fukushima el 11 de marzo del 2011. Adicionalmente, estudios realizados en las Islas Marshall, indican que durante la “Guerra Fría” se efectuaron detonaciones de artefactos nucleares, razón por la cual en la actualidad, en la Isla Bikini, se registran valores de radiactividad superiores a los eventos antes mencionados, en el orden de 648 milirem / año valor muy superior al nivel de seguridad fijado en 100 milirem/ año. (El Comercio, 2019)

Si bien es cierto, representa una amenaza a la existencia de la vida en el planeta, este aspecto de actividad antrópica, a la fecha no tiene valor cuantificable ni significativo para el análisis del fenómeno que nos ocupa.

## **4.2. Análisis e interpretación**

### **4.2.1. Factores naturales**

#### **A. Análisis de la Radiación Solar**

Si la atmósfera no existiese

Preliminarmente si analizamos la ecuación:

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (\text{Ecuación 10})$$

Nos indica que una fracción  $\alpha$  de la radiación es absorbida, otra fracción  $\rho$  es reflejada y una fracción  $\tau$  es transmitida.

Por lo tanto si  $\tau = 0$ , estamos hablando de un cuerpo opaco o negro que es aquel que no refleja luz  $\rho = 0$  y  $\tau = 0$ , es decir que absorbe toda la radiación que recibe y por ende  $\alpha = 1$ .

Esto deberá tenerse en cuenta para poder estimar el valor de la temperatura promedio de la Tierra, si se comportara como un cuerpo negro.

Si definimos que un cuerpo negro, con temperatura  $T$ , conserva su equilibrio termodinámico, se hace necesario que reciba y emita energía a igual velocidad.

Aplicando el concepto de radiancia  $R(T)$ , con la siguiente definición:

La radiancia de un cuerpo a temperatura  $T$  es la energía total (en todas las direcciones) que la superficie del cuerpo emite por unidad de área en la unidad de tiempo y se expresa en: vatio/m<sup>2</sup>.

Acorde con la Ley de Stefan - Boltzmann del cuerpo negro, la radiancia es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura:

$$R(T) = \sigma T^4 \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde  $\sigma$  es una constante universal, con el valor:

$$\sigma = 5,6704 \times 10^{-8} \frac{\text{vatio}}{\text{k}^4\text{m}^2} ; 1 \text{ vatio} = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Esta ley se puede ahora emplear para estimar el valor de la temperatura de la Tierra, asumiendo que el Sol y la Tierra se comportan como cuerpos negros, e introduciendo los siguientes parámetros:

- $R_s$ = radio del sol
- $T_s$ = temperatura del sol en su superficie
- $R_t$ = radio de la Tierra
- $T_t$ = temperatura promedio de la Tierra en su superficie

➤  $D$  = distancia promedio del Sol a la Tierra.

Tomando como base la Ley de Stefan - Boltzmann y dadas las características de la superficie del Sol, la energía radiada por el Sol en la unidad de tiempo es:

$$E_s = (4\pi R_s^2)(\sigma T_s^4) \quad (\text{Ecuación 13})$$

La cantidad energía que llega a la tierra en la unidad de tiempo

$$E_t = \frac{4\pi R_s^2}{4\pi D^2} E_s \quad (\text{Ecuación 14})$$

La Tierra debe emitir la misma cantidad de energía que recibe

$$E_t = (4\pi R_t^2)(\sigma T_t^4) \quad (\text{Ecuación 15})$$

De la combinación de las fórmulas anteriores,

$$T_t = \sqrt{\frac{R_s}{2D}} T_s \quad (\text{Ecuación 16})$$

Introduciendo valores, se tiene

$$T_t = \sqrt{\frac{6,96 \times 10^8 \text{m}}{2 \times 1,5 \times 10^{11} \text{m}}} (5800 \text{ K}) \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$= 279,4 \text{ K} = 6,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Debe notarse que la temperatura promedio real de la Tierra, alcanza los  $15^\circ\text{C}$  es decir 288 K aproximadamente, lo que hace evidente el efecto invernadero, que se basa en la circunstancia que la atmósfera es transparente a la luz visible, pero atrapa la longitud de onda infrarroja.

Aplicando la Ley de desplazamiento de Wien, al sol y a la Tierra, se tiene:

$$\lambda_m^{\text{visible}} T_s = \lambda_m^{\text{infrarrojo}} T_t = \text{constante}; \quad (\text{Ecuación 18})$$

Por ejemplo

$$(5 \times 10^{-7} \text{m})(5800 \text{ K}) \approx (1 \times 10^{-5} \text{m})(288 \text{ K}) \quad (\text{Ecuación 19})$$

Tomando la fórmula de Planck, para un cuerpo negro, que expresa la densidad de la energía de la radiación electromagnética ( $ch$  y  $k$ ) son la velocidad de la luz, la constante de Planck y la constante de Boltzmann:

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi ch}{\lambda^5} \frac{1}{\exp(ch/(kT\lambda)) - 1} \quad (\text{Ecuación 20})$$

Lo que nos indica que la radiación del Sol, se ubica en el rango de longitud de onda visible, mientras que la de la Tierra está en el rango del infrarrojo.

Efecto de la existencia de la atmósfera

Del análisis del acápite anterior, se puede colegir que de no existir la atmósfera, la temperatura de equilibrio de la Tierra sería de  $15^\circ\text{C}$ .

Para analizar la temperatura de la Tierra, en primer lugar se le debe considerar como un cuerpo gris, con coeficiente ( $\epsilon$ ) de emisión y absorción,  $S$  la constante solar o sea la cantidad de flujo de radiación solar que incide verticalmente en el plano circular de idéntico diámetro que el de la Tierra y situado en el tope exterior de la atmósfera, según lo cual se puede establecer el balance de energía en la superficie de la Tierra, según la ecuación:

$$\frac{S}{4} + \epsilon\sigma T_\alpha^4 = \alpha \frac{S}{4} + \sigma T_t^4 \quad (\text{Ecuación 21})$$

Si se toma como constante solar  $S = 1\,367$  vatios/ $\text{m}^2$  tendremos  $S/4 \approx 342$  vatios/ $\text{m}^2$  como la cantidad de radiación solar medida en la parte superior de la atmósfera.

Ahora, la cantidad de energía reflejada por las nubes, aerosoles y atmósfera ( $\approx 77$  vatios  $\text{m}^2$ ) y por la superficie de la tierra ( $\approx 30$  vatios  $\text{m}^2$ ) definen el albedo de la Tierra ( $\approx 31\%$ )

Balance de Energía en la atmósfera

$$\epsilon\sigma T_t^4 = 2\epsilon\sigma T_\alpha^4 \quad (\text{Ecuación 22})$$

De donde se tiene:

$$T_t = \sqrt[4]{\frac{S}{\sigma} \times \frac{1-a}{1-\epsilon/2}} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Como consecuencia de lo expresado, se tiene que la temperatura  $T_\alpha$  de la atmósfera y la temperatura  $T_t$  de la superficie de la Tierra, se relacionan por la expresión:

$$T_\alpha = \frac{1}{\sqrt[4]{2}} T_t \approx 0,8409 T_t \quad (\text{Ecuación 24})$$

$$T_t = 288K, \quad T_\alpha = 242.18K$$

$$T_t(C^\circ) = T_t(K) - 273.16 (K) \approx -31^\circ C.$$

$$T_t^4 = \frac{(1-a)S}{\sigma(1-\epsilon/2)} > \frac{(1-a)S}{\sigma} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Efecto de la duplicación del  $CO_2$

Si se toman como constantes los valores de la radiación solar incidente ( $S$ ) y de la atmósfera ( $a$ ), la modificación de la temperatura de la superficie de la Tierra ( $\epsilon$ ) se relaciona de la siguiente manera:

$$dT_t/d\epsilon \quad (\text{Ecuación 26})$$

Y combinándola con la ecuación de la temperatura de la superficie de la Tierra ( $T_t$ ) nos da:

$$\sigma T_t^4 (1 - \epsilon/2) = S(1 - a) \quad (\text{Ecuación 27})$$

Como forma de expresión de  $S$ , se tiene:

$$\frac{dT_t}{d\epsilon} = \frac{1}{2} \frac{S}{\sigma} \frac{1}{4T_t^3} \frac{1-a}{(1-\epsilon/2)^2} \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$= \frac{T_t(\sigma T_t^4/2)}{4\sigma T_t^4(1-\epsilon/2)} = \frac{T_t(\sigma T_t^4/2)}{4S(1-a)} \quad (\text{Ecuación 29})$$

Ahora, si tomamos  $T_\alpha$  se tiene:

$$\frac{1}{2}T_t^4 = T_a^4, \quad (\text{Ecuación 30})$$

Por lo tanto:

$$\frac{dT_t}{d\varepsilon} = T_t \frac{\sigma T_a^4}{4S(1-a)} \quad (\text{Ecuación 31})$$

Por lo que mínimos cambios en  $\varepsilon$  originan cambios en la temperatura de la Tierra:

$$\Delta T_t = T_t \frac{\sigma T_a^4}{4S(1-a)} \Delta \varepsilon \quad (\text{Ecuación 32})$$

$\sigma T_a^4$  indica el aumento de la radiación de la atmósfera por el incremento de la emisividad. Por lo tanto, se tiene que si se duplica el contenido de  $\text{CO}_2$ , aumenta la radiación atmosférica hacia la superficie en:

$$4 \text{ vatios/m}^2 = \sigma T_a^4 \Delta \varepsilon \quad (\text{Ecuación 33})$$

Reemplazando:

$$T_t = 288\text{K}, \quad S = \frac{1365 \text{ vatios}}{\text{m}^2}, \quad a = 0,3$$

Se obtiene  $\Delta T_t \approx 1,2 \text{ K}$

Fuente: (Isaza Delgado & Campos Romero, 2007)

## **B. Análisis de la emisión (puntual) de la erupción volcánica del monte Santa**

### **Helena**

10 millones de t o  $5,0607 \text{ km}^3$  o  $6,5841 \times 10^{-4} \text{ ppm}$  en un lapso de 9 horas

## **4.2.2. Factores antrópicos**

### **A. Análisis Estequiométrico de la Combustión de Carbón e Hidrocarburos**

*a) Consumo de combustible fósil por actividad antrópica.*

Tabla 15. Consumo Anual Mundial de Combustible 2017.

| COMBUSTIBLE | CONSUMO ANUAL             |                   |
|-------------|---------------------------|-------------------|
| Petróleo    | 96,8                      | mbd               |
| Carbón(*)   | 5,440 x 10 <sup>6</sup>   | t/año             |
| Gas natural | 3501,88 x 10 <sup>9</sup> | m <sup>3</sup> /a |
| G.L.P.      | 200 000 000               | t/año             |

Leyenda:(t): toneladas, (mbd): millones de barriles diarios

(\*): Consumo de Carbón del año pico 2015.

Fuente: (Expansión.com, 2017)(El País.com, 2016)(sedigas (Asociación española del Gas), 2017)

### b) Cálculo de gases de combustión del Petróleo.

Sabemos que el consumo del petróleo a nivel mundial es:

$$96,8 \text{ mbd} = 9,68 \times 10^7 \text{ b/d}$$

Calculando el consumo anual:

$$9,68 \times 10^7 \text{ barriles/día} \times 365 \text{ días/año} = 3,533 \times 10^{10} \text{ barriles/año}$$

Convirtiendo de Barriles a galones:

$$3,533 \times 10^{10} \text{ barriles/año} \times 42 \text{ galones/barril} = 1,484 \times 10^{12} \text{ galones/año}$$

A continuación se muestran los cálculos de los gases de combustión del petróleo.

### 0 Composición del Petróleo

Tabla 16. Composición del petróleo y datos para el cálculo.

| Consumo                  | 1.48E+12 gal | Unidades          |
|--------------------------|--------------|-------------------|
| Carbono                  | 83.20        | %                 |
| Hidrogeno                | 10.50        | %                 |
| Oxígeno                  | 4.10         | %                 |
| Azufre                   | 1.30         | %                 |
| Nitrógeno                | 0.90         | %                 |
| Densidad ( $\rho$ )      | 0.88         | kg/l              |
| Galón                    | 3.785        | l/gal             |
| Densidad CO <sub>2</sub> | 1.976        | kg/m <sup>3</sup> |

Fuente: Propia



Tabla 17. Composición porcentual del carbono.

**Composición Porcentual del Carbono  
en la Combustión del Petróleo**

|                     |        |
|---------------------|--------|
| Carbono (base)      | 83.20% |
| C(CO <sub>2</sub> ) | 86.50% |
| C(CO)               | 10.00% |
| C ( C )             | 3.50%  |

Fuente: Propia

El exceso de Oxígeno es  $\alpha = 0.275$

La temperatura del aire es  $T_{\text{aire}} = 20^{\circ}\text{C}$

La temperatura de los gases es  $T_{\text{gas}} = 375^{\circ}\text{C}$

### 1 Cálculo del peso del Petróleo

$$W = N^{\circ} \text{ de galones} \times 3.785 \text{ l/gal} \times \rho$$

$$W = 1.484 \times 10^{12} \text{ gal} \times 3.785 \text{ l/gal} \times 0.88 \text{ kg/l}$$

$$W = 4.92025\text{E}+12 \text{ kg}$$

$$W = 4.920\text{E}+09 \text{ t}$$

Sabemos que parte de este total de Petróleo es destinado para la producción de GLP

(Gas Licuado de Petróleo)

También se sabe que un 12% del total de Petróleo es destinado para la producción de materias primas petroquímicas básicas que son los plásticos y otros productos químicos.

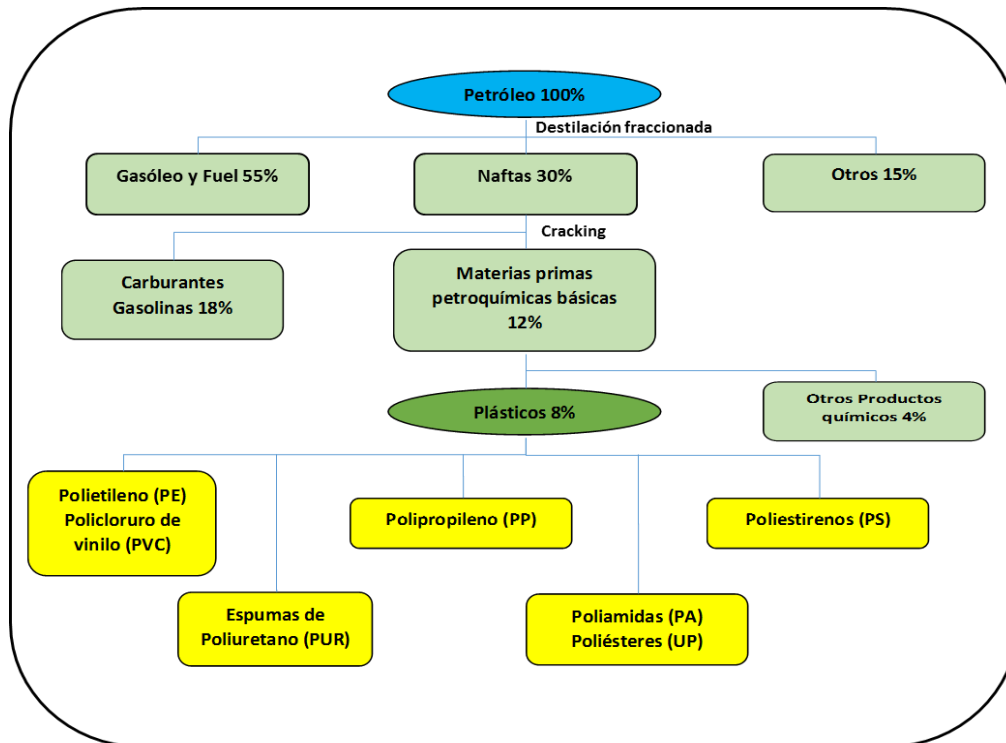


Figura 33. Petróleo destinado para la producción de materias primas petroquímicas básicas.

Fuente:(Martinez Navarro & Turégano García, s.f.)

