

Informe Técnico

Olas de Calor en Chile

Una nueva metodología para el
estudio y monitoreo de los eventos
de las altas temperaturas



“Durante la última década, Chile y el Mundo han presenciado un incremento sostenido y progresivo de las temperaturas, junto también, a un aumento de los eventos extremos de temperatura.

Para mejorar el seguimiento y caracterización de los eventos extremos de temperatura, especialmente las Olas de Calor, a partir de Enero de 2020 la Dirección Meteorológica de Chile actualiza completamente la metodología y el sistema de monitoreo de estos eventos a través del portal de Servicios Climáticos.

”

Contenido

- 3 Introducción
- 4 Olas de Calor: ¿Cómo se definen?
- 5 Nueva metodología: Calculando el umbral extremo
- 7 Monitoreo Online de las Olas de Calor y nuevos productos
- 11 Históricos de Olas de Calor
- 12 Metadata: Estaciones utilizadas, datos utilizados y periodo climatológico

1. Introducción

Los eventos de olas de calor se definen como una continuidad de días en donde la temperatura, ya sea mínima o máxima, supera valores considerados extremos, produciendo diversos efectos tanto en la salud de las personas y poblaciones vulnerables, pudiendo además gatillar emergencias medioambientales de gravedad.

En nuestro país, se observa un incremento del número de olas de calor especialmente en la última década acompañado de un aumento de las temperaturas. Las consecuencias no se han hecho esperar: los devastadores incendios forestales que se produjeron durante el verano 2016-2017 y que afectaron mayormente a la zona central, fueron en parte gatillados por condiciones meteorológicas extremadamente cálidas, produciendo destrucción de un pueblo completo, decena de fallecidos, casi 500 mil Ha quemadas y millones de dólares en pérdidas.

Debido a lo extremo de estos eventos y sus devastadores consecuencias, la **Organización Meteorológica Mundial** recomienda a los Servicios Meteorológicos de cada país el constante monitoreo de las olas de calor.

Para esto, la primera pregunta que debemos responder es que definiremos como una ola de calor. En el año 2017, la Dirección Meteorológica de Chile definió que un evento de ola de calor se produce cuando la temperatura máxima diaria supera un umbral mensual considerado extremo por tres días consecutivos o más.

Esto implica que para cada ciudad, existe un umbral mensual que, de ser superado, podría ser indicio de una ola de calor. Sin embargo, estos umbrales y metodología poseen algunos problemas y deficiencias que esperamos subsanar con la **incorporación de una nueva metodología**.

¿Qué hay de nuevo en esta nueva forma de determinar las olas de calor? El principal cambio corresponde a que los umbrales serán, a partir de ahora, valores diarios de percentil 90. De todas formas se continuará considerando ola de calor cuando la temperatura supere por tres días consecutivos o más dicho umbral.

“Se considerará Ola de Calor (Diurna) toda vez que la temperatura máxima diaria supere el percentil 90 diario de distribución histórica, por tres días consecutivos o más en cualquier época del año”

Definición de Ola de Calor actualizada al 2020

Este informe tiene como objetivo explicar esta nueva metodología y presentar un nuevo sistema de monitoreo on-line de las olas de calor, parte de los Servicios Climáticos que la DMC ha comenzado a desarrollar. A partir del **7 de Enero de 2020**, esta será la nueva metodología para el registro y monitoreo de las olas de calor en Chile.

2. Olas de Calor: ¿Cómo se definen?

Una Ola de Calor corresponde a un evento en el cual la temperatura supera por varios días consecutivos un umbral considerado como extremo. Existen varios tipos de olas de calor, dependiendo del periodo del día en que se producen, extensión territorial y umbrales que se utilicen. En ese sentido, la DMC define para Chile al menos dos de las más importantes:

- 1 Ola de Calor (Diurna):** Esta ola de calor se presenta cuando la *temperatura máxima* diaria en una estación meteorológica supera un umbral considerado extremo(*), por tres días consecutivos o más.
Se utiliza la temperatura máxima diaria
- 2 Ola de Calor Nocturna:** Esta ola de calor se presenta cuando la *temperatura mínima* diaria en una estación meteorológica supera un umbral considerado extremo(*), por tres días consecutivos o más.
Se utiliza la temperatura mínima diaria

Cualquiera de las dos definiciones de olas de calor requiere el cálculo de umbrales extremos (*), es decir, valores climatológicos desde donde comenzamos a definir que una temperatura máxima o mínima es considerada como extrema. En la siguiente sección, se explica como se desarrolla este cálculo y las mejoras incluidas respecto a la metodología anterior.

