

Análisis del entorno

Estudio de viabilidad técnica para la autogestión energética sostenible en una isla remota

Trabajo de fin de máster

Anexo 1

**Ingolf Spreewitz
Gabriel Ignacio Rello Costa
José Rey Pozueco
Jordi Calpe i Planells
Joshua Ponce Delgado**

Universidad Europea
Máster en Energías Renovables
Curso 2022 – 2023



Índice global

1	Demografía	5
2	Geografía	7
3	Economía	8
4	Climatología.....	8
4.1	Clima y temperaturas	8
4.2	Nubosidad	9
4.3	Evolución de la climatología.....	10
4.4	Afectaciones por desastre naturales.....	11
5	Marco legislativo	11
5.1	Situación actual	11
5.2	Marco legal.....	12
5.3	Áreas protegidas	13
6	Referencias bibliográficas	14

Índice de figuras

1.1.1.1	PIB y renta per cápita promedio Reino de Tonga. (PIB De Tonga 2021, n.d.)	5
1.1.1.2	Demografía y consumo Tongatapu, extrapolación.....	6
1.1.1.3	Consumo energético a partir de los datos y la extrapolación.....	7
4.1.1.1	Tabla de temperaturas Tongatapu	9
4.2.1.1	Índice de nubosidad. Tongatapu. (El Clima En Tonga, El Tiempo Por Mes, Temperatura Promedio (Tonga) - Weather Spark, n.d.)	10
4.3.1.1	Tabla resumen características	10
5.3.1.1	Espacios protegidos Tongatapu y Eua (Tonga I PIPAP, n.d.).....	13

1 Demografía

El reino de Tonga es un país insular pequeño, con una serie de islas distribuidas por su archipiélago conformado por 176 islas con una población de 106.700 habitantes (2021), siendo Tongatapu su isla principal que alberga casi aproximadamente el 70% de la población del reino y ha mantenido su estabilidad económica en los últimos 20 años, (aunque a pesar de ello su inflación promedio en los últimos 40 años se sitúa en un 10%) y el PIB hace que el país se encuentre en el puesto 121 del Ranking mundial. (*PIB De Tonga 2021, n.d.*).

Además, el desarrollo económico se ve perturbado con frecuencia por desastres naturales pues se sitúa en una zona con actividad volcánica además de su exposición a fenómenos atmosféricos típicos del océano Pacífico (*Tonga primary materials. (n.d.)*), lo que genera una gran dependencia de las importaciones, en especial para materia de energía, ya que no cuenta (año 2020) con explotación de recursos propios como fuentes de energía renovable.

Se encuentra en la región más remota del Pacífico, lo que plantea retos típicos de los países insulares pequeños, como el aislamiento geográfico, los recursos humanos y financieros limitados, presenta una muy elevada dependencia energética y posee un mercado interior muy pequeño y los altos costes de las actividades comerciales y la prestación de servicios. La economía es limitada y depende de las remesas y la ayuda externa para complementar los ingresos nacionales.

En la tabla que se muestra a continuación puede verse el PIB del Reino de Tonga además del PIB per cápita desde el año 2002 hasta el 2021 según (*PIB De Tonga 2021, n.d.*)