Entonces:

$$W_{\text{Petróleo}} = 4.920\text{E}+09 \text{ t/año}$$

$$W_{\text{GLP}} = 2.000\text{E}+08 \text{ t/año}$$

$$W_{\text{Plástico y Otros}} = 5.904\text{E}+08 \text{ t/año}$$

$$W_{\text{Petróleo Neto}} = (4.920\text{E}+09) - (2.000\text{E}+08) - (5.904\text{E}+08) \text{ t/año}$$

$$W_{\text{Petróleo Neto}} = 4.130\text{E}+09 \text{ t/año}$$

Entonces trabajaremos a partir de este dato: **4.130E+09 t/año**

## 2 Cálculo de mol-t de los componentes del Petróleo

Recurrirnos a la fórmula química:

$$\eta = \frac{W_{\text{comp}} \times (\%)}{P.A.} \quad (\text{Ecuación 34})$$

Tabla 18. Número de mol-t de los componentes del Petróleo.

| Componente   | Peso Atómico | mol-t             |
|--------------|--------------|-------------------|
| $\eta_C$     | 12           | 286334416 mol - t |
| $\eta_{H_2}$ | 2            | 216815724 mol - t |
| $\eta_{O_2}$ | 32           | 5291336 mol - t   |
| $\eta_{N_2}$ | 28           | 1327443 mol - t   |
| $\eta_S$     | 32           | 1677741 mol - t   |

Fuente: Propia

Y para los componentes del carbono:

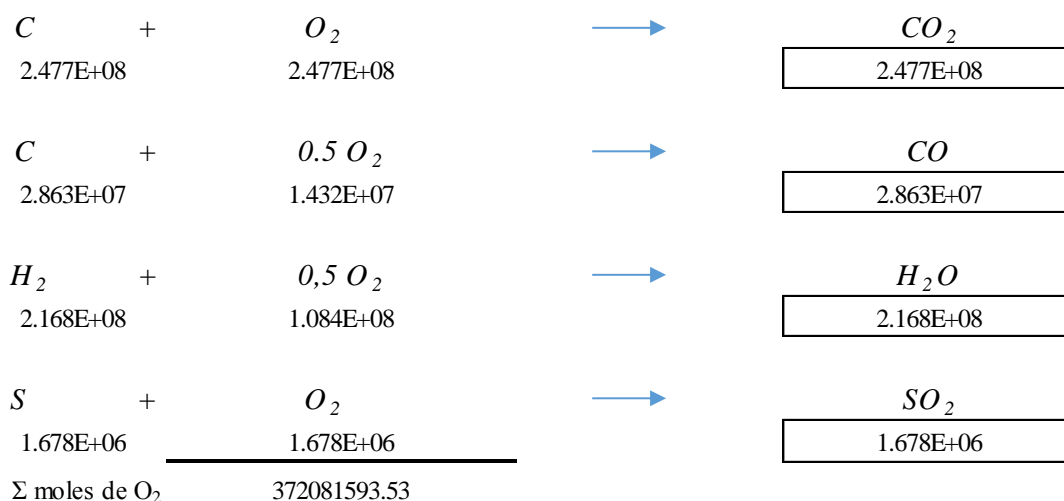
$$\eta_C^x = \eta_C x (\%) \quad (\text{Ecuación 35})$$

Tabla 19. Número de mol-t de los componentes del carbono.

| Componente                         | mol-t                    |
|------------------------------------|--------------------------|
| $\eta_C^{CO_2}$                    | 247679270 mol - t        |
| $\eta_C^{CO}$                      | 28633442 mol - t         |
| $\eta_C^C$                         | 10021705 mol - t         |
| <b><math>\eta_C^{Total}</math></b> | <b>286334416 mol - t</b> |

Fuente: Propia

### 3 Cálculo del oxígeno (Estequiometría)

Después de realizar la estequiometría, pasamos a calcular el oxígeno ( $O_2$ ) total:

$$O_2 (\text{teórico}) = \Sigma \text{ moles de } O_2$$

$$\begin{aligned}
 \text{O}_2 \text{ (teórico)} &= 3.721\text{E}+08 \text{ mol-t} \\
 \text{O}_2 \text{ (correg)} &= (3.721\text{E}+08 \text{ mol-t}) - (5.291\text{E}+06 \text{ mol-t}) \\
 \text{O}_2 \text{ (correg)} &= 3.668\text{E}+08 \text{ mol-t} \\
 \text{O}_2 \text{ (exceso)} &= (3.668\text{E}+08 \text{ mol-t}) \times 0.275 \\
 \text{O}_2 \text{ (exceso)} &= 1.009\text{E}+08 \text{ mol-t} \\
 \text{O}_2 \text{ (total)} &= (3.668\text{E}+08 \text{ mol-t}) + (1.009\text{E}+08 \text{ mol-t}) \\
 \text{O}_2 \text{ (total)} &= 4.677\text{E}+08 \text{ mol-t}
 \end{aligned}$$

#### 4 Cálculo del aire requerido

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{aire}} &= (4.677\text{E}+08) / 0.21 \\
 \eta_{\text{aire}} &= 2.2269\text{E}+09 \text{ mol-t} \\
 \eta_{\text{N}_2} &= (2.2269\text{E}+09 \text{ mol-t}) \times 0.79 \\
 \eta_{\text{N}_2} &= 1.7593\text{E}+09 \text{ mol-t} \\
 \eta_{\text{N}_2\text{-TOTAL}} &= (1.7593\text{E}+09) + (1.3274\text{E}+06) \text{ mol-t} \\
 \eta_{\text{N}_2\text{-TOTAL}} &= 1.7606\text{E}+09 \text{ mol-t}
 \end{aligned}$$

Después de hallar el número de moles de aire (mol-t) pasamos a calcular el volumen del aire:

$$V_{\text{aire}} = \frac{\eta_{\text{aire}} \times \text{volumen}_{\text{aire}} \times (273 + T^{\circ}\text{C})}{273} \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$V_{\text{aire}} = \frac{[(2.2269\text{E}+09) \times (22.4 \times 1000) \times (273+20^{\circ}\text{C})]}{(273)}$$

$$V_{\text{aire}} = 5.3537942041\text{E}+13 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = 5.3538\text{E}+04 \text{ km}^3$$

#### 5 Composición de los gases de Combustión

Tabla 20. Gases de combustión del Petróleo

| Gases                  | mol-t                | PM (t/mol-t) | t                     | %          |
|------------------------|----------------------|--------------|-----------------------|------------|
| CO <sub>2</sub>        | 247679270.07         | 44           | 10897887883           | 15.97      |
| CO                     | 28633441.63          | 28           | 801736365.5           | 1.17       |
| H <sub>2</sub> O       | 216815723.85         | 18           | 3902683029            | 5.72       |
| SO <sub>2</sub>        | 1677740.72           | 64           | 107375406.1           | 0.16       |
| O <sub>2</sub> (exc)   | 100867320.79         | 32           | 3227754265            | 4.73       |
| N <sub>2</sub> (TOTAL) | 1760610713.56        | 28           | 49297099980           | 72.25      |
| <b>Σ</b>               | <b>2356284210.62</b> |              | <b>68234536928.90</b> | <b>100</b> |

Fuente: Propia

Calculamos el Peso Molecular (PM) y el volumen del gas ( $V_{\text{gas}}$ ):

$$\text{PM} = \frac{68234536928.90 \text{ t}}{2356284210.62 \text{ mol-t}}$$

$$\text{PM} = 28.96 \text{ t/mol-t}$$

Para calcular el volumen del gas, empleamos el mismo criterio utilizado en el cálculo del volumen de aire.

$$V_{\text{gas}} = 125281818952193.00 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$V_{\text{gas}} = 1.2528\text{E}+05 \text{ km}^3/\text{año}$$

## 6 Cálculo de las concentraciones de los gases de combustión

La concentración de los contaminantes se determina mediante la relación de la masa en miligramos (mg) y el volumen del gas de combustión en metros cúbicos ( $\text{m}^3$ ).

$$\text{CO}_2 = 10897887882.942 \text{ t}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 86986.986 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{CO} = 801736365.534 \text{ t}$$

$$\text{CO (mg/m}^3\text{)} = 6399.463 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{SO}_2 = 107375406.098 \text{ t}$$

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 857.071 \text{ mg/m}^3$$

## 7 Cálculo del Volumen total de CO<sub>2</sub> del Petróleo

Si:  $W_{CO_2} = 10897887882.94 \text{ t } CO_2$  y  $1 \text{ t} \rightarrow 1000 \text{ kg}$

Entonces:  $W_{CO_2} = 10897887882942.40 \text{ kg } CO_2$  y  $\rho_{CO_2} = 1.976 \text{ kg/m}^3$

Por lo tanto:

$$V_{CO_2} = \frac{10897887882942.40 \text{ kg } CO_2}{1.976 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{CO_2} = 5.5151E+12 \text{ m}^3 \text{ } CO_2$$

$$V_{CO_2} = 6.5151E+03 \text{ km}^3 \text{ } CO_2$$

c) *Cálculo de gases de combustión del Carbón.*

Sabemos que el consumo de carbón a nivel mundial es:

5,440 millones de t/año

En otras palabras:  $5,44 \times 10^6 \text{ t/año}$

## 0 Composición del Carbón

Tabla 21. Composición del carbón y datos para el cálculo.

| Consumo         | 5.44E+06 t | Unidades |
|-----------------|------------|----------|
| Carbono         | 65         | %        |
| Hidrogeno       | 5          | %        |
| Oxigeno         | 10         | %        |
| Azufre          | 4          | %        |
| Nitrógeno       | 15         | %        |
| Cenizas         | 1          | %        |
| Densidad $CO_2$ | 1.976      | $kg/m^3$ |

Fuente: Propia

Tabla 22. Composición porcentual del carbono.

| Composición Porcentual del Carbono<br>en la Combustión del Carbón |        |
|---|--------|
| Carbono (base)  | 65.00% |
| C ( $CO_2$ )  | 83.00% |
| C (CO)  | 12.00% |
| C (C)   | 5.00%  |

Fuente: Propia

El exceso de oxígeno es  $\alpha = 0.25$

La temperatura del aire es  $T_a = 20\text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura de los gases  $T_c = 300\text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura de la flama  $T_f = 1600\text{ }^\circ\text{F}$

Diámetro chimenea  $D = 0.36\text{ m}$

### 1 Peso del Carbón

$W_{\text{carbón}} = 5.44\text{E}+06\text{ t}$

Consumo anual mundial de Carbón

### 2 Cálculo de mol-t de los componentes del Carbón

Tabla 23. Número de mol-t de los componentes del Carbón.

| Componente   | Peso Atómico | mol-t          |
|--------------|--------------|----------------|
| $\eta_C$     | 12           | 2.95E+05 mol-t |
| $\eta_{H_2}$ | 2            | 1.36E+05 mol-t |
| $\eta_{O_2}$ | 32           | 1.70E+04 mol-t |
| $\eta_S$     | 32           | 6.80E+03 mol-t |
| $\eta_{N_2}$ | 28           | 2.91E+04 mol-t |

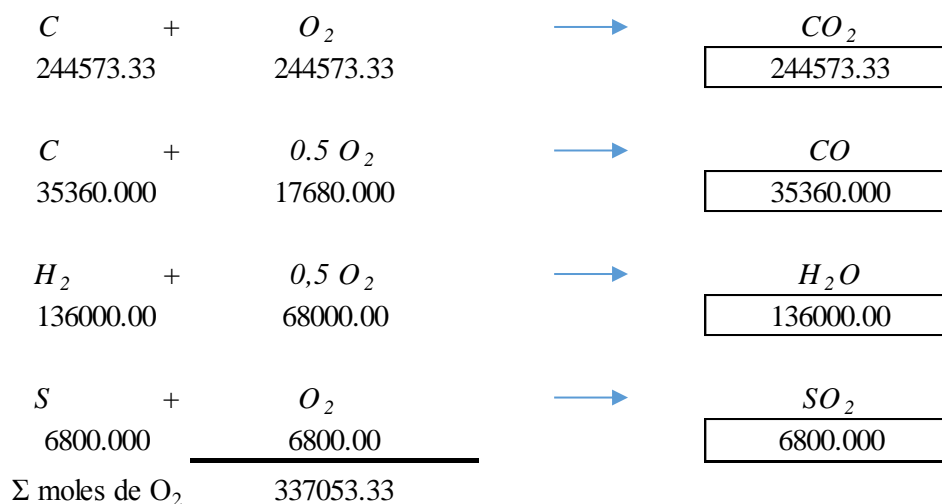
Fuente: Propia

Tabla 24. Número de moles de los componentes del Carbono.

| Componente                         | mol-t                 |
|------------------------------------|-----------------------|
| $\eta_C^{CO_2}$                    | 2.45E+05 mol-t        |
| $\eta_C^{CO}$                      | 3.54E+04 mol-t        |
| $\eta_C^C$                         | 1.47E+04 mol-t        |
| <b><math>\eta_C^{Total}</math></b> | <b>2.95E+05 mol-t</b> |

Fuente: Propia

### 3 Cálculo del oxígeno (Estequiometría)



Después de realizar la estequiometría, pasamos a calcular el oxígeno ( $O_2$ ) total:

$$O_2 \text{ (teórico)} = \Sigma \text{ mol} - O_2$$

$$O_2 \text{ (teórico)} = 3.371E+05 \text{ mol-t}$$

$$O_2 \text{ (correg.)} = (3.371E+05 \text{ mol-t}) - (1.70E+04 \text{ mol-t})$$

$$O_2 \text{ (correg.)} = 3.201E+05 \text{ mol-t}$$

$$O_2 \text{ (exceso)} = (3.201E+05 \text{ mol-t}) \times 0.25$$

$$O_2 \text{ (exceso)} = 8.001E+04 \text{ mol-t}$$

$$O_2 \text{ (total)} = (3.201E+05 \text{ mol-t}) + (8.001E+04 \text{ mol-t})$$

$$O_2 \text{ (total)} = 4.001E+05 \text{ mol-t}$$

#### 4 Cálculo del aire requerido

$$\eta_{\text{aire}} = (4.001E+05) / 0.21$$

$$\eta_{\text{aire}} = 1.905E+06 \text{ mol-t}$$

$$\eta_{N_2} = (1.905E+06 \text{ mol-t}) \times 0.79$$

$$\eta_{N_2} = 1.505E+06 \text{ mol-t}$$

$$\eta_{N_2 - \text{TOTAL}} = (1.505E+06) + (2.914E+04) \text{ mol-t}$$

$$\eta_{N_2 - \text{TOTAL}} = 1.534E+06 \text{ mol-t}$$



Después de hallar el número de moles de aire (mol-t) pasamos a calcular el volumen del aire:

$$V_{\text{aire}} = \frac{[(4.927\text{E}+05) \times 22.4 \times 1000 \times (273+20^{\circ}\text{C})]}{273}$$

$$V_{\text{aire}} = 4.580\text{E}+10 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{aire}} = 4.580\text{E}+01 \text{ km}^3$$

## 5 Composición de los gases de Combustión

Tabla 25. Gases de combustión del Carbón.

| Gases                  | mol-t                  | PM (t/mol-t) | t                  | %             |
|------------------------|------------------------|--------------|--------------------|---------------|
| CO <sub>2</sub>        | 2.45E+05 mol-t         | 44           | 1.08E+07 t         | 17.89         |
| CO                     | 3.54E+04 mol-t         | 28           | 9.90E+05 t         | 1.65          |
| H <sub>2</sub> O       | 1.36E+05 mol-t         | 18           | 2.45E+06 t         | 4.07          |
| SO <sub>2</sub>        | 6.80E+03 mol-t         | 64           | 4.35E+05 t         | 0.72          |
| O <sub>2</sub> (exc)   | 8.00E+04 mol-t         | 32           | 2.56E+06 t         | 4.26          |
| N <sub>2</sub> (TOTAL) | 1.53E+06 mol-t         | 28           | 4.30E+07 t         | 71.41         |
| <b>Σ</b>               | <b>2.037E+06 mol-t</b> |              | <b>6.015E+07 t</b> | <b>100.00</b> |

Fuente: Propia

Calculamos el Peso Molecular (PM) y el volumen del gas ( $V_{\text{gas}}$ ):

$$\text{PM} = \frac{60151288.89 \text{ t}}{2036902.22 \text{ mol} - \text{t}}$$

$$\text{PM} = 29.53 \text{ t/mol-t}$$

Para calcular el volumen del gas, empleamos el mismo criterio utilizado en el cálculo del volumen de aire.

$$V_{\text{gas}} = 9.57657\text{E}+10 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$V_{\text{gas}} = 9.576\text{E}+01 \text{ km}^3/\text{año}$$