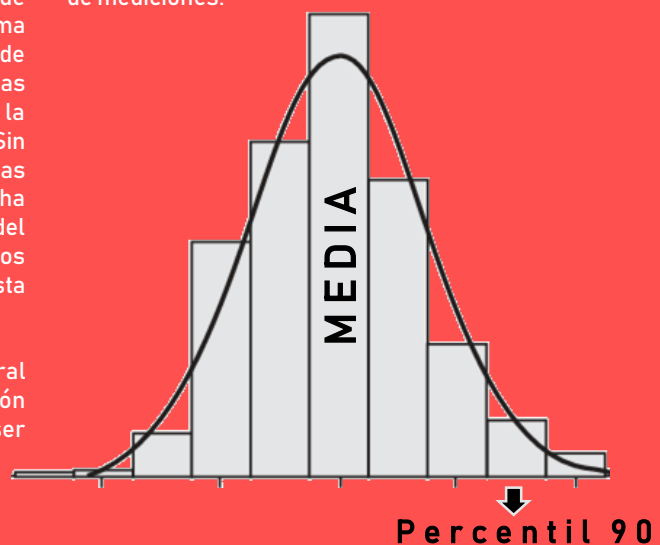
El percentil 90: ¿Cuándo un valor es extremo?

¿Qué es un valor extremo? Para la climatología, los valores extremos corresponden a aquellos que, en un conjunto representativo de mediciones, se encuentran muy alejados de los valores medios.

Un ejemplo simple de entender es imaginar que tenemos 1000 datos de temperatura máxima diaria de un mes específico ordenados de menor a mayor. La mayoría de dichas temperaturas estarán concentradas cerca de la media (barra más alta en la figura). Sin embargo, hacia los extremos, estarán las temperaturas más altas y más bajas de dicha nube de datos. Para determinar el valor del percentil extremo o percentil 90, contamos desde izquierda a derecha desde el valor 1 hasta el valor 900.

Ese valor corresponderá, entonces, al umbral para definir que para ese día, mes y estación meteorológica, la temperatura comienza a ser considerada como extrema.

La mayoría de las definiciones de condiciones extremas de calor utilizan un percentil igual o superior al 90 para definir las olas de calor o eventos extremos de altas temperaturas, siendo siempre necesario tener una estación meteorológica de larga data y de buena calidad de mediciones.



3. Nueva metodología: Calculando el umbral extremo

Considerando la existencia de olas de calor ya sea diurnas o nocturnas, es importante definir la forma del cálculo del umbral considerado extremo. Para nuestros análisis, consideramos un valor extremo toda vez que se supere el percentil 90 de distribución, ya sea de la temperatura mínima o máxima.

La DMC ya ha definido que para comenzar a hablar de Olas de Calor (Diurna) se deben cumplir los siguientes criterios:

- 1** Temperatura máxima diaria supera el umbral del percentil 90 mensual climatológico de dicha estación meteorológica
- 2** La superación de ese umbral debe ser de al menos 3 días consecutivos
- 3** Las olas de calor existen todo el año, pero se monitorearán entre noviembre y marzo de cada año
- 4** El cálculo del percentil 90 mensual se realiza ordenando los datos de menor a mayor, y luego, se determina el promedio del percentil 90 móvil de los 30 días de cada mes, entregando un único valor mensual.

Metodología Antigua

Con la nueva metodología, algunos aspectos de los puntos anteriores cambiarán, particularmente en el punto 1, 3 y 4:

- 1** Temperatura máxima diaria supera el umbral del percentil 90 **diario** climatológico de dicha estación meteorológica
- 2** La superación de ese umbral debe ser de al menos 3 días consecutivos
- 3** Las olas de calor existen todo el año **y se monitorearán tanto en invierno como en verano.**
- 4** El cálculo del percentil 90 **diario** se realiza a través de un análisis armónico, que implica extraer una serie de datos que mejor represente el ciclo anual del percentil 90 durante todo el año.