Evolución: PIB anual Tonga			Evolución: PIB Per Capita Tonga		
Fecha	PIB anual	Var. PIB (%)	Fecha	PIB Per Capita	Var. anual PIB Per Capita
2021	470 M\$	-2,7%	2021	4.433 \$	-9,4%
2020	490 M\$	0,5%	2020	4.892 \$	-4,0%
2019	511 M\$	0,7%	2019	5.096 \$	6,5%
2018	481 M\$	0,2%	2018	4.785 \$	4,6%
2017	460 M\$	3,3%	2017	4.577 \$	9,5%
2016	421 M\$	6,6%	2016	4.178 \$	-2,8%
2015	437 M\$	1,2%	2015	4.298 \$	-0,1%
2014	440 M\$	2,0%	2014	4.304 \$	-1,9%
2013	451 M\$	0,3%	2013	4.386 \$	-3,8%
2012	471 M\$	0,8%	2012	4.557 \$	13,5%
2011	415 M\$	6,8%	2011	4.015 \$	12,5%
2010	367 M\$	0,8%	2010	3.569 \$	17,1%
2009	312 M\$	-5,2%	2009	3.047 \$	-9,5%
2008	344 M\$	4,8%	2008	3.368 \$	15,1%
2007	299 M\$	-2,5%	2007	2.926 \$	1,7%
2006	292 M\$	-2,2%	2006	2.876 \$	11,2%
2005	262 M\$	-0,4%	2005	2.587 \$	13,0%
2004	231 M\$	-1,9%	2004	2.289 \$	13,6%
2003	202 M\$	0,1%	2003	2.015 \$	10,2%
2002	183 M\$	4,5%	2002	1.829 \$	0,6%

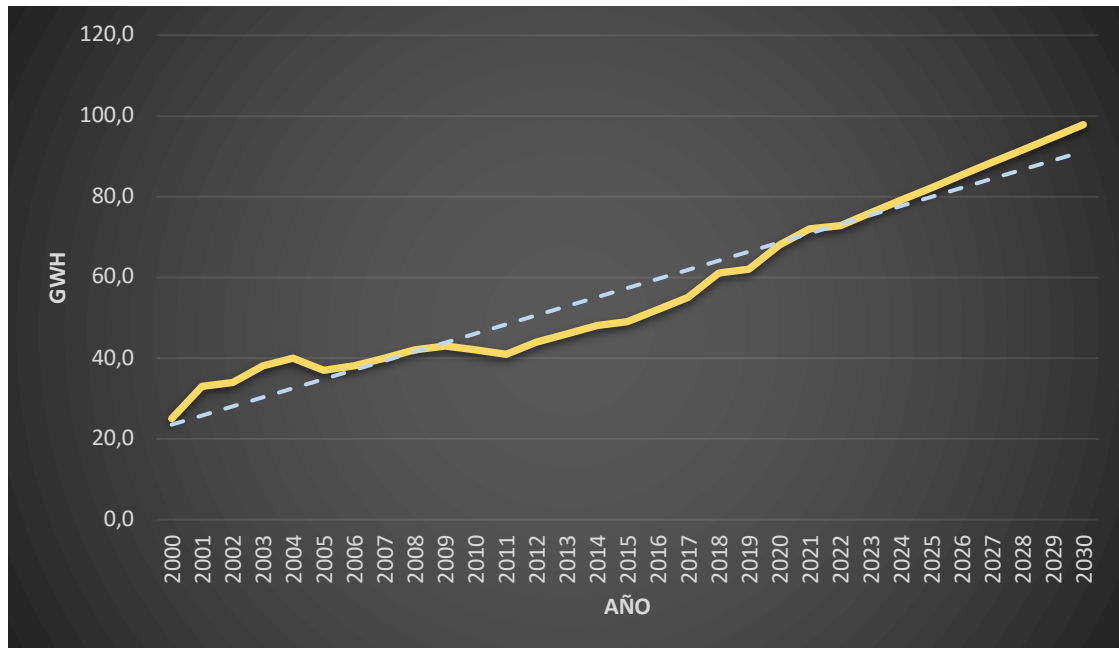
1.1.1.1 PIB y renta per cápita promedio Reino de Tonga. (*PIB De Tonga 2021, n.d.*)

A raíz de los datos de consumo y de demografía obtenidos en (Tonga - Población 2021. (n.d.)) se ha elaborado una tabla a partir de una extrapolación en función de la ecuación de la recta de calibrado con el fin de poder estimar tanto la evolución de la población de la isla principal como de su consumo para poder realizar, posteriormente una estimación de la producción necesaria:

Consumo eléctrico anual			
Tongatapu			
Año	Consumo ¹ [GWh]	C./cápita [kWh]	Población ²
2000	25	253	71.821
2001	33	330	72.246
2002	34	340	72.664
2003	38	380	73.088
2004	40	396	73.525
2005	37	366	73.943
2006	38	373	74.333
2007	40	392	74.646
2008	42	412	74.852
2009	43	416	75.001
2010	42	406	75.168
2011	41	402	75.328
2012	44	431	75.251
2013	46	447	74.962
2014	48	473	74.638
2015	49	482	74.285
2016	52	516	73.995
2017	55	542	73.791
2018	61	610	73.605
2019	62	625	73.465
2020	68	679	73.678
2021	72	679	74.213
2022	73	722	75.176
2023	76	754	75.270
2024	79	786	75.364
2025	82	819	75.458
2026	85	851	75.552
2027	88	883	75.646
2028	92	915	75.740
2029	95	947	75.834
2030	98	979	75.928

1.1.1.2 Demografía y consumo Tongatapu, extrapolación

Con estos datos se ha podido generar el gráfico hasta 2030:



1.1.1.3 Consumo energético a partir de los datos y la extrapolación

2 Geografía

El Reino de Tonga es un archipiélago ubicado en el Océano Pacífico Sur, al sur de Samoa y al este de Fiji. Se compone de 176 islas, de las cuales 96 están habitadas. La isla más grande es Tongatapu, donde se encuentra la capital, Nukualofa.

Tonga se encuentra en una zona de alta actividad volcánica y sísmica, ya que se encuentra en el Anillo de Fuego del Pacífico. En enero de 2022, una erupción volcánica en el volcán Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, ubicado a unos 65 kilómetros de Tongatapu, provocó un tsunami que causó daños en todo el país.

Tonga también es vulnerable a los ciclones tropicales, que son comunes en la región entre noviembre y abril. En abril de 2020, el ciclón tropical Harold causó daños generalizados en Tonga, dejando a miles de personas sin hogar.

A pesar de estos desafíos, Tonga es un país hermoso y diverso con una rica cultura. El país es conocido por sus playas de arena blanca, sus aguas cristalinas y sus exuberantes bosques tropicales. Tonga también es un destino popular para los observadores de ballenas, ya que las ballenas jorobadas migran a las aguas del país durante los meses de verano.

3 Economía

Según el documento público de la Oficina de Información Diplomática del Ministerio de España del año 2021 sobre el reino de Tonga, se sabe que:

- PIB en millones USD corrientes (2021): 469.231.310
- PIB % crecimiento real (2021): -2,7%
- Tasa de inflación (2022): 11%
- Tasa de paro (2011, última cifra disponible): 6,5%
- Balanza c/c en millones USD (2021): -23
- Balanza c/%PIB (2021): -48,32%
- Tipo de cambio (1 de junio de 2023): 0,38 EUR; 0,41 USD

En cuanto al comercio exterior:

- Exportación bienes [M\$]: 14,8
- Importación bienes [M\$]: 265
- Saldo balanza comercial [M\$]: -250
- Reservas en moneda extranjera (mayo de 2023) [M\$]: 368
- Cobertura con reservas de moneda extranjera (mayo de 2023): 12,4 meses de importaciones

4 Climatología

4.1 Clima y temperaturas

Tongatapu presenta un clima subtropical con una estación húmeda y una estación seca. Las temperaturas medias oscilan entre los 15 y los 32 °C. Los ciclones tropicales son comunes, pero hay una alta probabilidad de que no afecten a Tonga en un año determinado.

Tonga es muy vulnerable a los peligros naturales, como la subida del nivel del mar, la actividad volcánica, los terremotos y los tsunamis. Los desarrollos sociales y económicos también ponen al país en riesgo de degradación del suelo. (*Taumoepeau, M. (2019).*

La isla de Tongatapu tiene una temperatura generalmente varía entre los 19°C y 31°C donde rara vez se desciende de los 16°C o se asciende a temperaturas superiores a los 32°C. Los veranos en estas islas son calurosos y con presencia de nubes, mientras que los inviernos son templados y de baja nubosidad. Debido a sus ubicaciones aisladas en el Pacífico, todo el archipiélago es ventoso durante todo el año.