## 6 Cálculo de las concentraciones de los gases de combustión

La concentración de los contaminantes se determina mediante la relación de la masa en miligramos (mg) y el volumen del gas de combustión en metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

$$\text{CO}_2 = 10761226.67 \text{ t}$$

$$\text{CO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 112370.32 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{CO} = 990080.00 \text{ t}$$

$$\text{CO (mg/m}^3\text{)} = 10338.56 \text{ mg/m}^3$$

$$\text{SO}_2 = 435200.00 \text{ t}$$

$$\text{SO}_2 \text{ (mg/m}^3\text{)} = 4544.42 \text{ mg/m}^3$$

### 7 Cálculo del Volumen total de CO<sub>2</sub> del Petróleo

$$\text{Si: } W_{\text{CO}_2} = 10761226.67 \text{ t CO}_2 \text{ y } 1 \text{ t} \rightarrow 1000 \text{ kg}$$

$$\text{Entonces: } W_{\text{CO}_2} = 10761226666.67 \text{ kg CO}_2 \text{ y } \rho_{\text{CO}_2} = 1.976 \text{ kg/m}^3$$

Por lo tanto:

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{10761226666.67}{1.976} \text{ kg CO}_2 \text{ / kg/m}^3$$

$$V_{\text{CO}_2} = 5.446\text{E}+09 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = 5.446\text{E}+00 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

#### d) Cálculo de los gases de combustión del Gas Natural.

El consumo anual de gas natural a nivel mundial es:  $3,50188 \times 10^{12} \text{ m}^3/\text{año}$

### 0 Composición del Gas Natural

Tabla 26. Composición del gas natural y datos para el cálculo.

| Consumo de gas       | 3.502E+12 m <sup>3</sup> /año | Unidades |
|----------------------|-------------------------------|----------|
| Presión del gas      | 101.3                         | Kpa      |
| Poder Calorífico     | 800                           | BHP      |
| Propano (%)          | 3                             | %        |
| Butano (%)           | 2                             | %        |
| Metano (%)           | 95                            | %        |
| Total                | 100                           | %        |
| Temperatura del aire | 22                            | °C       |

|                           |       |                   |
|---------------------------|-------|-------------------|
| Temperatura<br>combustión | 716   | K                 |
| Oxígeno en<br>exceso      | 0.25  |                   |
| Densidad GN ( $\rho$ )    | 0.74  | kg/m <sup>3</sup> |
| Densidad CO <sub>2</sub>  | 1.976 | kg/m <sup>3</sup> |

Fuente: Propia

## 1 Peso del Gas Natural

$$W = \text{Volumen} \times \rho$$

$$W = 3.50 \times 10^{12} \text{m}^3 \times 0.74 \text{ kg/m}^3$$

$$W = 2.591 \text{E}+12 \text{ kg/año}$$

$$W = 2.591 \text{E}+09 \text{ t/año}$$

Tabla 27. Peso de los componentes del Gas Natural.

| Composición | Porcentaje | Fórmula                        | Peso (t)  | PM |
|-------------|------------|--------------------------------|-----------|----|
| Metano      | 95%        | CH <sub>4</sub>                | 2.462E+09 | 16 |
| Propano     | 3%         | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 7.774E+07 | 44 |
| Butano      | 2%         | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 5.183E+07 | 58 |

Fuente: Propia

## 2 Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>

### A. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> por Metano

Ecuación Estequiométrica



Cálculo de O<sub>2</sub> en exc

$$\begin{array}{rcl}
 n_{\text{O}_2} & 2 & \text{mol - t} \\
 n_{\text{O}_2 \text{ Exc}} & 0.250 \times 2 & \text{mol - t} & 0.5 & \text{mol-t} \\
 n_{\text{O}_2 \text{ TOT}} & 2.5 & \text{mol - t}
 \end{array}$$

Cálculo de Moles del Aire

$$n_{\text{aire}} = \frac{2.5}{0.21} = 11.9048 \text{ mol-t}$$

Cálculo de Moles de Nitrógeno

$$n_{\text{N}_2} = 11.9048 \times 0.79 = 9.4048 \text{ mol-t}$$

Composición de los gases de combustión

Tabla 28. Gases de combustión del Metano.

| Componente           | mol - t       | PM | t              | %              |
|----------------------|---------------|----|----------------|----------------|
| CO <sub>2</sub>      | 1             | 44 | 44             | 12.245         |
| H <sub>2</sub> O     | 2             | 18 | 36             | 10.019         |
| O <sub>2</sub> (exc) | 0.5           | 32 | 16             | 4.453          |
| N <sub>2</sub> (tot) | 9.405         | 28 | 263.33         | 73.284         |
| <b>Σ</b>             | <b>12.905</b> |    | <b>359.333</b> | <b>100.000</b> |

Fuente: Propia

Cálculo del volumen del CO<sub>2</sub>

$$\frac{2.46\text{E}+09}{16} \text{ t CH}_4 \text{ /mol - t} = 1.5386\text{E}+08 \text{ mol-t}$$



$$x_1 = 6.770\text{E}+09 \text{ t CO}_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{6.770\text{E}+09 \times 10^3}{1.976} \text{ kg CO}_2 \text{ /kg/m}^3$$

$$V_{1\text{CO}_2} = 3.43\text{E}+12 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{1\text{CO}_2} = 3.43\text{E}+03 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

### B. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> del Propano

Ecuación Estequiométrica



Cálculo de O<sub>2</sub> en exc

$$\begin{array}{rcl}
 n_{\text{O}_2} & 5.00 & \text{mol-t} \\
 n_{\text{O}_2 \text{ Exc}} & 0.25 \times 5 & \text{mol-t} = 1.25 \text{ mol-t} \\
 n_{\text{O}_2 \text{ TOT}} & 6.25 & \text{mol-t}
 \end{array}$$

Cálculo de Moles del Aire

$$n_{\text{aire}} = \frac{6.25}{0.21} = 29.7619 \text{ mol-t}$$

Cálculo de Moles de Nitrógeno

$$n_{\text{N}_2} = 29.7619 \times 0.79 = 23.5119 \text{ mol-t}$$

Composición de los gases de combustión

Tabla 29. Gases de combustión del Propano.

| Componente           | mol - t       | PM | t              | %              |
|----------------------|---------------|----|----------------|----------------|
| CO <sub>2</sub>      | 3             | 44 | 132            | 14.629         |
| H <sub>2</sub> O     | 4             | 18 | 72             | 7.979          |
| O <sub>2</sub> (exc) | 1.25          | 32 | 40             | 4.433          |
| N <sub>2</sub> (tot) | 23.512        | 28 | 658.33         | 72.959         |
| <b>Σ</b>             | <b>31.762</b> |    | <b>902.333</b> | <b>100.000</b> |

Fuente: Propia

Cálculo de volumen de CO<sub>2</sub>

$$\frac{7.77E+07}{44} \text{ t C}_3\text{H}_8 = 1.7669E+06 \text{ mol-t}$$



$$x_2 = 2.332E+08 \text{ t CO}_2$$

$$V_{2\text{CO}_2} = \frac{2.332E+08 \times 10^3}{1.976} \text{ kg CO}_2 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{2\text{CO}_2} = 1.18E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{2\text{CO}_2} = 1.18E+02 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

### C. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> del Butano

Ecuación Estequiométrica



Cálculo de O<sub>2</sub> en exc

$$\begin{array}{l} n_{\text{O}_2} = 6.5 \text{ mol-t mol-t} \\ n_{\text{O}_2 \text{ Exc}} = 0.25 \times 6.5 \text{ mol-t} = 1.625 \text{ mol-t} \\ n_{\text{O}_2 \text{ TOT}} = 8.125 \text{ mol-t} \end{array}$$

Cálculo de Moles del Aire

$$n_{\text{aire}} = \frac{8.125}{0.21} = 38.6905 \text{ mol-t}$$

Cálculo de Moles de Nitrógeno

$$n_{\text{N}_2} = 38.6905 \times 0.79 = 30.5655 \text{ mol-t}$$

Composición de los gases de combustión

Tabla 30. Gases de combustión del Butano.

| Componente           | mol - t       | PM | t               | %              |
|----------------------|---------------|----|-----------------|----------------|
| CO <sub>2</sub>      | 4             | 44 | 176             | 14.994         |
| H <sub>2</sub> O     | 5             | 18 | 90              | 7.667          |
| O <sub>2</sub> (exc) | 1.625         | 32 | 52              | 4.430          |
| N <sub>2</sub> (tot) | 30.565        | 28 | 855.83          | 72.909         |
| <b>Σ</b>             | <b>41.190</b> |    | <b>1173.833</b> | <b>100.000</b> |

Fuente: Propia

Cálculo de volumen de CO<sub>2</sub>

$$\frac{5.18E+07}{58} \text{ t C}_4\text{H}_{10} = 8.9358E+05 \text{ mol-t}$$



$$x_3 = 1.573E+08 \text{ t CO}_2$$

$$V_{3\text{CO}_2} = \frac{1.573E+08 \times 10^3}{1.976} \text{ kg CO}_2 / \text{kg/m}^3$$

$$V_{3\text{CO}_2} = 7.959E+10 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{3\text{CO}_2} = 7.959E+01 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

**Masa Total CO<sub>2</sub>-Gas Natural:**

$$m_{\text{CO}_2} = X_1 + X_2 + X_3$$

$$m_{\text{CO}_2} = 6.770E+09 \text{ t CO}_2 (\text{CH}_4) + 2.332E+08 \text{ t CO}_2 (\text{C}_3\text{H}_8) + 1.573E+08 \text{ t CO}_2 (\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$m_{\text{CO}_2} = 7.161E+09 \text{ t CO}_2$$

**Vol. Total CO<sub>2</sub>-Gas Natural:**

$$V_{\text{CO}_2} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_{\text{CO}_2} = 3.426E+12 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 (\text{CH}_4) + 1.180E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 (\text{C}_3\text{H}_8) + 7.959E+10 \text{ m}^3$$

$$\text{CO}_2 (\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$V_{CO_2} = 3.624E+12 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{CO_2} = 3.624E+03 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

e) *Cálculo de los gases de combustión del GLP.*

El consumo de Gas Licuado de Petróleo a nivel mundial anual es  $2 \times 10^8$  t/año

## 0 Composición del Gas Licuado de Petróleo

Tabla 31. Composición del Gas Licuado de Petróleo y datos para el cálculo.

| Consumo de gas           | 2.00E+08 t/año | Unidades          |
|--------------------------|----------------|-------------------|
| Propano (%)              | 60.00          | %                 |
| Butano (%)               | 40.00          | %                 |
| Total                    | 100.00         | %                 |
| T° del aire              | 22.00          | °C                |
| $\alpha$                 | 0.25           |                   |
| Densidad CO <sub>2</sub> | 1.976          | kg/m <sup>3</sup> |

Fuente: Propia

## 1 Peso del Gas Licuado de Petróleo

$$W = 2.000E+08 \text{ t}$$

Tabla 32. Peso de los componentes del Gas Licuado de Petróleo.

| Composición | Porcentaje | Fórmula                        | Peso (t)  | PM |
|-------------|------------|--------------------------------|-----------|----|
| Propano     | 60%        | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 1.200E+08 | 44 |
| Butano      | 40%        | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 8.000E+07 | 58 |

Fuente: Propia

## 2 Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>



### A. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> del Propano

Ecuación Estequiométrica



Cálculo de O<sub>2</sub> en exc

$$\begin{array}{rcl}
 n_{\text{O}_2} & 5 \text{ mol-t} & \\
 n_{\text{O}_2 \text{ Exc}} & 0.25 \times 5 \text{ mol - t} = & 1.25 \text{ mol-t} \\
 n_{\text{O}_2 \text{ TOT}} & 6.25 \text{ mol-t} &
 \end{array}$$

Cálculo de Moles del Aire

$$n_{\text{aire}} = \frac{6.25}{0.21} = 29.7619 \text{ mol-t}$$

Cálculo de Moles de Nitrógeno

$$n_{\text{N}_2} = 29.7619 \times 0.79 = 23.5119 \text{ mol-t}$$

Composición de los gases de combustión

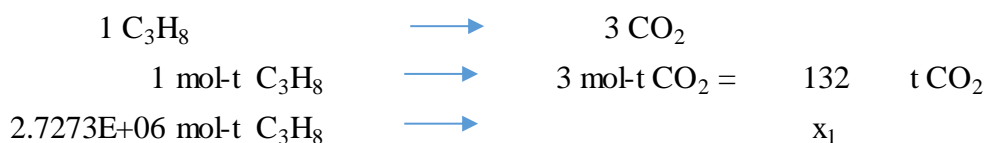
Tabla 33. Gases de combustión del Propano.

| Componente           | mol - t       | PM | t              | %              |
|----------------------|---------------|----|----------------|----------------|
| CO <sub>2</sub>      | 3             | 44 | 132            | 14.629         |
| H <sub>2</sub> O     | 4             | 18 | 72             | 7.979          |
| O <sub>2</sub> (exc) | 1.25          | 32 | 40             | 4.433          |
| N <sub>2</sub> (tot) | 23.512        | 28 | 658.33         | 72.959         |
| <b>Σ</b>             | <b>31.762</b> |    | <b>902.333</b> | <b>100.000</b> |

Fuente: Propia

Cálculo del volumen de CO<sub>2</sub>

$$\frac{1.20E+08}{44} \text{ t C}_3\text{H}_8 \text{ /mol - t} = 2.7273E+06 \text{ mol-t}$$



$$x_1 = 3.600E+08 \text{ t CO}_2$$

$$V_{1\text{CO}_2} = \frac{3.600E+08 \times 10^3}{1.976} \text{ kg CO}_2 \text{ /kg/m}^3$$

$$V_{1\text{CO}_2} = 1.82E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{1\text{CO}_2} = 1.82E+02 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

## B. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> del Butano

Ecuación Estequiométrica



Cálculo de O<sub>2</sub> en exc

$$\begin{array}{l} n_{\text{O}_2} \quad \quad \quad 6.5 \text{ mol-t} \\ n_{\text{O}_2 \text{ Exc}} \quad \quad 0.25 \times 6 \text{ mol - t} = 1.625 \text{ mol-t} \\ n_{\text{O}_2 \text{ TOT}} \quad \quad \quad 8.125 \text{ mol-t} \end{array}$$

Cálculo de Moles del Aire

$$n_{\text{aire}} = \frac{8.125}{0.21} = 38.6905 \text{ mol-t}$$

Cálculo de Moles de Nitrógeno

$$n_{\text{N}_2} = 38.6905 \times 0.79 = 30.5655 \text{ mol-t}$$

Composición de los gases de combustión

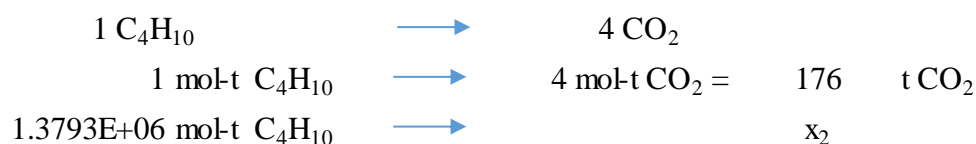
Tabla 34. Gases de combustión del Butano.

| Componente           | mol - t       | PM | t               | %              |
|----------------------|---------------|----|-----------------|----------------|
| CO <sub>2</sub>      | 4             | 44 | 176             | 19.505         |
| H <sub>2</sub> O     | 5             | 18 | 90              | 9.974          |
| O <sub>2</sub> (exc) | 1.625         | 32 | 52              | 5.763          |
| N <sub>2</sub> (tot) | 30.565        | 28 | 855.83          | 94.847         |
| <b>Σ</b>             | <b>41.190</b> |    | <b>1173.833</b> | <b>130.089</b> |

Fuente: Propia

Cálculo del volumen de CO<sub>2</sub>

$$\frac{8.00E+07}{58} \text{ t C}_4\text{H}_{10} \text{ /mol - t} = 1.3793E+06 \text{ mol-t}$$



$$x_2 = 2.428E+08 \text{ t CO}_2$$

$$V_{2\text{CO}_2} = \frac{2.428E+08 \times 10^3}{1.976} \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kg/m}^3}$$

$$V_{2\text{CO}_2} = 1.23E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{2\text{CO}_2} = 1.23E+02 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

**Masa Total CO<sub>2</sub> – GLP:**

$$m_{\text{CO}_2} = X_1 + X_2$$

$$m_{\text{CO}_2} = 3.600E+08 \text{ t CO}_2 (\text{C}_3\text{H}_8) + 2.428E+08 \text{ t CO}_2 (\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$m_{\text{CO}_2} = 6.028E+08 \text{ t CO}_2$$

**Vol. Total CO<sub>2</sub>-GLP:**

$$V_{\text{CO}_2} = V_1 + V_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = 1.822E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 (\text{C}_3\text{H}_8) + 1.229E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2 (\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$V_{\text{CO}_2} = 3.050E+11 \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

$$V_{\text{CO}_2} = 3.050E+02 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

*Tabla resumen de emisiones antrópicas de CO<sub>2</sub>*

*Tabla 35. Resumen de emisiones de CO<sub>2</sub> anual.*

| COMBUSTIBLE                | CONSUMO<br>(anual) | EMISIÓN (Anual)   |   |                 |
|----------------------------|--------------------|-------------------|---|-----------------|
|                            |                    | PESO (t)          | Volumen<br>(m <sup>3</sup> ) (km <sup>3</sup> ) |                 |
| Petróleo                   | 4.13E+09 t         | 1.09E+10 t        | 5.5151E+12                                      | 5.515E+03       |
| Carbón                     | 5.44E+06 t         | 1.08E+07 t        | 5.4460E+09                                      | 5.446E+00       |
| Gas Natural                | 2.59E+09 t         | 7.16E+09 t        | 3.6237E+12                                      | 3.623E+03       |
| Gas Licuado de<br>Petróleo | 2.00E+08 t         | 6.03E+08 t        | 3.0504E+11                                      | 3.050E+02       |
| <b>TOTAL</b>               | <b>6.93E+09 t</b>  | <b>1.87E+10 t</b> | <b>9.449E+12</b>                                | <b>9.45E+03</b> |

Fuente: Propia

*f) Cálculo de CO<sub>2</sub> presente en la Tropósfera.*

Partiendo de los volúmenes aproximados que se estimaron de cada una de las capas de la atmósfera y conociendo la composición de la atmosfera, se calculará la cantidad de CO<sub>2</sub> presente en la tropósfera a condiciones normales.