Nueva Metodología

La mayor diferencia entre metodologías corresponde a que en la metodología anterior se obtenía un único valor mensual, que se repite cada día del mismo mes. En la nueva metodología, obtenemos un único valor diario que cambia día a día, ya sea para las olas de calor nocturnas o diurnas. La siguiente figura muestra las diferencias en el caso de los umbrales para olas de calor diurnas en la ciudad de Santiago:

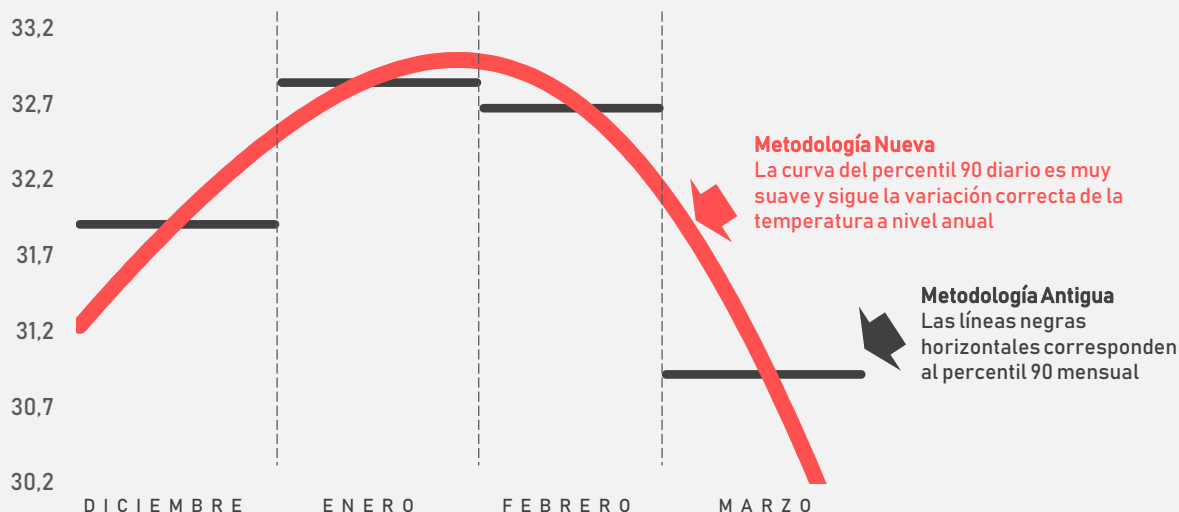


Figura 1. Comparación de los umbrales mensuales y diarios según diferentes metodologías para la temperatura máxima para la estación de Quinta Normal, Santiago entre Diciembre y Marzo. En línea negra horizontal, el percentil 90 mensual para cada mes. En la curva roja, el percentil 90 diario.

Las líneas negras horizontales representan el percentil 90 para cada mes utilizando la metodología antigua. Tal como se puede apreciar, es un único valor que se repite cada día de cada mes. A pesar de que es algo simple de entender, posee varios problemas. La temperatura posee un ciclo climatológico de aumento hacia el verano y disminución hacia el invierno. Este escalonamiento abrupto produce:

- 1** Subestimación o sobrestimación de las olas de calor al inicio o finales de cada mes.
- 2** Salto abrupto en los umbrales entre un mes y otro, implicando que olas de calor intermensuales se ven cortadas ó exageradas cuando se producen entre los últimos y/o los primeros días de un mes.

Con la nueva metodología, la línea roja continua en la figura 1, se aprecia un ciclo en el percentil 90 de la temperatura máxima que es muy suave y, además, sin cambios abruptos entre un mes y otro. Esta curva corresponde a los nuevos umbrales diarios del percentil 90 de temperatura máxima que se utilizarán para considerar la presencia de una ola de calor.

4. Monitoreo Online de las Olas de Calor y nuevos productos

A partir de Enero de 2020, el Portal de Climatología posee un sistema automático de monitoreo de olas de calor (diurna) y prontamente para las olas de calor nocturnas.