“La temperatura promedio en Nuku’ alofa, que es la capital de isla principal, presenta una temporada calurosa de 3,5 meses del 23 de diciembre al 6 de abril siendo la temperatura máxima promedio de 29°C. El mes mas caluroso del año es en febrero donde la temperatura máxima promedio es de 29°C y mínima de 24°C. La temporada fresca dura 3,6 meses desde el 12 de junio al 29 de septiembre, la temperatura máxima promedio es de 24°C, siendo el mes más frío del año agosto con una temperatura mínima promedio es de 19°C. A continuación, se muestra una tabla de temperaturas entre el año 2020 y la actualidad donde se presenta la temperatura máxima, mínima y el promedio mensual.” (Texto literal obtenido de Weather Spark, n.d.)

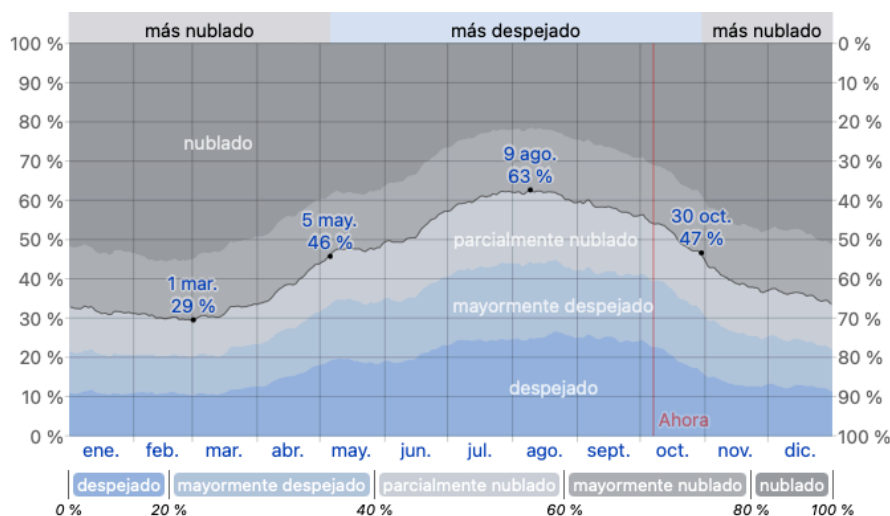
Promedio	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Máxima	29 °C	29 °C	29 °C	28 °C	26 °C	25 °C	24 °C	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C	28 °C
Temp.	26 °C	26 °C	26 °C	25 °C	24 °C	22 °C	21 °C	21 °C	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C
Mínima	24 °C	24 °C	24 °C	23 °C	21 °C	20 °C	19 °C	19 °C	19 °C	20 °C	22 °C	23 °C

4.1.1.1 Tabla de temperaturas Tongatapu

El tiempo más despejado del año dura aproximadamente 6 meses comprendidos desde el mayo hasta finales de octubre, el mes con menor nubosidad es en agosto es cual está totalmente despejado un 60 % del mes, según los datos obtenidos de Weather Spark, n.d.

4.2 Nubosidad

La temporada con mayor nubosidad del año va de finales de octubre a inicios de mayo, siendo el mes más nublado del año febrero donde ha presentado una nubosidad durante el 70 % del mismo:



Fracción	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Más nublado	68 %	70 %	68 %	61 %	53 %	47 %	39 %	39 %	42 %	49 %	61 %	64 %
Más despejado	32 %	30 %	32 %	39 %	47 %	53 %	61 %	61 %	58 %	51 %	39 %	36 %

4.2.1.1 Índice de nubosidad. Tongatapu. (El Clima En Tonga, El Tiempo Por Mes, Temperatura Promedio (Tonga) - Weather Spark, n.d.)