*Tabla 36. Volúmenes aproximados de las capas de la atmósfera.*

| Capas                | Volumen                          |
|----------------------|----------------------------------|
| Tropósfera           | 7,6862E+09 km <sup>3</sup>       |
| Estratósfera         | 1,8075E+10 km <sup>3</sup>       |
| Mesósfera            | 1,5651E+10 km <sup>3</sup>       |
| Termósfera           | 3,2589E+11 km <sup>3</sup>       |
| Exósfera             | 2,4547E+13 km <sup>3</sup>       |
| <b>Volumen Total</b> | <b>2,4914E+13 km<sup>3</sup></b> |

Fuente: Propia

Anteriormente en la “Tabla 2. Composición de la Atmósfera”, se menciona que el volumen porcentual de Dióxido de Carbono es 0,035%, por consiguiente nos resultaría lo siguiente:

*Tabla 37. Volumen de CO<sub>2</sub> en la troposfera.*

| Composición de gases      | Fórmula Química       | Volumen (%)  | Volumen (km <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|-----------------------|--------------|----------------------------|
| Nitrógeno                 | N <sub>2</sub>        | 78.08        | 6.001E+09                  |
| Oxígeno                   | O <sub>2</sub>        | 20.95        | 1.610E+09                  |
| Argón                     | Ar                    | 0.93         | 7.148E+07                  |
| <b>Dióxido de Carbono</b> | <b>CO<sub>2</sub></b> | <b>0.035</b> | <b>2.690E+06</b>           |
| Neón                      | Ne                    | 0.00182      | 1.399E+05                  |

|                     |                  |          |            |
|---------------------|------------------|----------|------------|
| Helio               | He               | 0.000524 | 4.028E+04  |
| Metano              | CH <sub>4</sub>  | 0.0002   | 1.537E+04  |
| Criptón             | Kr               | 0.00011  | 8.455E+03  |
| Hidrógeno           | H <sub>2</sub>   | 0.00005  | 3.843E+03  |
| Óxido Nítrico       | N <sub>2</sub> O | 0.00003  | 2.306E+03  |
| Xenón               | Xe               | 0.00008  | 6.149E+03  |
| Monóxido de Carbono | CO               | 0.0002   | 1.537E+04  |
| Ozono               | O <sub>3</sub>   | 0.00003  | 2.306E+03  |
| TOTAL               |                  | 100.00   | 7.6862E+09 |

Fuente: (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2018)

Convirtiendo km<sup>3</sup> a m<sup>3</sup>:

$$2,690 \times 10^6 \text{ km}^3 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{km}^3 = 2,69 \times 10^{15} \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

Calculando la masa de CO<sub>2</sub>:

Sabemos que la densidad del CO<sub>2</sub> es 1,976 kg/m<sup>3</sup>, entonces:

$$2,69 \times 10^{15} \text{ m}^3 \times 1,976 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 5,315 \times 10^{15} \text{ kg CO}_2$$

Convirtiendo kg a t:

$$5,315 \times 10^{15} \text{ kg} \times 10^{-3} \text{ t/kg} = 5,315 \times 10^{12} \text{ t CO}_2$$

Haciendo una comparación del CO<sub>2</sub> con el resto de gases presentes en la atmósfera, nos resultaría lo siguiente:

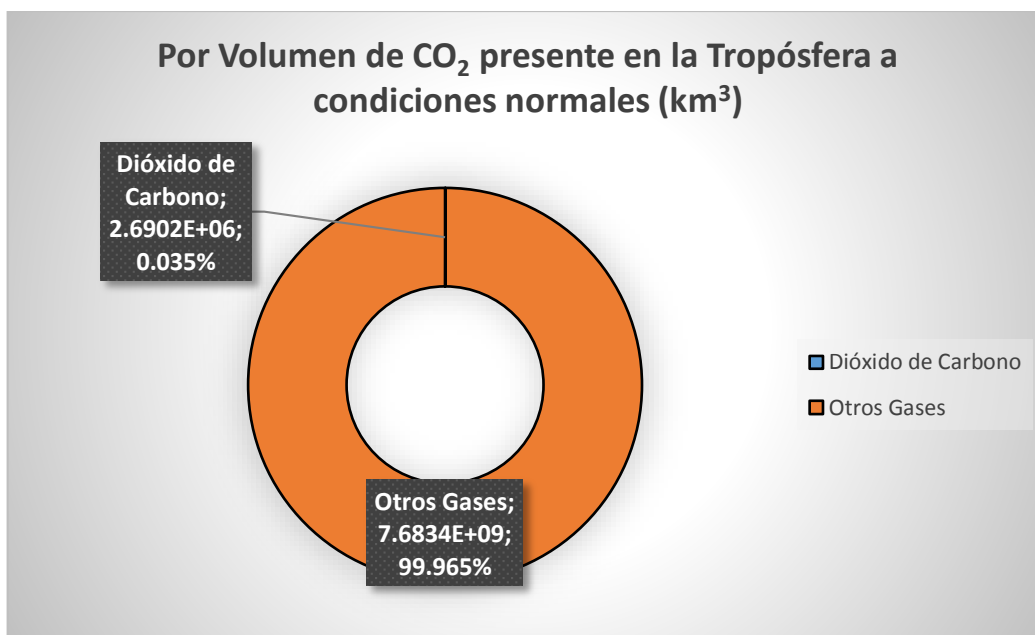


Figura 34. Volumen de CO<sub>2</sub> presente en la Tropósfera a condiciones normales (km<sup>3</sup>).

Fuente: Propia

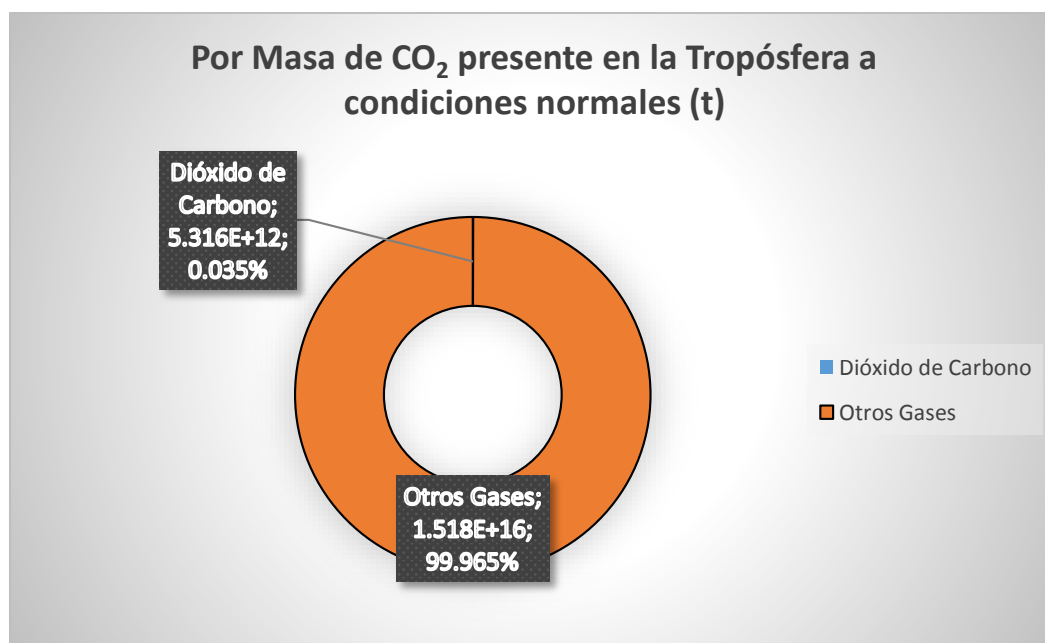


Figura 35. Masa de CO<sub>2</sub> presente en la Tropósfera a condiciones normales (t).

Fuente: Propia

### g) CO<sub>2</sub> emitido por erupciones volcánicas

#### **Volcán Santa Helena.**

Tomando como base la muy estudiada erupción del Monte Santa Helena, que arrojó 10 millones de toneladas (1,00x 10<sup>7</sup> t) de CO<sub>2</sub> en nueve (09) horas.

Convirtiendo de t a kg

$$1,00 \times 10^7 \text{ t } CO_2 \times 10^3 \text{ kg/t} = 1,00 \times 10^{10} \text{ kg } CO_2$$

Convirtiendo de kg a m<sup>3</sup> ( $\rho$ : 1,976 kg/m<sup>3</sup>)

$$\frac{1,00 \times 10^{10} \text{ kg } CO_2}{1,976 \text{ kg/m}^3} = 5,0607 \times 10^9 \text{ m}^3 CO_2$$

Convirtiendo de m<sup>3</sup> a km<sup>3</sup>

$$5,0607 \times 10^9 \text{ m}^3 CO_2 \times 10^{-9} \text{ km}^3/\text{m}^3 = 5,0607 \text{ km}^3 CO_2$$

Entonces la erupción volcánica que arrojo  $1,00 \times 10^7$  t CO<sub>2</sub>, es equivalente a 5,061 km<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>. Es decir  $6,5841 \times 10^{-4}$  ppm

En razón, que no ha sido posible conseguir información adicional a lo arriba expresado, y siendo realmente imposible en los actuales momentos, tratar de calcular las emanaciones de Dióxido de Carbono por este fenómeno, no se consideran para los cálculos.

Tabla 38. Sumatoria Vol. Total CO<sub>2</sub> Anual Mundial (m<sup>3</sup>).

| COMBUSTIBLE  | VOLUMEN CO <sub>2</sub>     |                                     |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Petróleo     | 5 515 125 446 833,2         | m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| Carbón       | 5 445 964 912,281           | m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| Gas Natural  | 3 623 737 528 514,59        | m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| GLP          | 305 039 787 798,409         | m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| <b>TOTAL</b> | <b>9 449 348 728 058,47</b> | <b>m<sup>3</sup> CO<sub>2</sub></b> |

Fuente: Propia

Tabla 39. Sumatoria Vol. Total CO<sub>2</sub> Anual Mundial (km<sup>3</sup>).

| COMBUSTIBLE  | VOLUMEN CO <sub>2</sub> |                                      |
|--------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Petróleo     | 5 515,125               | km <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| Carbón       | 5,446                   | km <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| Gas Natural  | 3 623,738               | km <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| GLP          | 305,04                  | km <sup>3</sup> CO <sub>2</sub>      |
| <b>TOTAL</b> | <b>9 449,349</b>        | <b>km<sup>3</sup> CO<sub>2</sub></b> |

Fuente: Propia

Generándose entonces anualmente a nivel mundial  $9,449 \times 10^{12} \text{ m}^3$  de  $\text{CO}_2$  o también expresado de otra manera como  **$9,449 \times 10^3 \text{ km}^3$  de  $\text{CO}_2$**

Tabla 40. Sumatoria Masa Total  $\text{CO}_2$  Anual Mundial.

| COMBUSTIBLE  | MASA $\text{CO}_2$        |                                   |
|--------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Petróleo     | 10 897 887 882,94         | t $\text{CO}_2$                   |
| Carbón       | 10 761 226,667            | t $\text{CO}_2$                   |
| Gas Natural  | 7 160 505 356,344         | t $\text{CO}_2$                   |
| GLP          | 602 758 620,689           | t $\text{CO}_2$                   |
| <b>TOTAL</b> | <b>18 671 913 086,643</b> | <b>t <math>\text{CO}_2</math></b> |

Fuente: Propia

#### h) $\text{CO}_2$ emitido por actividad pecuaria

Tomando como base lo expresado por Fuentes en el portal El País, 2019 “las vacas del planeta liberan a la atmósfera 100 millones de toneladas de metano que tienen el mismo efecto que 2 500 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ . A esto hay que sumarle otros 2 500 millones de toneladas (en unidades de  $\text{CO}_2$ ) asociados a la construcción y mantenimiento de las granjas, al transporte de los animales, al empleo de abonos para forraje”

Convirtiendo de t a kg

$$(2,50 + 2,50) \times 10^9 \text{ t } \text{CO}_2 \times 10^3 \text{ kg/t} = 5,00 \times 10^{12} \text{ kg } \text{CO}_2$$

Convirtiendo de kg a  $\text{m}^3$  ( $\rho$ : 1,976  $\text{kg/m}^3$ )

$$\frac{5,00 \times 10^{12} \text{ kg } \text{CO}_2}{1,976 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2,5304 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{CO}_2$$

Convirtiendo de  $\text{m}^3$  a  $\text{km}^3$

$$2,5304 \times 10^{12} \text{ m}^3 \text{CO}_2 \times 10^{-9} \frac{\text{km}^3}{\text{m}^3} = 2,5304 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{CO}_2$$

Entonces la actividad ganadera que genera  $5,00 \times 10^{12} \text{ t } \text{CO}_2$ , es equivalente a  $2,5304 \times 10^3 \text{ km}^3$  de  $\text{CO}_2$ . Es decir  $3,2921 \times 10^{-1} \text{ ppm}$

Esta concentración en ppm se determinó de la siguiente forma:



$$\frac{2,5304 \text{ km}^3 \times 10^3 \text{ CO}_2}{17\,686\,228\,755,16638 \text{ km}^3 \text{ en Troposfera}} \times 10^6 = 3,2921 \times 10^{-1} \text{ ppm de CO}_2$$

i) *CO<sub>2</sub> Absorbido por las plantas.*

Según el investigador del Instituto Max Planck de Biogeoquímica en Jena, Alemania, Christian Beer, junto con colegas de otros 10 países de alrededor del mundo, indican que las plantas absorben a través de la fotosíntesis 123 000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año (1,23 x 10<sup>11</sup> t CO<sub>2</sub>).

Convirtiendo de t a kg

$$1,23 \times 10^{11} \text{ t CO}_2 \times 10^3 \text{ kg/t} = 1,23 \times 10^{14} \text{ kg CO}_2$$

Convirtiendo de kg a m<sup>3</sup> (ρ: 1,976 kg/m<sup>3</sup>)

$$\frac{1,23 \times 10^{14} \text{ kg CO}_2}{1,976 \text{ kg/m}^3} = 6,224 \times 10^{13} \text{ m}^3 \text{ CO}_2$$

Convirtiendo de m<sup>3</sup> a km<sup>3</sup>

$$6,224 \times 10^{13} \text{ m}^3 \text{ CO}_2 \times 10^{-9} \text{ km}^3/\text{m}^3 = 6,224 \times 10^4 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

Entonces la absorción de 1,23 x 10<sup>11</sup> t CO<sub>2</sub>, equivale a 6,224 x 10<sup>4</sup> km<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub>.