Para ingresar al monitoreo, haga clic en el siguiente enlace:

<http://climatologia.meteochile.gob.cl/application/diario/mapaRecienteOlaDeCalor/>

Monitoreo de Olas de Calor (Diurna)
El monitoreo de olas de calor se actualiza diariamente a las 8 AM

Monitoreo actual y últimos 90 días 1

Este producto está actualizado hasta el último día con información meteorológica y permite monitorear el comportamiento de la temperatura máxima y olas de calor

Resumen Anual 2

Este producto permite conocer el número total de las olas de calor del año


Histórico OC (Diurna) 3
Listado de todas las Olas de Calor ocurridas entre 1970 y la actualidad

Umbrales OC (Diurna) 4
Percentil 90 diario de la temperatura máxima utilizado para definir Olas de Calor

Definición de una ola de calor (Diurna) 5

- Se define como un evento de Ola de Calor (diurna), el periodo de tiempo en el cual las temperaturas máximas diarias superan un umbral diario considerado extremo, por tres días consecutivos o más.
- Este umbral diario corresponde al percentil 90 de distribución para el periodo 1981-2010. Solo en algunas estaciones se ha utilizado un periodo climatológico diferente debido a ausencia de datos.
- Las Olas de Calor (diurna) ocurren durante todo el año, por lo que se monitorean tanto en invierno (abril-septiembre) como en verano (octubre-marzo).
- Para más detalles acerca de la metodología de cálculo de los umbrales, así como también los periodos climatológicos utilizados y las definiciones más relevantes, revisa nuestro informe técnico.

Estaciones con Olas de Calor los últimos 90 días 6
Seleccione una estación para detalles de las olas de calor



¿Qué encontrará en nuestro sitio web? La página de inicio del monitoreo de olas de calor presenta, a la izquierda, dos productos: el monitoreo actual y últimos 90 días 1 y el resumen anual 2. En 3 encuentras el producto de Histórico OC (Diurna) y en 4 los umbrales de OC (Diurna).

En la parte inferior 5, un resumen de cómo se definen las olas de calor y el informe técnico que contendrá los principales datos técnicos del monitoreo.

En el lado derecho, se presenta un mapa con todas las estaciones que poseen un monitoreo actualizado de las Olas de Calor 6. En color rojo parpadeante, se muestran las estaciones que registren al menos una ola de calor en los últimos 90 días. En color gris, las estaciones sin olas de calor en el mismo periodo.

1 Producto 1: Monitoreo Actual y Últimos 90 días

Al hacer clic en la opción **1**, aparecerá la opción para elegir la estación meteorológica y la fecha del último dato de monitoreo, permitiendo al usuario analizar y estudiar periodos anteriores a la fecha actual. En caso de querer acceder rápidamente al monitoreo de los 90 días previos a la fecha de hoy, sin tener que elegir un día o una estación desde el listado, se recomienda hacer clic en cualquiera de los puntos del mapa **4**.

Dicho producto contiene, para todas las estaciones de monitoreo, un análisis de los últimos 90 días previos a la fecha actual, en donde se apreciará visualmente la temperatura máxima diaria, el umbral de ola de calor y los periodos en donde ha ocurrido una Ola de Calor al cumplirse las condiciones necesarias, tal como se ve en la figura 2.