En cuanto a las precipitaciones, los meses de mayo pluviosidad son enero febrero y marzo, mientras que el mes con menor precipitación es en agosto.

4.3 Evolución de la climatología

A continuación, se muestra una ilustración con datos recogidos desde el año 1990 hasta 2021 a en una tabla resumen datos de temperaturas promedio, máximas y mínimas promedio precipitaciones, días de lluvia humedad y horas de sol. - *Weather Spark, n.d.*)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	26	26.4	26.3	25.6	24.3	23.4	22.4	22.1	22.4	23.1	24	25.1
Temperatura min. (°C)	25.4	25.7	25.6	25	23.8	22.8	21.9	21.5	21.9	22.6	23.5	24.5
Temperatura máx. (°C)	26.5	27	26.9	26.2	24.9	23.9	23	22.7	23	23.6	24.6	25.6
Precipitación (mm)	211	210	229	170	110	118	104	118	110	97	114	115
Humedad(%)	81%	82%	81%	78%	74%	73%	72%	72%	75%	75%	77%	78%
Días lluviosos (días)	14	14	15	12	9	8	7	7	8	8	8	11
Horas de sol (horas)	8.4	8.4	7.8	7.3	6.6	5.9	5.6	5.9	6.8	7.4	7.7	8.3

4.3.1.1 Tabla resumen características

Los eventos ambientales extremos que más afectan la vida de las personas en Tonga son la sequía, los ciclones y las inundaciones. Los factores que influyen en estas diferencias incluyen la experiencia histórica con eventos extremos, la edad de la población y las características de las viviendas. (*Beyerl, K., Mieg, H. A., & Weber, C. (2018) y Moala, K. (2014).*)

La población se enfrenta a una serie de desafíos ambientales, incluidos ciclones, inundaciones y erosión. La estrategia de adaptación más común es plantar árboles y elaborar zonas de cultivos, es crucial por tanto que el gobierno los ayude a enfrentar estos desafíos apoyando la replantación de plantas costeras, brindando asistencia financiera y mejorando la gestión de residuos y el suministro de electricidad, fomentando además el trabajo con las comunidades locales para aumentar la conciencia y la educación sobre el cambio ambiental. (*Kuruppu, N., & Willie, R. (2014).*)

4.4 Afectaciones por desastre naturales

Tonga ha sido afectada por diferentes fenómenos extremos a lo largo de su historia como tsunamis y terremotos debido a la actividad volcánica. La mayoría de tsunamis están asociados a terremotos. Los relatos históricos describen los devastadores efectos de algunos de estos tsunamis.

Algunos de los más destacables son los siguientes:

- 24 de diciembre de 1853
- 4 de agosto de 1892
- 19 de julio de 1907

Los tsunamis son un peligro natural importante para Tonga, y es importante que la población esté preparada para estos eventos.

“Un registro histórico de Tonga describe una isla que apareció en el oeste del país en 1853, poco después de un terremoto. Los lugareños creían que la isla se había formado a causa del terremoto, pero es posible que los dos eventos no estén relacionados. El volcán Hunga es conocido por emerger y sumergirse periódicamente como resultado de la actividad volcánica, y también genera muchos terremotos sentidos en Tongatapu”. *(Texto literal obtenido de: Beyerl, K., Mieg, H. A., & Weber, C. (2022)).*

5 Marco legislativo

5.1 Situación actual

El gobierno de China y el banco central asiático realizan una sólida cooperación con Tonga en el marco del Foro de Desarrollo Económico y Cooperación China-Países Insulares del Pacífico en varios sectores, como la agricultura, las infraestructuras y las energías renovables, y esperamos ampliar nuestra cooperación en ese marco. Las principales fuentes de financiación son: “Asian Development Bank (ADB) y Green Climate Fund (GCF) toward the cost of the Tonga Renewable Energy Project”.