*Analizando el Volumen de CO<sub>2</sub> producido por combustión antrópica (km<sup>3</sup>)*

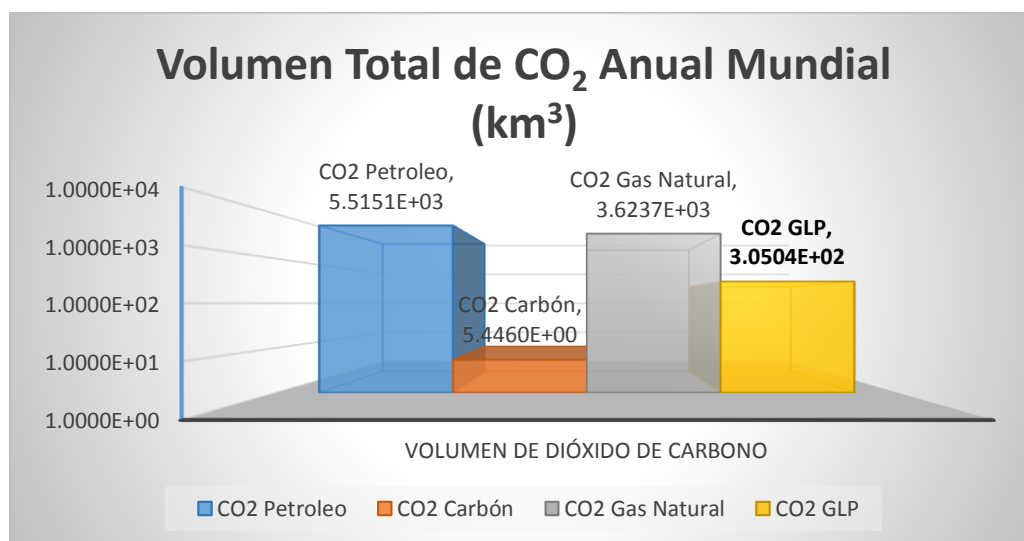


Figura 36. Volumen Total de CO<sub>2</sub> Anual Mundial en el año pico (km<sup>3</sup>).

Fuente: Propia

## Comparación de volumen de CO<sub>2</sub> natural y antropico

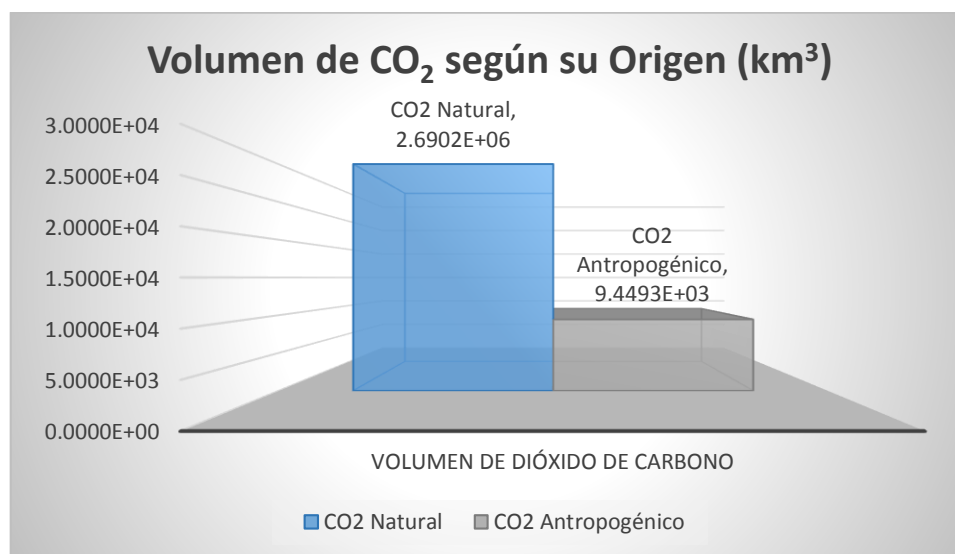


Figura 37. Volumen de CO<sub>2</sub> según su Origen en el año pico (km<sup>3</sup>).

Fuente: Propia

## Presentación de volumen de CO<sub>2</sub> respecto del volumen de la tropósfera

Tabla 41. Volumen de CO<sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km<sup>3</sup>).

| Gases en la Tropósfera por origen |                             | Por Volumen(km <sup>3</sup> ) | Volumen (%)    | ppm          |
|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|
| <b>Natural</b>                    | CO <sub>2</sub> Natural     | 2.690E+06                     | 0.035          | 350.0        |
|                                   | Otros Gases                 | 7.683E+09                     | -              | -            |
| <b>Antropogénico</b>              | CO <sub>2</sub> Petróleo    | 5.515E+03                     | 0.000718       | 0.718        |
|                                   | CO <sub>2</sub> Carbón      | 5.446E+00                     | 0.00000007     | 0.0007       |
|                                   | CO <sub>2</sub> Gas Natural | 3.624E+03                     | 0.0000471      | 0.471        |
|                                   | CO <sub>2</sub> GLP         | 3.050 E+02                    | 0.00000397     | 0.0397       |
| <b>TOTAL CO<sub>2</sub></b>       |                             | <b>2.6996E+06</b>             | <b>0.03512</b> | <b>351.2</b> |

Fuente: Propia

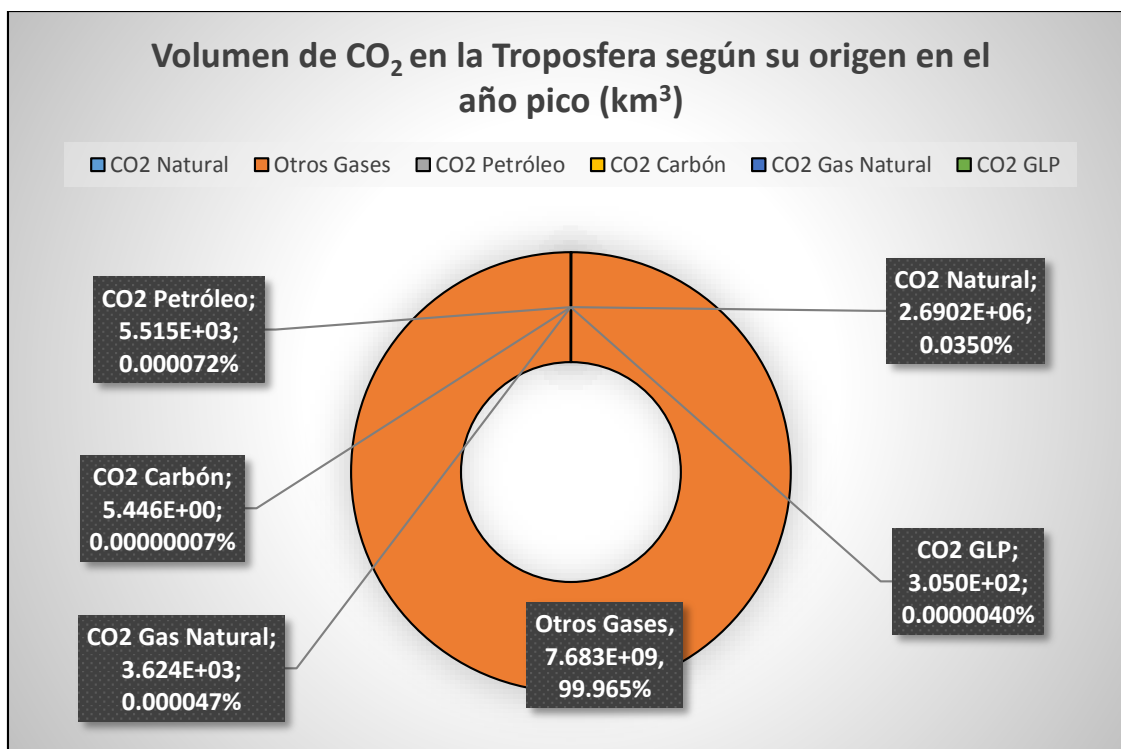


Figura 38. Volumen de CO<sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km<sup>3</sup>).

Fuente: Propia

## B. Balance del Volumen de CO<sub>2</sub>

- El Volumen de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera

$$2,690 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

- El Volumen de CO<sub>2</sub> de origen Antropogénico es:

$$9,449 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

- EL Volumen de CO<sub>2</sub> originado por actividad volcánica:

$$\text{Santa Helena } 5,0607 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 \text{ o } 6,5841 \times 10^{-4} \text{ ppm}$$

Se usa solo como indicador para las emisiones volcánicas, pues no es posible calcularlas ni proyectarlas en el conjunto de las emisiones de origen volcánico.

- La absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, mediante la fotosíntesis, cada año:

$$6,224 \times 10^4 \text{ km}^3 \text{ de CO}_2$$

Balance

$$\begin{aligned} \text{Entradas} &= \text{CO}_2 \text{ Natural} + \text{CO}_2 \text{ Antropogénico} \\ &= 2,690 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 + 9,449 \times 10^3 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Salidas} &= \text{Vol. CO}_2 \text{ Consumido por Plantas} \\ &= 6,225 \times 10^4 \text{ km}^3 \text{ de CO}_2 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{Entrada CO}_2 - \text{Salida CO}_2 \\ &= 2,6996 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 - 6,225 \times 10^4 \text{ km}^3 \text{ de CO}_2 \\ &= \mathbf{2,637 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ CO}_2} \end{aligned}$$

Expresado en ppm:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{VolumendeCO}_2}{\text{VolumendelaTropófera}} \times 10^6 = \frac{2.63738 \times 10^6 \text{ km}^3}{7,6862 \times 10^9 \text{ km}^3} \times 10^6 \\ &= \mathbf{343,1309 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

**La siguiente tabla, y su respectiva figura, representan la interacción de contenido natural de CO<sub>2</sub> y su balance por volumen por ingresos y egresos del gas.**

Tabla 42. Balance de volumen de CO<sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km<sup>3</sup>).

| Gases en la Tropósfera por origen |                                       | Por Volumen(km <sup>3</sup> ) | Volumen (%)     | ppm             |        |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|--------|
| <b>Ingreso</b>                    | <b>Natural</b>                        | CO <sub>2</sub> Natural       | 2.690E+06       | 0.035           | 350.0  |
|                                   |                                       | Otros Gases                   | 7.683E+09       | -               | -      |
|                                   | <b>Antropogénico</b>                  | CO <sub>2</sub> Petróleo      | 5.515E+03       | 0.000718        | 0.718  |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Carbón        | 5.446E+00       | 0.00000007      | 0.0007 |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Gas Natural   | 3.624E+03       | 0.0000471       | 0.471  |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> GLP           | 3.050 E+02      | 0.00000397      | 0.0397 |
| <b>Egreso</b>                     | CO <sub>2</sub> absorbido por plantas | 6.225E+04                     | 0.000809        | 8.0985          |        |
| <b>TOTAL CO<sub>2</sub></b>       |                                       | <b>2.63738E+06</b>            | <b>0.034313</b> | <b>343.1309</b> |        |

Fuente: Propia

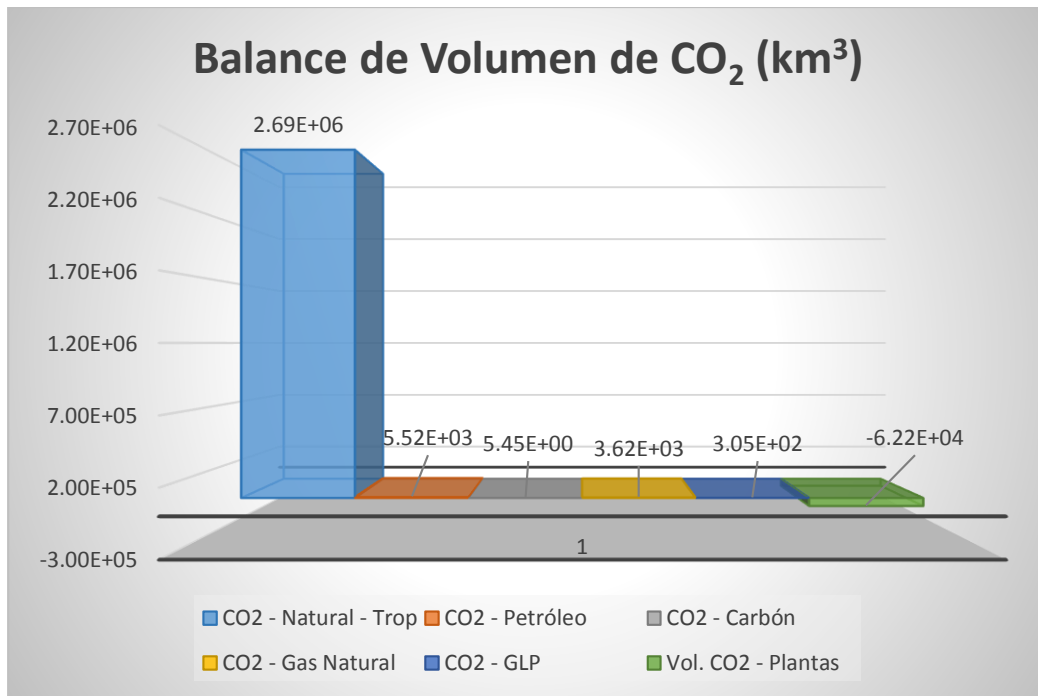


Figura 39. Balance de volumen de CO<sub>2</sub> en el año pico (km<sup>3</sup>).

Fuente: Propia

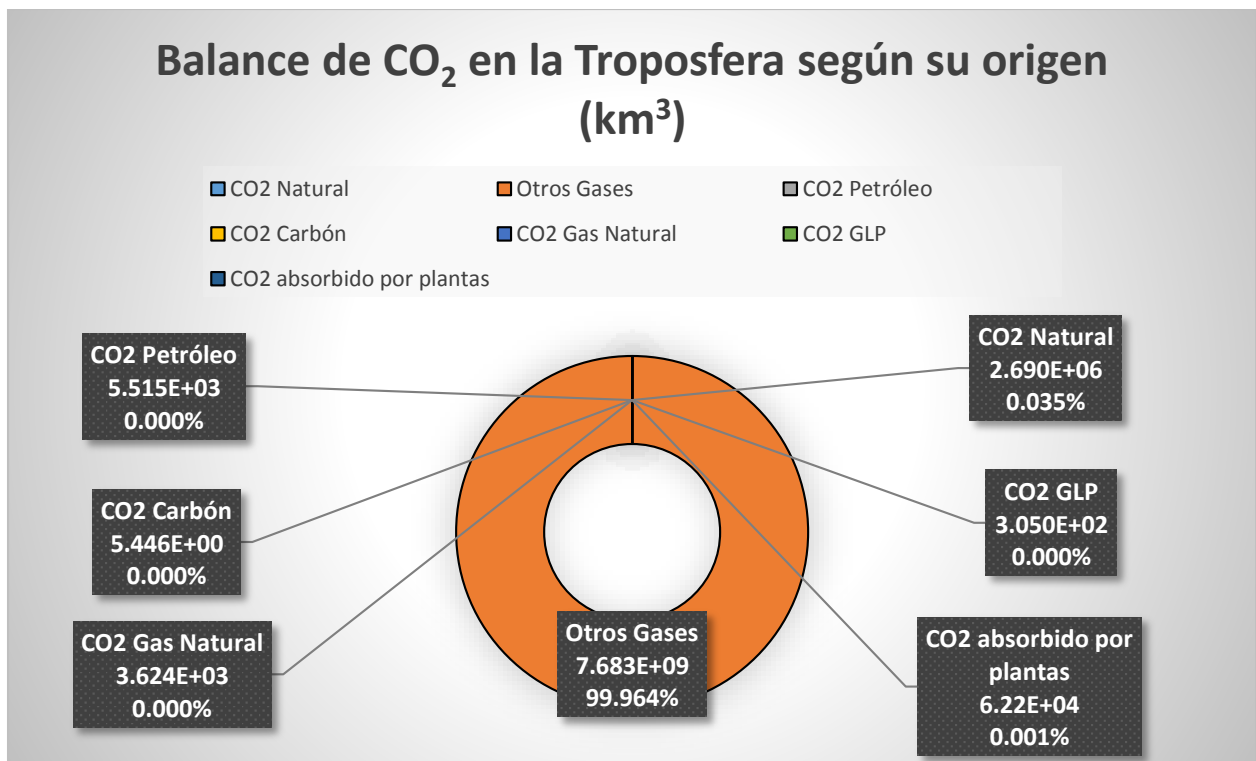


Figura 40. Balance de CO<sub>2</sub> en la Troposfera según su origen en el año pico (km<sup>3</sup>).