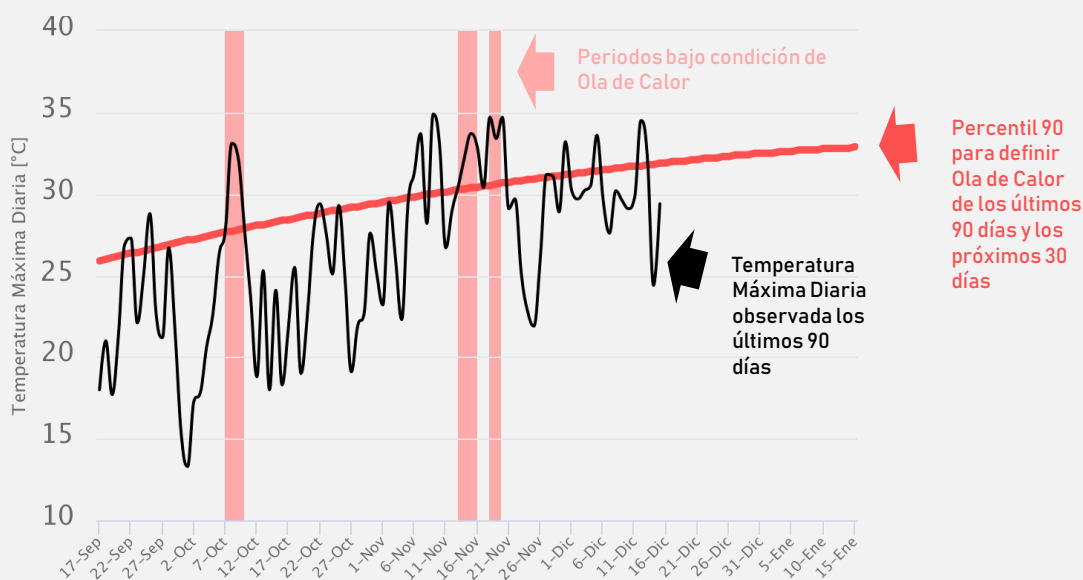


Figura2. Monitoreo de últimos 90 días de la Estación Quinta Normal, con fecha del 16 de Diciembre de 2019. La curva roja es el percentil 90 diario para definir ola de calor. La curva negra, la temperatura máxima observada en la ciudad. Cuando aparece un fondo rojo, significa que ha ocurrido una ola de calor.

Bajo la gráfica se aprecia un resumen de dicho periodo de 90 días, que incluyen algunos datos relevantes:

1. **Número de Olas de Calor:** corresponde al conteo simple de la cantidad de eventos que sucedieron en dicho periodo de tiempo.
2. **Total de días en Ola de Calor:** corresponde al número de días en que se ha presentado la condición en dicha estación y dicho periodo de tiempo.
3. **Duración de la Ola de Calor más larga:** corresponde al número, en días, de duración de la primera ola de calor de mayor extensión en el periodo de tiempo analizado. Se incluye, además, fecha de inicio y término.
4. **Temperatura máxima más alta de la Ola más larga:** este valor indica el valor más alto de temperatura ocurrido durante la ola de calor de mayor extensión.

Notar que el usuario podrá navegar en periodos más antiguos de cada estación meteorológica, siempre y cuando dicha estación posea datos en el periodo. Por ejemplo, si se desea conocer el monitoreo del verano de 2017-2018, el usuario puede hacer clic en ❶ y luego seleccionar la fecha 28 de febrero. De esta forma, la gráfica y el resumen de 90 días comprenderá todo el periodo de diciembre, enero y febrero; es decir, el verano meteorológico.

Esto permite extraer rápidamente un resumen de dicho periodo de tiempo para todas las estaciones de monitoreo de las Olas de Calor.

❷ Producto 2: Resumen Anual

Al hacer clic en la opción ❷, el usuario podrá seleccionar una estación meteorológica y luego un año específico para análisis. Dicho producto mostrará un resumen del número de olas de calor registradas mes a mes, tal como se muestra en la figura 3.

NÚMERO DE OLAS DE CALOR DURANTE 2017



Figura 3. Gráfica de resumen de las olas de calor del año 2017 para la ciudad de Curicó

Algunas consideraciones importantes para interpretar correctamente la gráfica:

1. Debido a que muchas olas de calor pueden cruzar de un mes a otro, se ha definido y estandarizado que la fecha de inicio de una Ola de Calor corresponde a su mes de ocurrencia. Es decir, una ola de calor que ocurre entre el 30 de junio y el 5 de julio, está definida como una Ola de Calor ocurrida en junio, a pesar de que la mayor cantidad de días se encuentra en el mes siguiente.
2. Lo mismo sucede si una ola de calor traspasa de un año a otro, se considerará el año de inicio de dicha ola de calor como el año de ocurrencia, independiente de su duración.

Bajo la gráfica de número de olas de calor por mes, se muestra idéntico al resumen del producto 1, pero ahora, para todo el año en cuestión.

3 Producto 3: Datos históricos de Olas de Calor (Diurna)

Este producto contiene un breve resumen de las principales características de la **ola de calor más larga duración**; definido por la cantidad de días de duración y la **ola de calor más calurosa**; definido por la temperatura máxima absoluta de alguno de los días del evento.

Más abajo, es posible apreciar cada uno de los eventos de Ola de Calor registrados en dicha estación desde 1970 hasta la actualidad, incluida su duración, fechas de inicio y término, temperatura máxima media del evento, la máxima más alta durante la ola de calor y la fecha de la máxima de dicho evento. Un ejemplo se aprecia en la figura 4.