En respuesta a la dependencia de las importaciones de combustible y los costes medioambientales asociados, el GOT (Government of Tonga) promulgó el acta de Energías Renovables en 2008 y desarrolló el TERM (Tonga Energy Road Map) para guiar la transición hacia un sector energético más sostenible. *(Home I Convention on Biological Diversity, n.d.).*

5.2 Marco legal

En cuanto a energía y electricidad en el Reino de Tonga actualmente rigen las siguientes (*United Nations Development Programme, n.d.*):

- **Ley de Electricidad de 1968 (*Electricity Act 1968*)**: Esta ley establece el marco regulatorio para la generación, transmisión y distribución de electricidad en Tonga. Es la ley principal que regula la generación, transmisión y distribución de electricidad en Tonga.
- **Reglamento de Electricidad de 1969 (*Electricity Regulations 1969*)**: Este reglamento fundamental que regula los aspectos técnicos de la generación, transmisión y distribución de electricidad, así como las tarifas eléctricas. Dicho reglamento desarrolla la Ley de Electricidad de 1968 y regula los aspectos técnicos de la generación, transmisión y distribución de electricidad, así como las tarifas eléctricas.
- **Acta sobre las Energías Renovables de 2008 (*Renewable Energy Act 2008*)**: Esta acta promueve el uso de energías renovables en Tonga y crea el Fondo de Energías Renovables, que proporciona subvenciones y préstamos para proyectos de energías renovables.
- **Acta de regulación de Energías Renovables de 2012 (*Renewable Energy Regulations 2012*)**: Este reglamento desarrolla la Ley de Energías Renovables de 2011 y regula los proyectos de energías renovables en Tonga.

Adicionalmente, se tiene en consideración el acta de energías renovables de Tonga del año 2016 donde se establece y rectifica la regulación de los proyectos de energías renovables en el Reino de Tonga. (*Taumoepeau, M., & Ieremia, S. (2016)*).

En cuanto a restricciones, no se ha encontrado limitaciones a la instalación de energía procedente de fuentes renovables en cuanto a la distancia mínima a los núcleos urbanos ni a la línea de costas.

En cuanto a normativa ambiental, solo se encuentra la Ley de Protección Ambiental de 1990 (*Environmental Protection Act 1990*) actualmente vigente, existen actas y reuniones sobre la protección ambiental como la del año 2012 y 2020 de las cuales no se ha encontrado que hayan influenciado en la normativa ambiental, (*WIPO Lex, Tonga, Ley De Constitución De Tonga, n.d.*)

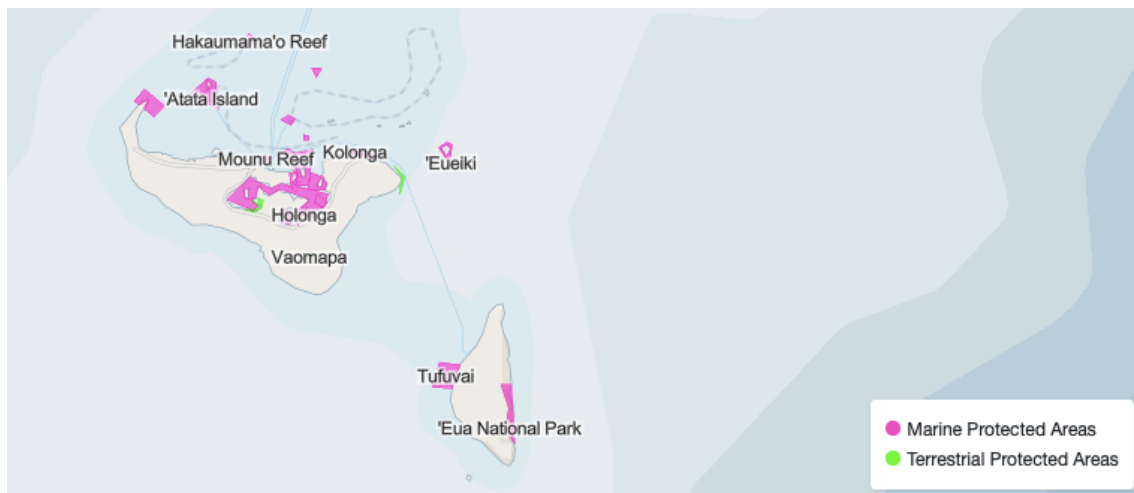
Estas leyes regulan una amplia gama de cuestiones ambientales, incluyendo la protección de la biodiversidad, la gestión de los recursos naturales, la prevención de la contaminación y la gestión de los residuos.