Fuente: Propia

## Analizando la Masa de CO<sub>2</sub> (t)

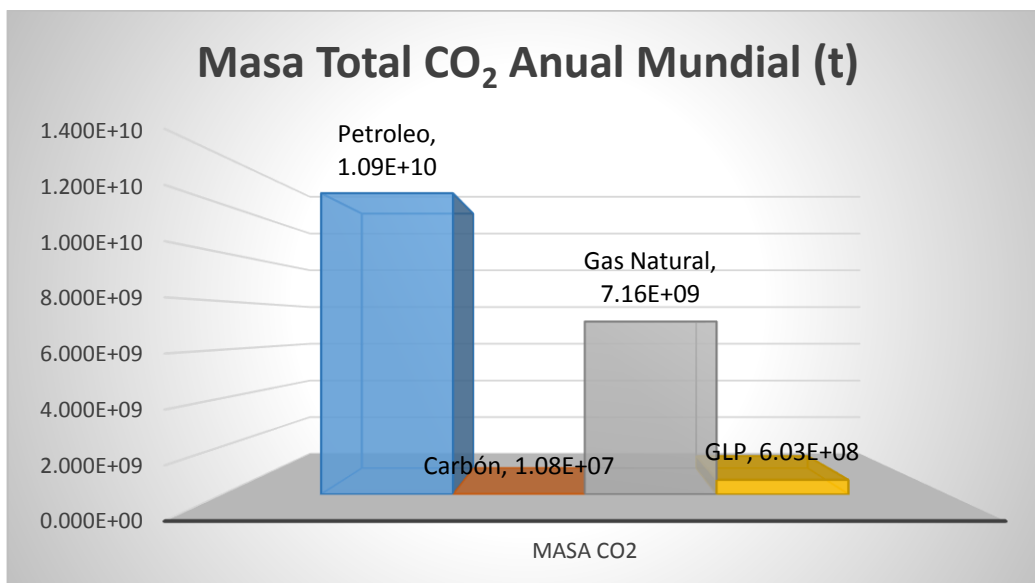


Figura 41. Masa Total CO<sub>2</sub> Anual Mundial en el año pico (t).

Fuente: Propia

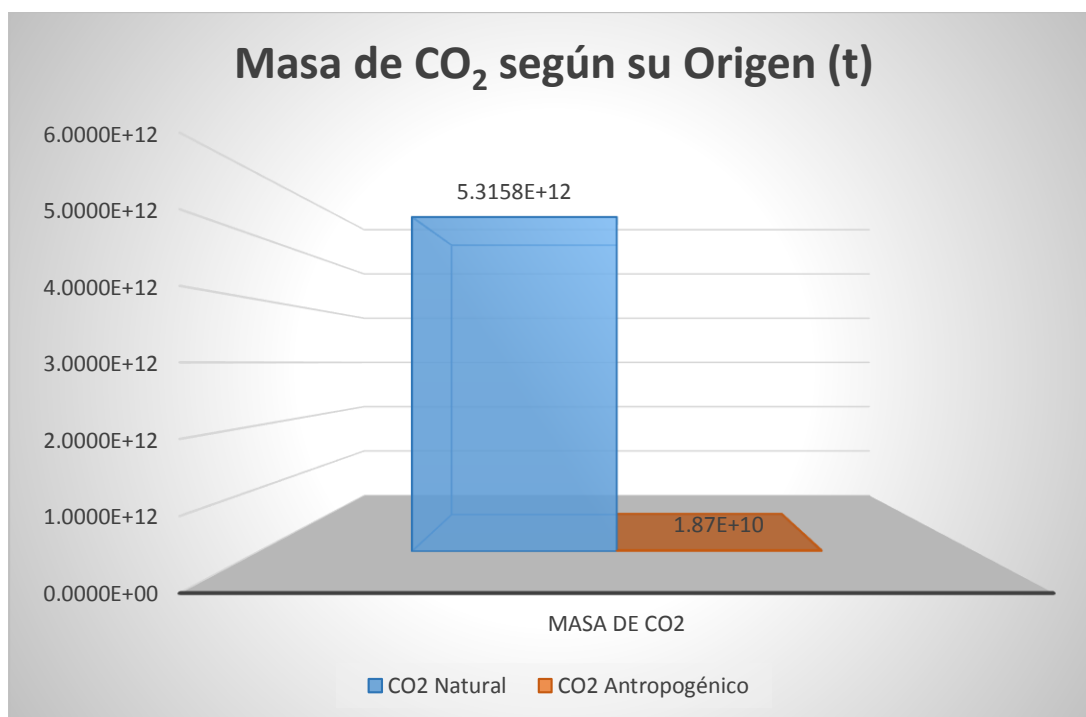


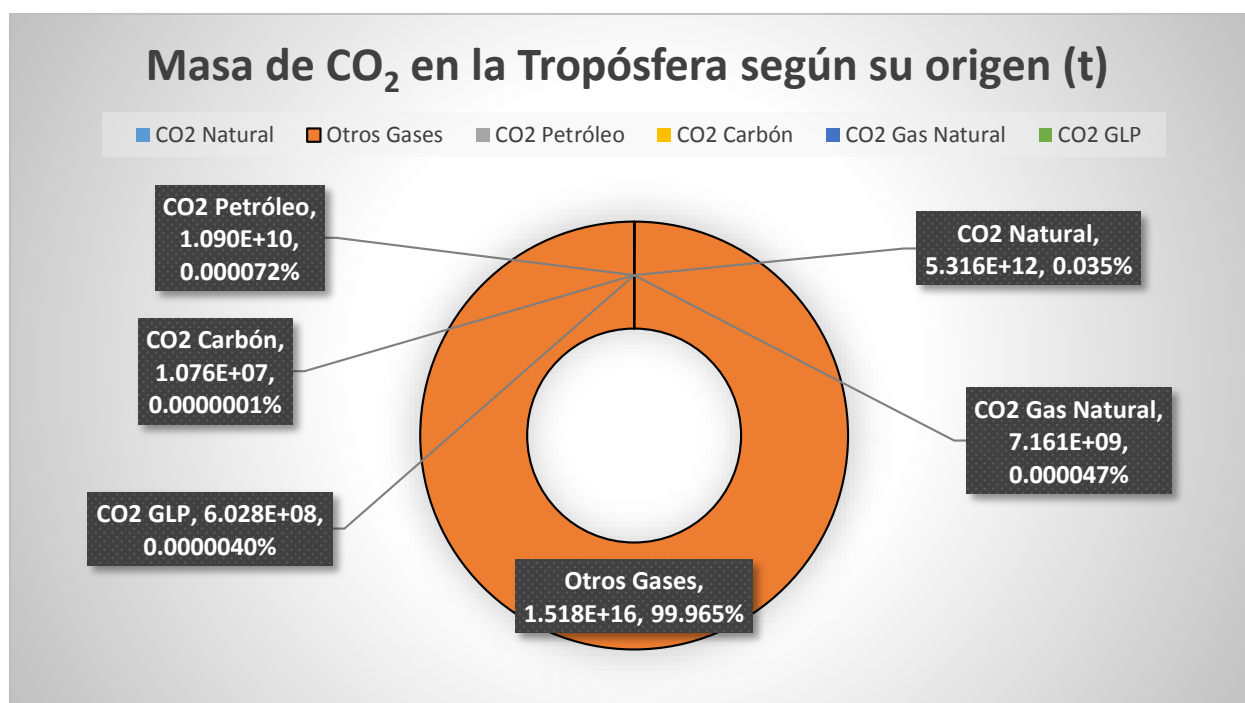
Figura 42. Masa de CO<sub>2</sub> según su Origen en el año pico (t).

Fuente: Propia

Tabla 43. Masa de CO<sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t).

| Gases en la Tropósfera por origen |                             | Por Masa (t)     | Masa (%)       | ppm          |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------|--------------|
| Natural                           | CO <sub>2</sub> Natural     | 5.316E+12        | 0.035          | 350.0        |
|                                   | Otros Gases                 | 1.518E+16        | -              | -            |
| Antropogénico                     | CO <sub>2</sub> Petróleo    | 1.090E+10        | 0.0000718      | 0.718        |
|                                   | CO <sub>2</sub> Carbón      | 1.076E+07        | 0.00000007     | 0.0007       |
|                                   | CO <sub>2</sub> Gas Natural | 7.161E+09        | 0.000047       | 0.47         |
|                                   | CO <sub>2</sub> GLP         | 6.028E+08        | 0.00000397     | 0.0397       |
| <b>TOTAL CO<sub>2</sub></b>       |                             | <b>5.334E+12</b> | <b>0.03512</b> | <b>351.2</b> |

Fuente: Propia

Figura 43. Masa de CO<sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t).

Fuente: Propia

### Balance de Masa de CO<sub>2</sub>

- El CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera

$$5,316 \times 10^{12} \text{ t CO}_2$$

- El CO<sub>2</sub> de origen Antropogénico es:

$$1,867 \times 10^{10} \text{ t CO}_2$$

- CO<sub>2</sub> por actividad volcánica:

Santa Helena  $1,00 \times 10^7$  t CO<sub>2</sub>

Se usa solo como indicador para las emisiones volcánicas, pues no es posible calcularlas ni proyectarlas en el conjunto de las emisiones de origen volcánico.

- La absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, mediante la fotosíntesis, cada año:

$1,230 \times 10^{11}$  t CO<sub>2</sub>

Balance

$$\begin{aligned} \text{Entradas} &= \text{CO}_2 \text{ Natural} + \text{CO}_2 \text{ Antropogénico} \\ &= 5,316 \times 10^{12} \text{ t CO}_2 + 1,867 \times 10^{10} \text{ t CO}_2 = 5,334 \times 10^{12} \text{ t CO}_2 \\ \text{Salidas} &= \text{CO}_2 \text{ Consumido por Plantas} \\ &= 1,230 \times 10^{11} \text{ t CO}_2 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{Entrada CO}_2 - \text{Salida CO}_2 \\ &= 5,334 \times 10^{12} \text{ t CO}_2 - 1,230 \times 10^{11} \text{ t CO}_2 \\ &= \mathbf{5,2114 \times 10^{12} \text{ t CO}_2} \end{aligned}$$

Expresado en ppm:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{MasadeCO}_2 (g)}{\text{MasadelaTropofera}(t)} = \frac{5,2114 \times 10^{18} g}{1,5188 \times 10^{16} t} \times 10^6 \\ &= \mathbf{343,1309 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

Tabla 44. Balance de masa de CO<sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t)

| Gases en la Troposfera por origen |                                       | Por Masa (t)                | Masa (%)        | ppm             |        |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|--------|
| Ingreso                           | Antropogénico Natural                 | CO <sub>2</sub> Natural     | 5.316E+12       | 0.035           | 350.0  |
|                                   |                                       | Otros Gases                 | 1.518E+16       | -               | -      |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Petróleo    | 1.090E+10       | 0.0000718       | 0.718  |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Carbón      | 1.076E+07       | 0.00000007      | 0.0007 |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Gas Natural | 7.161E+09       | 0.000047        | 0.47   |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> GLP         | 6.028E+08       | 0.00000397      | 0.0397 |
| Egreso                            | CO <sub>2</sub> absorbido por plantas | 1.23E+11                    | 0.000809        | 8.0985          |        |
| <b>TOTAL CO<sub>2</sub></b>       |                                       | <b>5.2114E+12</b>           | <b>0.034313</b> | <b>343.1309</b> |        |

Fuente: Propia



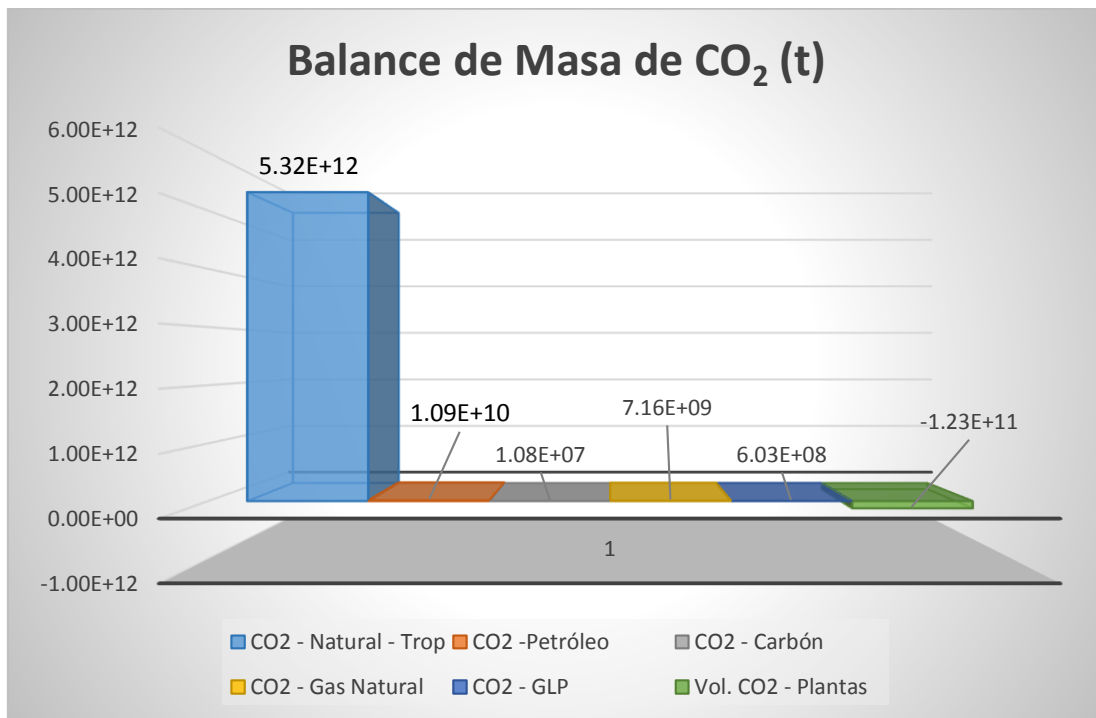


Figura 44. Balance de masa de CO<sub>2</sub> en el año pico (t).

Fuente: Propia

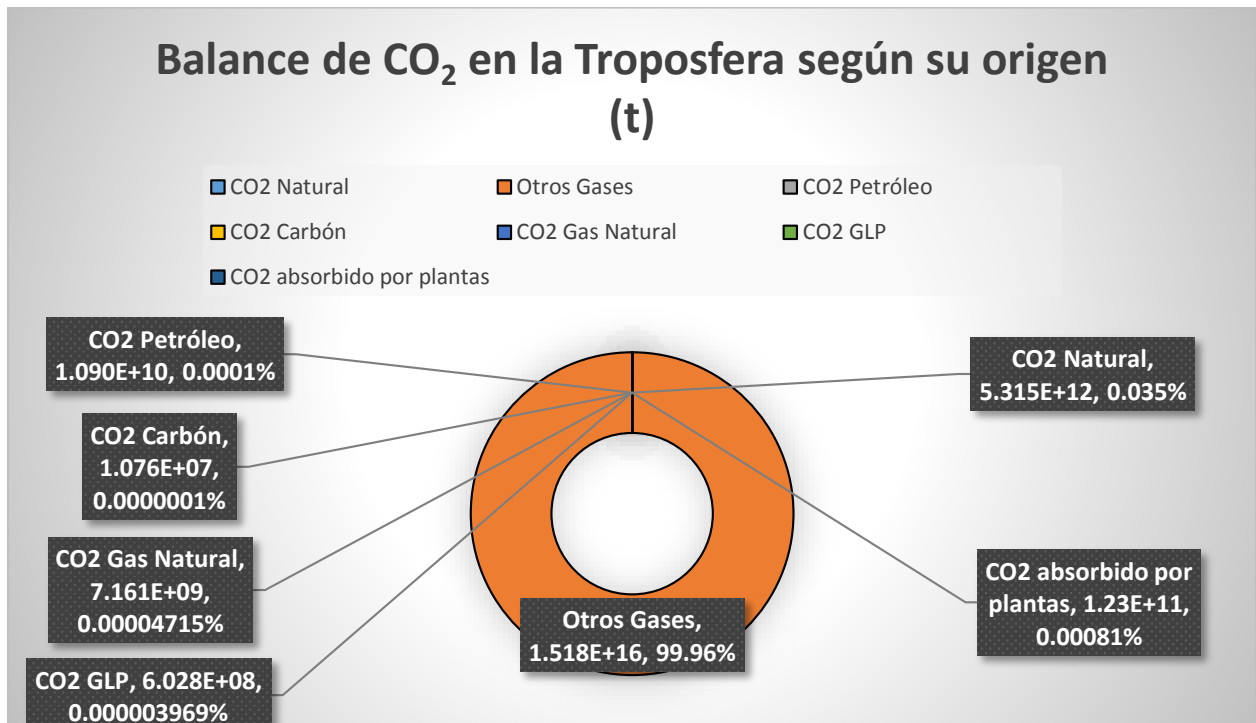


Figura 45. Balance de CO<sub>2</sub> en la Tropósfera según su origen en el año pico (t).