Figura 4. Tablas de resumen del producto de datos históricos de las Olas de Calor

1 Mayores Olas Producidas en la Estación						
	Fecha Evento	Fecha Término	Días del Evento	T° Máxima Promedio	T° Máxima Más Alta	Fecha
Ola Más Larga	08-03-2015	21-03-2015	14	32.9	36.2	20-03-2015
Ola Más Calurosa	24-01-2019	28-01-2019	5	35.1	38.3	28-01-2019

2 Todas las Olas Producidas						
N°	Fecha Evento	Fecha Término	Días del Evento	T° Máxima Promedio	T° Máxima Más Alta	Fecha
1	27-12-2019	31-12-2019	5	34.3	35.1	29-12-2019
2	21-12-2019	23-12-2019	3	34.8	36.7	23-12-2019
3	18-11-2019	20-11-2019	3	34.3	34.7	18-11-2019
4	13-11-2019	16-11-2019	4	32.4	33.7	15-11-2019
5	07-10-2019	10-10-2019	4	30.3	33.1	08-10-2019

Aspectos importantes:

1. El monitoreo de las Olas de Calor se actualiza diariamente y puede sufrir modificaciones. Por ejemplo, si se corrige una temperatura en la base de datos, puede aparecer o desaparecer un evento de OC.
2. En general, la información histórica no sufrirá modificaciones de gran tamaño, al menos que se encuentren algunos errores en los datos de temperatura máxima.
3. Esta información puede ser descargada en formato Excel al final de la página.

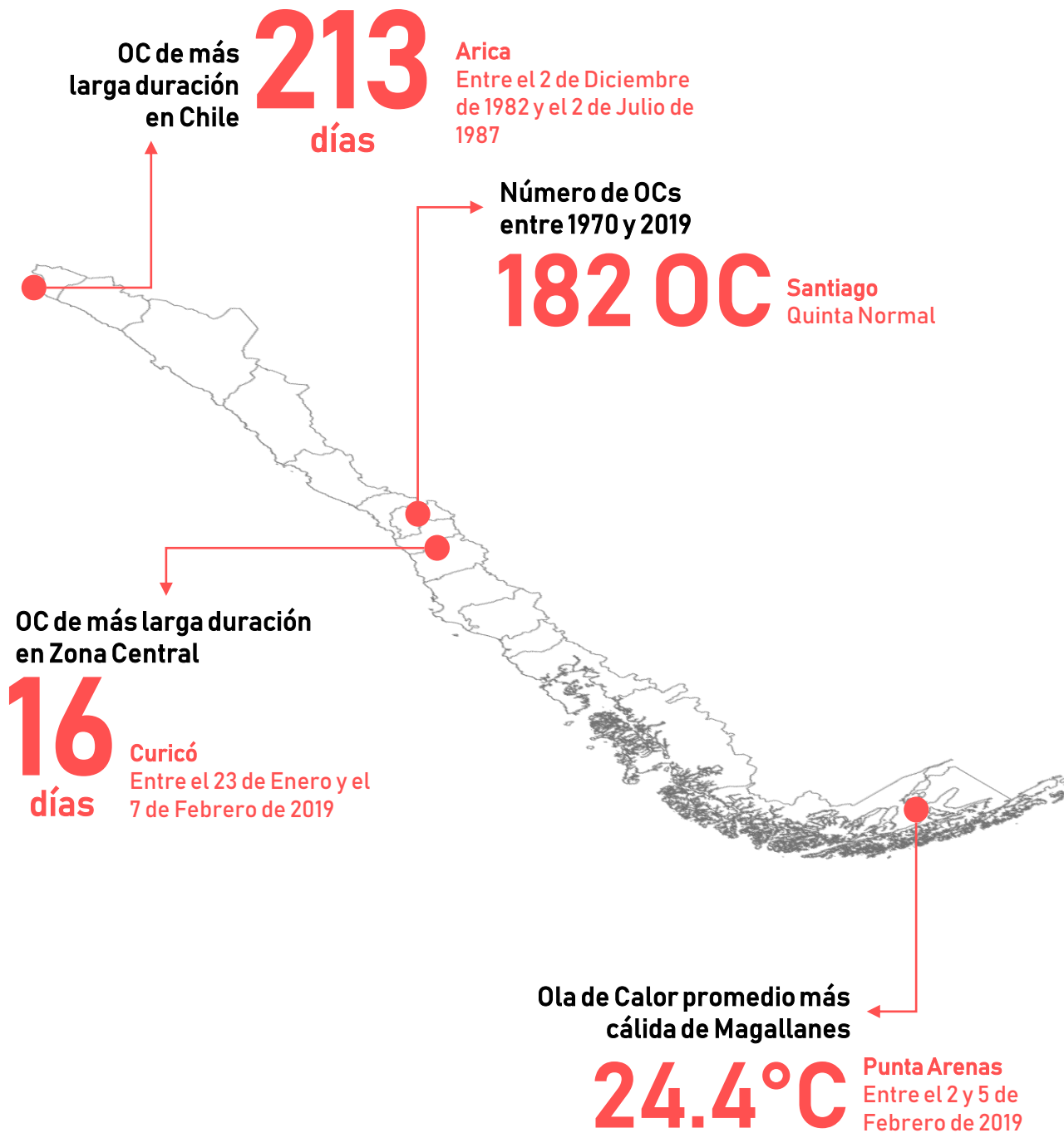
4 Producto 4: Umbrales de Olas de Calor (Diurna)