5.3 Áreas protegidas

Las áreas protegidas de en Tongatapu son:

- Parque Nacional Marino de Tongatapu (Tongatapu Marine National Park)
- Reserva Forestal de Tongatapu (Tongatapu Forest Reserve)
- Parque Nacional Marino de Tongatapu

El Parque Nacional Marino de Tongatapu es el área protegida más grande del Reino de Tonga. El parque se extiende por 1.500 kilómetros cuadrados de aguas costeras y marinas, y abarca una amplia gama de ecosistemas, incluyendo arrecifes de coral, manglares, bosques y playas. El parque está destinado a proteger la biodiversidad marina y costera de Tongatapu. El parque alberga una gran variedad de peces, corales, plantas y animales marinos.



5.3.1.1 Espacios protegidos Tongatapu y Eua (Tonga I PIPAP, n.d.).

6 Referencias bibliográficas

Taumoepeau, M. (2019) "Tonga's environmental legislation: Progress and challenges"
Rev: Ocean & Coastal Management (168) 1-11)

El clima en Tonga, el tiempo por mes, temperatura promedio (Tonga) - Weather Spark.
(n.d.). Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/150281/Clima-promedio-en-Tonga-durante-todo-el-a%C3%B1o>

(Beyerl, K., Mieg, H. A., & Weber, C. (2018). Comparing perceived effects of climate-related environmental change and adaptation strategies for the Pacific small island states of Tuvalu, Samoa, and Tonga. *Island Studies Journal*, 13(1), 83244.).

Moala, K. (2014). Inappropriate land-grabs in Tonga. Pacific Institute of Public Policy, 17 March.

Kuruppu, N., & Willie, R. (2014). Barriers to reducing climate enhanced disaster risks in Least Developed Country-small islands through anticipatory adaptation. *Weather Climate Extremes*, 7, 72-83.

(Kuruppu, N., & Willie, R. (2014). Barriers to reducing climate enhanced disaster risks in Least Developed Country-small islands through anticipatory adaptation. *Weather Climate Extremes*, 7, 72-83.

Beyerl, K., Mieg, H. A., & Weber, C. (2022). Tsunami runup and inundation in Tonga from the January 2022 eruption of Hunga Volcano. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127(10).

PIB de Tonga 2021. (n.d.).

Datosmacro.com. <https://datosmacro.expansion.com/pib/tonga>

Tonga primary materials. (n.d.).

<http://www.paclii.org/countries/to.html>

United Nations Development Programme. (n.d.). UNDP.

<https://www.undp.org/>

Tonga - Población 2021. (n.d.). Datosmacro.com.

<https://datosmacro.expansion.com/demografia/poblacion/tonga>

Home I Convention on Biological Diversity. (n.d.). Convention on Biological Diversity.

<https://www.cbd.int/doc/world/to/to-nbsap-01-en.pdf>

Taumoepeau, M., & Ieremia, S. (2016). Environmental protection in Tonga: A review of the legal framework. *Journal of Environmental Law*, 28(2), 223-249.

WIPO Lex, Tonga, Ley de Constitución de Tonga. (n.d.).

<https://www.wipo.int/wipolex/es/legislation/details/5409>

Tonga I PIPAP. (n.d.).

<https://pipap.sprep.org/country/to>

Documento público de la Oficina de Información Diplomática del Ministerio de España
(2021)

https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/TONGA_FICHA%20PAIS.pdf