Fuente: Propia

## Acumulación de Gases en la Tropósfera en un periodo de cien años

### Balance del Volumen de CO<sub>2</sub>

- El Volumen de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera

$$2,690 \times 10^8 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

- El Volumen de CO<sub>2</sub> de origen Antropogénico en 100 años es:

$$9,449 \times 10^5 \text{ km}^3 \text{ CO}_2$$

- La absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, mediante la fotosíntesis, cada año:

$$6,224 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ de CO}_2$$

Balance

$$\begin{aligned} \text{Entradas} &= \text{CO}_2 \text{ Natural} + \text{CO}_2 \text{ Antropogénico} \\ &= 2,690 \times 10^8 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 + 9,449 \times 10^5 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Salidas} &= \text{Vol. CO}_2 \text{ Consumido por Plantas} \\ &= 6,225 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ de CO}_2 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{Entrada CO}_2 - \text{Salida CO}_2 \\ &= 2,700 \times 10^8 \text{ km}^3 \text{ CO}_2 - 6,225 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ de CO}_2 \\ &= \mathbf{2,637 \times 10^6 \text{ km}^3 \text{ CO}_2} \end{aligned}$$

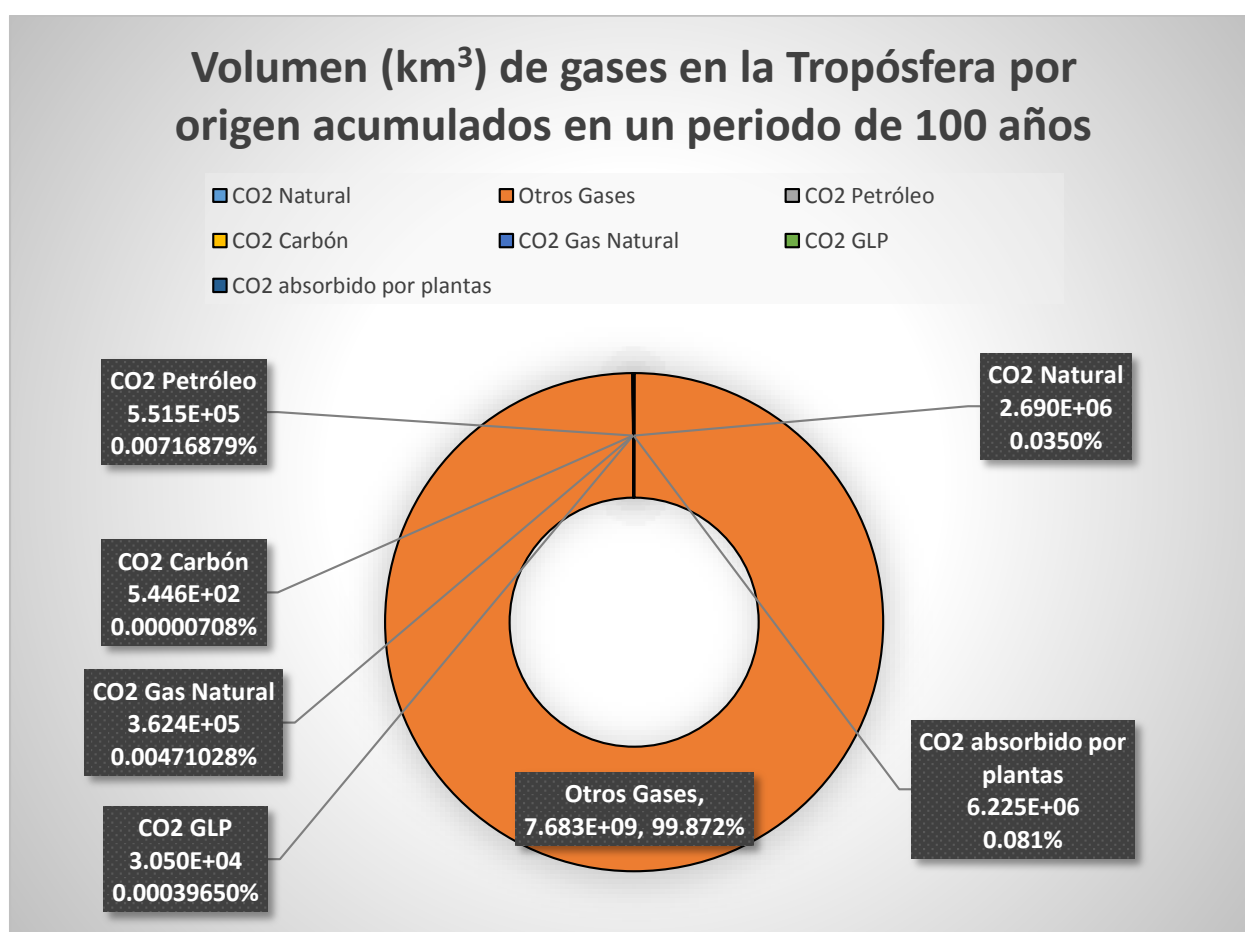
Expresado en ppm:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{VolumendeCO}_2}{\text{VolumendelaTropofera}} \times 10^6 = \frac{2,63738 \times 10^8 \text{ km}^3}{7,6862 \times 10^9 \text{ km}^3} \times 10^6 \\ &= \mathbf{34313,09 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

Tabla 45. Acumulación de Gases en la Troposfera en un periodo de cien años por volumen (km<sup>3</sup>).

| Gases en la Troposfera por origen |               | Por Volumen (km <sup>3</sup> )        | Volumen (%)                 | ppm             |          |      |
|-----------------------------------|---------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|----------|------|
| Ingreso                           | Natural       | CO <sub>2</sub> Natural – Troposfera  | 2.690E+08                   | 3.5             | 35000    |      |
|                                   | Natural       | Otros Gases – Troposfera              | -                           | -               | -        |      |
|                                   | Antropogénico |                                       | CO <sub>2</sub> Petróleo    | 5.515E+05       | 0.00718  | 71.8 |
|                                   |               |                                       | CO <sub>2</sub> Carbón      | 5.446E+02       | 0.000007 | 0.07 |
|                                   |               |                                       | CO <sub>2</sub> Gas Natural | 3.624E+05       | 0.00471  | 47.1 |
|                                   |               |                                       | CO <sub>2</sub> GLP         | 3.050E+04       | 0.000397 | 3.97 |
| Egreso                            |               | CO <sub>2</sub> absorbido por plantas | 6.22E+06                    | 0.08098         | 809.8    |      |
| <b>TOTAL CO<sub>2</sub></b>       |               | <b>2.637E+08</b>                      | <b>3.4313</b>               | <b>34313.09</b> |          |      |

Fuente: Propia

Figura 46. Volumen (km<sup>3</sup>) de gases en la Tropósfera por origen acumulados en un periodo de 100 años.

Fuente: Propia

### Balance de Masa de CO<sub>2</sub>

- El CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera

$$5,316 \times 10^{14} \text{ t CO}_2$$

- El CO<sub>2</sub> de origen Antropogénico es:

$$1,867 \times 10^{12} \text{ t CO}_2$$

- La absorción de CO<sub>2</sub> por las plantas, mediante la fotosíntesis, cada año:

$$1,230 \times 10^{13} \text{ t CO}_2$$

Balance

$$\begin{aligned} \text{Entradas} &= \text{CO}_2 \text{ Natural} + \text{CO}_2 \text{ Antropogénico} \\ &= 5,316 \times 10^{14} \text{ t CO}_2 + 1,867 \times 10^{12} \text{ t CO}_2 = 5,334 \times 10^{12} \text{ t CO}_2 \\ \text{Salidas} &= \text{CO}_2 \text{ Consumido por Plantas} \\ &= 1,230 \times 10^{13} \text{ t CO}_2 \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Balance} &= \text{Entrada CO}_2 - \text{Salida CO}_2 \\ &= 5,334 \times 10^{14} \text{ t CO}_2 - 1,230 \times 10^{13} \text{ t CO}_2 \\ &= \mathbf{5,2114 \times 10^{14} \text{ t CO}_2} \end{aligned}$$

Expresado en ppm:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{MasadeCO}_2 (g)}{\text{MasadelaTropofera(t)}} = \frac{5,2114 \times 10^{20} g}{1,5188 \times 10^{16} t} \times 10^6 \\ &= \mathbf{34313,09 \text{ ppm}} \end{aligned}$$

Tabla 46. Acumulación de Gases en la Troposfera en un periodo de cien años por masa (t).

| Gases en la Troposfera por origen |                                       | Por Masa (t)                         | Masa (%)      | ppm             |       |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-----------------|-------|
| Ingreso                           | Natural                               | CO <sub>2</sub> Natural – Troposfera | 5.315E+14     | 3.5             | 350.0 |
|                                   | Natural                               | Otros Gases – Troposfera             | 1.518E+16     | -               | -     |
|                                   | Antropogénico                         | CO <sub>2</sub> Petróleo             | 1.090E+12     | 0.00718         | 71.8  |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Carbón               | 1.076E+09     | 0.000007        | 0.07  |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> Gas Natural          | 7.161E+11     | 0.00471         | 47.1  |
|                                   |                                       | CO <sub>2</sub> GLP                  | 6.028E+10     | 0.000397        | 3.97  |
| Egreso                            | CO <sub>2</sub> absorbido por plantas | 1.230E+13                            | 0.08098       | 809.8           |       |
| <b>TOTAL CO<sub>2</sub></b>       |                                       | <b>5.2114E+14</b>                    | <b>3.4313</b> | <b>34313.09</b> |       |

Fuente: Propia

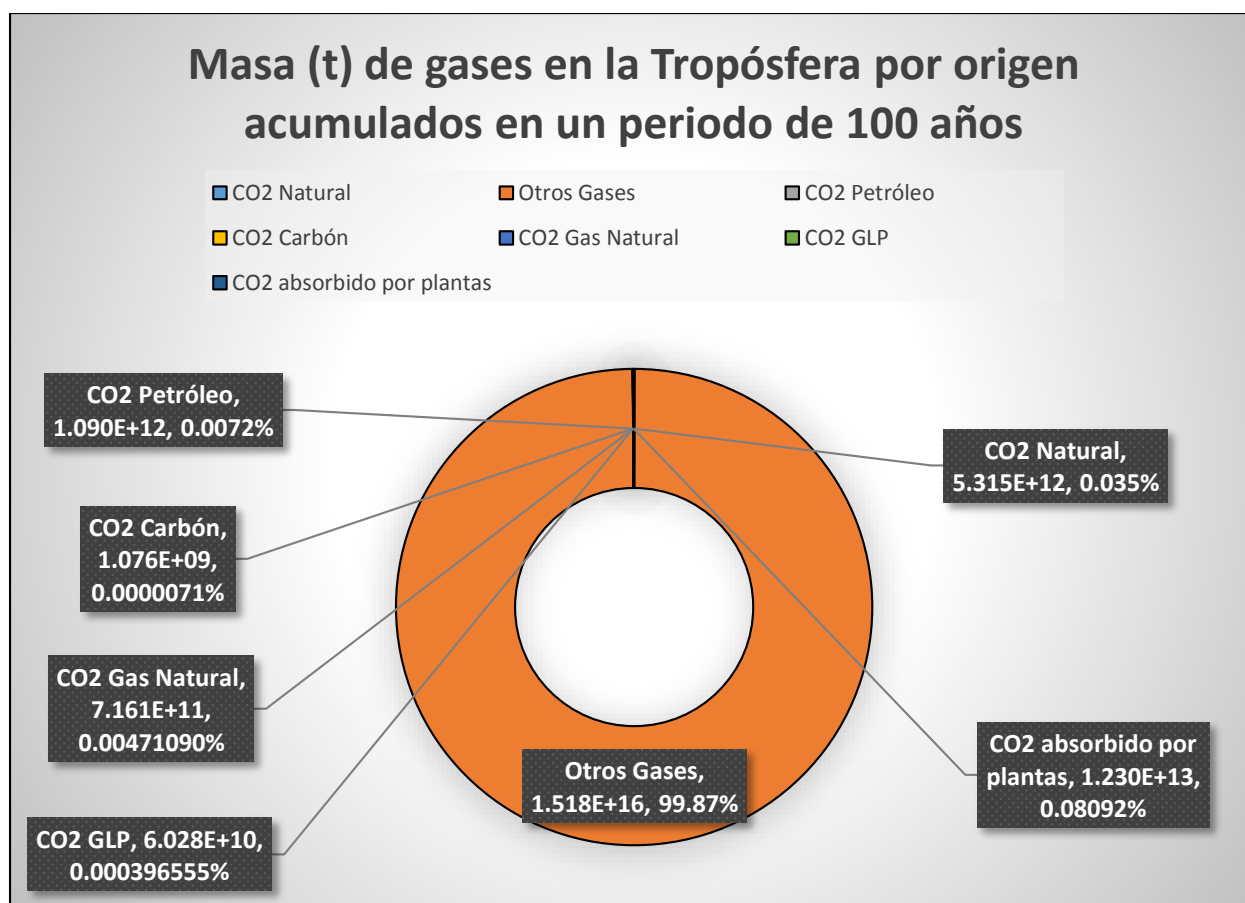


Figura 47. Masa (t) de gases en la Tropósfera por origen acumulados en un periodo de 100 años.

Fuente: Propia

### C. Balance complementario del volumen de vapor de agua

Para el cálculo de la cantidad de vapor de agua emitido por combustión de combustibles fósiles, se aplicaron las ecuaciones 3 a la 9, y de la 34 a la 36.

Es así que considerando la densidad del agua 0.59 kg/m<sup>3</sup>, se determina:

Tabla 47. Masa en toneladas de vapor de agua producida por combustión de combustibles fósiles

| COMBUSTIBLE  | MASA H <sub>2</sub> O            |
|--------------|----------------------------------|
| Petróleo     | 3.90E+09 t H <sub>2</sub> O      |
| Carbón       | 2.45E+06 t H <sub>2</sub> O      |
| Gas Natural  | 5.75E+09 t H <sub>2</sub> O      |
| GLP          | 3.21E+08 t H <sub>2</sub> O      |
| <b>TOTAL</b> | <b>9.97E+09 t H<sub>2</sub>O</b> |

Fuente propia

*Tabla 48.* Volumen en km<sup>3</sup> de vapor de agua producida por combustión de combustibles fósiles

| <b>COMBUSTIBLE</b> | <b>VOLUMEN H<sub>2</sub>O</b>                 |
|--------------------|---|
| Petróleo           | 6.61E+03 km <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O     |
| Carbón             | 4.15E+00 km <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O     |
| Gas Natural        | 9.74E+03 km <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O     |
| GLP                | 5.43E+02 km <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O     |
| <b>TOTAL</b>       | <b>1.69E+04 km<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O</b> |

Fuente propia

## V. Discusión de resultados

La concentración registrada por el Instituto Scripps de Oceanografía durante el mes de abril de 2018 sitúa el promedio de Dióxido de Carbono en la atmósfera en 410,31 partes por millón (ppm). “Antes del inicio de la Revolución Industrial, los niveles de CO<sub>2</sub> habían fluctuado durante milenios, pero nunca habían excedido 300 ppm en ningún punto en los últimos 800.000 años”, detallan los expertos de Scripps. (Pablo Ramos, 2018)

La concentración porcentual volumétrica del Dióxido de carbono contenido en condiciones normales en la Atmósfera, con especial énfasis en la tropósfera, alcanza el 0.035% o 350 ppm, y se establecen valores superiores a 410,31 y otras publicaciones indican que se han superado las 420 ppm.

Los resultados obtenidos en los cálculos estequiométricos, arrojan una concentración de 343,1309 ppm. que difiere de lo arriba acotado.

### **Emanaciones gaseosas volcánicas:**

De las investigaciones bibliográficas realizadas, en la actualidad se tiene que existen, un número estimado de 1555 volcanes y que con respecto a las emisiones gaseosas, solo ha posible determinar que en la erupción del monte Santa Helena, se emitieron 10 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en nueve (09) horas, (Radio ADN 97.9 FM - Rafaela, 2018) lo que según lo calculado equivale a 5,0607 km<sup>3</sup> o 6,5841 x 10<sup>-4</sup> ppm CO<sub>2</sub>.

## VI. Conclusiones

- La radiación solar cuantificada por los estudios realizados, no representa un factor determinante en el denominado Cambio Climático – Calentamiento Global, y los resultados, ubicados en la página 112, indican un patrón de  $-31^{\circ}\text{C}$ , siendo la realidad, que la temperatura promedio de nuestro planeta es de  $15^{\circ}\text{C}$ , según el análisis.