Este producto se accede a través del Menú **Productos**, seleccionado **Históricos** y luego la opción **Umbrales Olas de Calor**. También, es posible acceder a través de los Productos 1 y 2, al final de la página, en la opción “Descarga de datos”.

Contiene los valores diarios del percentil 90 en formato de tabla para todas las estaciones de monitoreo. Estos umbrales son los que se utilizan para definir o no la presencia de una Ola de Calor. Están calculados con el periodo climatológico 1981-2010, exceptuando algunas estaciones que poseen un periodo diferente (ver página 12).

5. Históricos de Olas de Calor

Los datos históricos de olas de calor (producto 3) nos permite analizar rápidamente algunos de los aspectos más especiales de las olas de calor en nuestro país. A continuación te mostramos los más relevantes.



6. Metadata

A continuación presentamos la lista de las 34 estaciones que poseen un monitoreo de las Olas de Calor (Diurna). En la mayoría de las estaciones meteorológicas se utilizó el periodo normal 1981-2010 y con un porcentaje de datos faltantes cercano a 0%. En algunas estaciones que poseen lagunas de tiempo mayores, se utilizó un periodo climatológico diferente y se aceptó un mayor número de datos faltantes. *Dichas estaciones y sus datos deben ser tomados con cautela.*

N°	Ciudad	Codigo Estación	Periodo Climatológico	Porcentaje dato faltante
1	Arica	180005	1981-2010	0.0%
2	Iquique	200006	1981-2010	16.7%
3	Calama	220002	1981-2010	0.1%
4	Antofagasta	230001	1981-2010	0.0%
5	Isla de Pascua	270001	1981-2010	0.0%
6	Desierto de Atacama	270008	2008-2018	1.0%
7	La Serena	290004	1981-2010	0.0%
8	Vicuña	300046	2010-2017	16.9%
9	Combarbalá	310024	1998-2017	3.1%
10	San Felipe	320019	2001-2017	3.4%
11	Valparaíso - Punta Ángeles	330002	1981-2010	0.1%
12	Valparaíso - Rodelillo	330007	1981-2010	20.4%
13	Santiago - Quinta Normal	330020	1981-2010	0.0%
14	Santo Domingo	330030	1986-2015	0.0%
15	Curicó	340031	1981-2010	0.0%
16	Rancagua	340045	2010-2017	13.8%
17	Chillán	360011	1981-2010	0.1%
18	Concepción	360019	1981-2010	0.0%
19	Los Ángeles	370033	1950-2015	49.6%
20	Temuco	380013	1981-2010	0.0%
21	Valdivia	390006	1981-2010	0.2%
22	Osorno	400009	1981-2010	1.7%
23	Puerto Montt	410005	1981-2010	0.0%
24	Futaleufú	430002	1975-2001	0.1%
25	Alto Palena	430004	1971-2015	15.9%
26	Puerto Aysén	450001	1971-1995	0.0%
27	Coyhaique	450004	1981-2010	0.1%
28	Balmaceda	450005	1981-2005	0.0%
29	Chile Chico	460001	1970-2005	1.4%
30	Cochrane	470001	1974-2003	0.0%
31	Punta Arenas	520006	1981-2010	0.0%
32	Puerto Williams	550001	1970-1992	0.0%
33	Eduardo Frei	950001	1981-2010	0.0%
34	Base Bernardo O'Higgins	950003	1978-2013	6.6%

Tabla 1. Listado de las 34 estaciones que poseen monitoreo de Olas de Calor (Diurna) en el Portal de Climatología.