- Los efectos de las explosiones o manchas solares, a decir de los autores analizados, no es un factor a considerar térmicamente en Cambio Climático – Calentamiento Global, pues solo tiene efectos electromagnéticos, que afectan comunicaciones.

- Las emisiones gaseosas y térmicas de origen natural, no son susceptibles de ser cuantificadas por el momento, sin embargo es necesario tomarlas en cuenta, debido a su potencial de causar un real Cambio Climático, sin el concurso de los aspectos antrópicos, tal como ha ocurrido en el pasado.

- Los cálculos estequiométricos realizados en el presente trabajo revelan que los aportes de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), por acción antrópica, si bien es cierto significan un contribuyente del considerado principal gas invernadero, no lo está en cantidades que determinen un elemento decisivo en como factor del denominado Cambio Climático – Calentamiento Global. (Pág.113 a 153).

- El contenido técnico del Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) en la atmósfera es de 0,035% como volumen normal, lo que nos indica que la base de cálculo es de 350 ppm, refutando los estudios presentados (Pág.76), que indican que los valores de concentración de este gas, han alcanzado niveles que superan los últimos 800 000 años, tomando como record de aproximadamente 410,31 ppm.

- Los cálculos estequiométricos de las fuentes de combustibles fósiles, tomando como base las estadísticas de consumo de año pico, para petróleo, gas licuado de petróleo y Gas Natural el año 2017 y para carbón de Piedra el año 2014, arrojan resultados finales al



balancearlo con el consumo o retiro por actividad fotosintética del orden de 343,1309 ppm que difieren en 67,1791 ppm

- Las emisiones antrópicas de metano, cuantificadas solo por la actividad pecuaria, arrojan valores aparentemente significativos, pero al relacionarlos con sus equivalentes en unidades de CO<sub>2</sub> expresan valores que niegan ese aspecto.

- Las emisiones del vapor de agua, calculadas en el análisis estequiométrico, cuantitativamente, no representan valores significativos.

## **VII. Recomendaciones**

- Contando con la necesidad de información primaria, sobre todo en cuanto a la cuantificación de las emisiones de gases invernadero de origen volcánico, que a su vez se convertirá en insumo para el posterior modelamiento, por ejemplo de tipo matemático vectorial y en tiempo real para el comportamiento de las emisiones y la propia actividad volcánica.

- Es necesario ampliar y profundizar los estudios sobre el calor entregado desde el interior de la tierra, especificado hasta el momento por el modelo de “Tectónica de Placas” y la Teoría de las Plumas del Manto, que permitirán conocer la realidad volcánica submarina, asociada al Cambio Climático –Calentamiento Global.

## VIII. Referencias

- © Ambientum.com. (s.f.). *Ambientum*. Obtenido de [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/atmosfera/composicion-de-la-atmosfera.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/composicion-de-la-atmosfera.asp)
- Academic.com. (2000). *Academic.com*. Obtenido de Océano Tetis: <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/771675>
- AstroMía. (s.f.). *AstroMía*. Obtenido de La teoría del Big Bang y el origen del Universo: <https://www.astromia.com/astrofísica/teoriabigbang.htm>
- Barrera, L. (2017). *sobrehistoria.com*. Obtenido de LA evolución Humana: Proceso de Hominización: <https://sobrehistoria.com/proceso-de-hominizacion/>
- Barros R., M. (2015). *Tele 13*. Obtenido de Dónde están y cómo son los 1555 volcanes del mundo: <http://www.t13.cl/noticia/mundo/donde-estan-y-como-son-los-1.555-volcanes-del-mundo>
- BBC News Mundo. (2018). *BBC*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46690132>
- Bhatt, J. J. (1978). *Oceanography Exploring the Planet Ocean*. New York: D. Van Nostrand.
- CABRERA HONORES, J. A., & otros, y. (2015). *MUSEO VIRTUAL DEL COLEGIO DE BACHILLERATO JAMBELI*. Obtenido de <http://nuestroprimermuseumvirtual.blogspot.com/2015/07/>
- Cambia tu mundo. (2016). *Ciencias de la Tierra y ambientales 2º Bachillerato Colegio Gaudem*. Obtenido de <http://2bachctmgaudem.blogspot.com/2016/11/composicion-de-la-atmosfera.html>
- CHEMA TIERRA. (2014). *Chema, Descubriendo los secretos de la Tierra*. Obtenido de <http://chematierra.blogspot.com/2014/08/las-erupciones-volcanicas-y-sus-efectos.html>
- Cruz, C. D. (2015). *Los volcanes y las Erupciones volcánicas*. Obtenido de Universidad Mayaguez - Puerto Rico: <https://slideplayer.es/slide/2983201/>
- Departamento de Petrología y Geoquímica (Universidad Complutense de Madrid). (2014). *ATLAS DE ROCAS ÍGNEAS - .* Obtenido de <https://petroigne.wordpress.com/formas-de-yacimiento/depositos-volcanicos/edificios-volcanicos/>
- ecoticias.com. (2010). Obtenido de <https://www.ecoticias.com/co2/28961/medio-ambiente-definicion-noticias-contaminacion-cambio-climatico-calentamiento-global-ecologia-ecosistema-medioambiente-medioambiental-impacto-politica-gestion-legislacion-educacion-responsabilidad-tecnico-sostenible-o>
- EcuRed. (2012). *Radiación cósmica*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Radiaci%C3%B3n\\_c%C3%B3smica](https://www.ecured.cu/Radiaci%C3%B3n_c%C3%B3smica)

- EcuRed. (2013). *EcuRed.cu*. Obtenido de Glaciación:  
<https://www.ecured.cu/Glaciaci%C3%B3n>
- EcuRed. (s.f.). *EcuRed, Conocimiento con todos y para todos*. Obtenido de Ley de conservación de la materia:  
[https://www.ecured.cu/Ley\\_de\\_conservaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_materia](https://www.ecured.cu/Ley_de_conservaci%C3%B3n_de_la_materia)
- Educ.ar. (s.f.). *ENERGÍAS DE MI PAÍS*. Obtenido de  
<http://energiasdemipais.educ.ar/combustibles-fosiles-3/>
- educarchile. (s.f.). *educarchile*. Obtenido de  
<http://centroderecursos.educarchile.cl/handle/20.500.12246/52352>
- El Comercio. (2019). *El Comercio*. Obtenido de  
<https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/islas-marshall-registran-radiacion-chernobil-fukushima-mexico-espana-argentina-colombia-noticia-659556>
- El País.com. (2016). *El País- Economía*. Obtenido de El consumo de carbón entra en una inédita fase de estancamiento en el mundo:  
[https://elpais.com/economia/2016/12/09/actualidad/1481294305\\_673780.html](https://elpais.com/economia/2016/12/09/actualidad/1481294305_673780.html)
- Eliot, J. (2019). *HISTORIA Y VIDA*. Obtenido de EL INVENTO QUE CASI DESTRUYE EL MUNDO: [https://www.lavanguardia.com/historiayvida/los-cfc-y-el-agujero-capade-ozono\\_12967\\_102.html](https://www.lavanguardia.com/historiayvida/los-cfc-y-el-agujero-capade-ozono_12967_102.html)
- ESPERE - Environmental Science Published for Everybody Round th earth. (2004). *ESPERE*. Obtenido de Composición de la estratosfera:  
[http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/1\\_\\_Entendiendo\\_la\\_estratosfera/\\_composici\\_n\\_2wd.html](http://klimat.czn.uj.edu.pl/enid/1__Entendiendo_la_estratosfera/_composici_n_2wd.html)
- Estudiando Biología. (2013). *DESCUBRIENDO LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA*. Obtenido de <http://estudiandobiologia1234.blogspot.com/>
- Expansión.com. (2017). *La OPEP eleva la demanda de petróleo en 2017 y 2018*. Obtenido de <http://www.expansion.com/mercados/materias-primas/2017/10/11/59de046ae2704ed0438b45a8.html>
- FAO. (2006). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2018). *ATMOSFERA: DEFINICION, COMPOSICION Y CAPAS QUE LA CONFORMAN*. Obtenido de <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/atmosfera-definicion-composicion-y-capas-que-la-conforman/>
- Fuentes, B. (2019). *El País - Verne*. Obtenido de Metano y humanos: el mito de que las vacas están matando el planeta:  
[https://verne.elpais.com/verne/2019/08/14/articulo/1565772549\\_444060.html](https://verne.elpais.com/verne/2019/08/14/articulo/1565772549_444060.html)
- Gass, I., Smith, P., & Wilson, R. (2002). *Introducción a las ciencias de la tierra*. Sevilla-España: REVERTÉ, S.A.

- Gerendas-Kiss, S. A. (2019). *SGK PLANET*. Obtenido de <https://sgerendask.com/es/breve-historia-de-las-cop-conferencias-sobre-el-cambio-climatico/>
- Giddens, A. (2000). *La Tercera Vía y sus críticos*. México, D.F: Taurus.
- Gore, A. (2007). *Una verdad incómoda*. Barcelona, España: Gedisa.
- Historia y biografías. (2015). *Las eras Geológicas del Planeta Tierra primeros seres vivos orgánicos*. Obtenido de <https://historiaybiografias.com/tierra1/>
- INGEMMET-MINEM. (2015). *Tipos de Volcanes*. Obtenido de [http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page\\_id=922](http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=922)
- Instituto Geofísico del Perú - IGP. (2010). *Tipo de Volcanes Según la Forma*. Obtenido de <http://ovs.igp.gob.pe/tipo-volcanes-segun-forma>
- Isaza Delgado, J. F., & Campos Romero, D. (2007). *Cambio Climático: Glaciaciones y calentamiento global*. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Isaza Delgado, J., & Campos Romero, D. (2007). *Cambio Climático - Glaciaciones y Calentamiento Global* (Primera Edición ed.). Bogotá, Colombia. doi:987-958-9029-89-3
- J.Flores. (s.f.). Obtenido de <http://www.uaaan.mx/~jaflores/humedad/humedad.pdf>
- Le Pichon, X., & Pautot, G. (1987). *El fondo de los Océanos*. España: Orbis S.A.
- LOYO, E. E. (2014). *Ciencia UANL*. Obtenido de <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=1434>
- Martín Gómez, F. G. (s.f.). *Ambiente Ecológico WWW*. Obtenido de <http://www.ambiente-ecologico.com/revist63/fabian63.htm>
- Martín, D. (2012). *Pangeados*. Obtenido de <https://www.pangeados.com/2012/07/formacion-y-origen-de-islandia.html>
- Martinez Navarro, F., & Turégano García, J. C. (s.f.). *Gobierno de Canarias*. Obtenido de [http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/pdf/u8\\_nuevos\\_materiales.pdf](http://www3.gobiernodecanarias.org/aciisi/cienciasmc/web/pdf/u8_nuevos_materiales.pdf)
- Mercado Cáceres, F. (2007). *Calentamiento Global, Cambios Climáticos y Desarrollo Sostenible*. Lima, Lima, Perú: FECAT.
- Ministerio de Educación - Gobierno de España;. (s.f.). *Proyecto Biosfera*. Obtenido de Estructura de la Tierra- El movimiento de las Placas Litosféricas: <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/estrucinternatierra/contenido5.htm>
- misistemasolar.com. (2018). *misistemasolar.com*. Obtenido de Atmósfera y su estructura: <http://misistemasolar.com/atmosfera-y-su-estructura/>
- Nautical News Today. (2017). *Nautical News Today*. Obtenido de Volcanes submarinos, donde el fuego y el agua van de la mano: <https://www.nauticalnewstoday.com/volcanes-submarinos/>

- Nieves, J. M. (2017). *ABC ciencia*. Obtenido de [https://www.abc.es/ciencia/abci-dinosaurios-murieron-medio-frio-y-oscuridad-201701162048\\_noticia.html](https://www.abc.es/ciencia/abci-dinosaurios-murieron-medio-frio-y-oscuridad-201701162048_noticia.html)
- NOAA. (2018). *National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA*. Obtenido de [https://www.nesdis.noaa.gov/sites/default/files/g17\\_abi\\_20may18\\_1800z\\_geocolor\\_1ogos.jpg](https://www.nesdis.noaa.gov/sites/default/files/g17_abi_20may18_1800z_geocolor_1ogos.jpg)
- Ogg, J., Ogg, G., & Gradstein, F. (2016). *A Concise Geologic Time Scale*. Rotterdam: Elsevier.
- One World South Asia*. (2011). Obtenido de <https://web.archive.org/web/20110825101929/http://southasia.oneworld.net/todaysheadlines/india-more-ngos-than-schools-and-health-centres>
- Otterbach, D. H. (2014). *Energía y Calentamiento Global ¿Como asegurar la supervivencia de la humanidad?* México: Grupo Editorial Patria S.A.
- Pablo Ramos. (2018). *eltiempo.es*. Obtenido de Abril 2018, el mes récord en emisiones de CO2: <https://noticias.eltiempo.es/abril-2018-emisiones-de-co2-dioxido-carbono-record-altas/>
- Panzarini, R. N. (1984). *Introducción a la oceanografía general*. Buenos Aires: EUDEBA.
- Pelino, A. E. (2003). Tesis: Gas Licuado de Petróleo (Un enfoque público). Buenos Aires, Argentina.
- Pérez Piñon, F. A. (2013). *UAEM redalyc.org*. Obtenido de Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología: <http://www.redalyc.org/html/122/12226119006/>
- Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP. (s.f.). *Química General*. Obtenido de 2.2. Ondas Electromagnéticas - Teorías de Planck y Bohr: <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/propiedades-de-las-ondas-electromagneticas-teoria-cuantica-de-planck-contribucion-de-bohr-.html>
- Portillo, G. (2018). *Meteorología en Red*. Obtenido de La teoría de la deriva continental: <https://www.meteorologiaenred.com/deriva-continental.html>
- PRATEC - Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas. (2009). *Cambio Climático y Sabiduría Andino Amazónica - Perú*. Lima: Bellido Ediciones E.I.R.L.
- Promperu Oficia. (2011). *Cono de lava*. Obtenido de <http://perucelebra.com/es/volcan-misti-2/>
- Radiation Laws. (s.f.). *Starlight and Blackbodies*. Obtenido de <http://www.pas.rochester.edu/~blackman/ast104/radiation.html>
- Radio ADN 97.9 FM - Rafaela. (2018). *ADN Radio FM 97.9*. Obtenido de <https://adn979.com/noticia/118025/conoce-como-afectan-las-erupciones-volcanicas-al-cambio-climatico>
- Romero, M. L. (2012). *Lifeder*. Obtenido de ¿Cuáles son las Placas Tectónicas en México?: <https://www.lifeder.com/placas-tectonicas-mexico/>

- Rosen, J. (2019). *Los Angeles Times*. Obtenido de <https://www.latimes.com/espanol/vidayestilo/la-es-aumenta-la-cantidad-de-metano-en-la-atmosfera-y-eso-preocupa-a-los-cientificos-20190301-story.html>
- sedigas (Asociación española del Gas). (2017). *Informe Anual 2017: El Gas en Europa y en el Mundo*. Barcelona: sedigas.
- Sevilla, F. (2013). *La atmosfera terrestre: Origen y composición*. Obtenido de <https://vega00.com/2013/10/atmosfera-terrestre-origen-y-composicion.html/>
- Sinc. (2018). *Sinc - La ciencia es noticia*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Primer-analisis-completo-de-la-actividad-solar-de-los-ultimos-400-anos>
- Stoneking, B. P. (2005). *MITOCHONDRIAL DNA AND HUMAN EVOLUTION*. doi: 10.1146/annurev.genom.6.080604.162249
- Terry Calderón, V. M. (1991). *COMBUSTIÓN Y CÁLCULOS DE DISPERSIÓN DE EMISIONES*. Lima.
- UNHCR - ACNUR. (2018). *LA Agencia de la ONU para los Refugiados*. Obtenido de <https://eacnur.org/blog/las-consecuencias-del-calentamiento-global-mas-graves/>
- University of Rochester - Department of Physic and Astronomy. (s.f.). *Radiation Laws*. Obtenido de <http://www.pas.rochester.edu/~blackman/ast104/radiation.html>
- Vengoechea, A. d. (2012). *Proyecto Energía y Clima de la Fundación Friedrich Ebert - FES*. Obtenido de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09155.pdf>
- volcanpedia.com. (s.f.). *Volcanes domo de lava*. Obtenido de <http://www.volcanpedia.com/volcanes-domo-de-lava/>
- World LPG Association (WLPGA). (2015). *LPG exeptional energy*. Obtenido de [LPG exeptional energy: https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf](https://www.wlpga.org/wp-content/uploads/2015/10/WLPGA-EE-PDF-ES.V1.pdf)