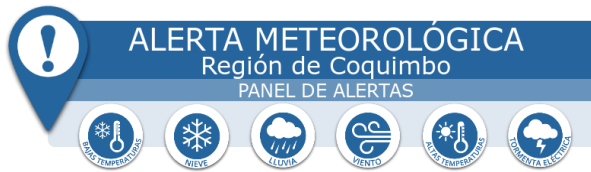


# Protocolo de alertas meteorológicas de CEAZA (v3)



Autor: CEAZAmet – Responsable: Tomás Caballero

En este informe se presentan los protocolos y definiciones para emitir alertas meteorológicas en la Región de Coquimbo por parte del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), cuya base se sienta en distintos análisis científicos, así como también en base a los protocolos y definiciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), entidad oficial designada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Este protocolo servirá de apoyo para la comunicación de ciertos fenómenos meteorológicos/oceanográficos y CEAZA intentará ejecutar este de la mejor manera posible, sin embargo, depende de los recursos humanos y de infraestructura y por lo tanto su aplicación está supeditada a tales recursos.

Los **avisos**, **alertas** y **alarmas** meteorológicas que se emiten en CEAZA son por bajas temperaturas y heladas, altas temperaturas y olas de calor, precipitaciones, tormentas eléctricas, vientos y marejadas.

## 1.- Bajas temperaturas y heladas:



- Un **aviso** por **bajas temperaturas** se dará cuando las temperaturas mínimas pronosticadas sean menores a 3°C.
- La **alerta** por **bajas temperaturas con heladas superficiales** se lanza cuando las temperaturas mínimas pronosticadas sean de 2°C o menos en más de un lugar por zona, sin incluir la zona cordillerana.
- Las **alertas** por **heladas** se emiten cuando, las temperaturas mínimas pronosticadas sean de 0°C o menos, en más de un lugar por zona, sin incluir la zona cordillerana. Este fenómeno se conoce como **helada meteorológica**.
- Cuando se pronostiquen al menos 3 días consecutivos de heladas se decretará **alerta** por **ola de frío**.
- La **alerta** sólo debe ser emitida si el lugar en donde se pronostica **helada** tiene una probabilidad climatológica diaria bajo el 10% de tener heladas ( $T < P10$ ), en caso contrario, se puede emitir un **aviso**.
- Si se desea clasificar la intensidad de las **heladas** se puede utilizar lo utilizado por Santibáñez, la cual es válida para especies de clima templado:

Intensidad (°C)	Clasificación
0,0 a -2,0	Débil
-2,1 a -3,0	Moderada
-3,1 a -5,0	Fuerte
> -5.1	Extrema

Tabla 1: Clasificación de la intensidad de las heladas.

Hay especies de cultivos que comienzan a tener problemas desde 1°C hacia abajo, como las paltas del tipo Hass (1°C) y las papas (0,8°C) (Martínez et al. 2007), mientras que las heladas superficiales pueden dañar los cultivos bajos, mientras que las heladas meteorológicas pueden dañar todos los cultivos.

Según Santibáñez y Merlet (1987) y Santibáñez y Uribe (1993) las temperaturas mínimas cercanas al suelo (5 cm) son de 2° a 3°C menor que lo observado a 1,5 metros de altura, que es donde está el sensor de temperatura de la EMA, produciendo así heladas superficiales o agronómicas, a la vez en el informe “Heladas. Factores, tendencias y efectos en frutales y vides” realizado entre investigadores del INIA y de la DMC señalan que este tipo de helada es aquella en donde la temperatura al nivel de la estación (1,5 m) es menor o igual a 2°C.

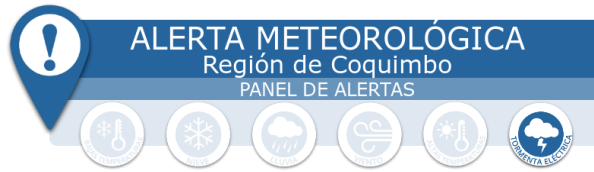
## 2.- Precipitaciones:



En el contexto de aridificación que se encuentra la región de Coquimbo, toda precipitación deberá ser alertada utilizando el siguiente criterio:

- Cuando el pronóstico indique que la **lluvia (nieve)** acumulada durante el evento no supera los 5 [mm] ([cm]) se dará un **aviso**.
- Cuando el pronóstico indique que la **lluvia (nieve)** acumulada durante el evento supera los 5 [mm] ([cm]) se dará una **alerta**.
- La condición para dar **aviso/alerta** por **nieve** en valles precordilleranos se dará cuando el nivel de la isoterma cero se pronostique bajo los 1700 msnm.
- En caso de que la tasa de precipitación horaria supere los 5 [mm/h] se dará una **alerta** por probable **activación de quebradas**.
- En caso de que el evento de precipitación supere los 100 [mm] acumulados en un día se dará una **alarma**.
- En caso de emisión de **alerta** por precipitaciones y la isoterma cero se pronostique por sobre los 3500 msnm se cambiará el estado a **alarma** por probables **crecidas de ríos e inundaciones**.
- Se emitirá un **aviso/alerta** por precipitaciones para a la Región de Atacama cuando el fenómeno también afecte a la Región de Coquimbo.

### 3.- Tormentas eléctricas:



- Las **alertas** por tormentas eléctricas se decretarán siempre que estén dentro del pronóstico con probabilidad promedio media/alta utilizando los criterios de la tabla 14-6 (Stull, R. 2015) y los valores de CAPE (\*).
- No se dará aviso si corresponde a un fenómeno apartado de las localidades (ej. aislado en cordillera).

**Table 14-6.** Definition and interpretation of older thunderstorm stability indices. Notation: T = environmental temperature (°C). Td = environmental dew-point temperature (°C).  $T_{p_{s \rightarrow e}}$  = final temperature of an air parcel that started with average conditions at height s and then rose to ending height e following dry adiabat up to LCL, and moist adiabat above. M = wind speed ( $m s^{-1}$ ).  $\alpha$  = wind direction (degrees). Subscripts give pressure altitude. CB = thunderstorms.

Abbr.	Full Name	Definition	Values & Interpretation
K or KI	K Index	$K = T_{85kPa} + Td_{85kPa} + Td_{70kPa} - T_{70kPa} - T_{50kPa}$	<p>&lt; 20 CB unlikely</p> <p>20 to 30 Chance of scattered CB</p> <p>30 to 40 Many CB; heavy rain</p> <p>&gt; 40 CB; very heavy rain</p>
LI	Lifted Index	$LI = T_{50kPa} - Tp_{95 \rightarrow 50kPa}$	<p>&gt; 2 CB unlikely</p> <p>0 to 2 CB only if strong trigger</p> <p>-3 to 0 Weak CB possible</p> <p>-6 to -3 Moderate CB probable</p> <p>&lt; -6 Severe CB likely</p>
SSI	Showalter Stability Index	$SSI = T_{50kPa} - Tp_{85 \rightarrow 50kPa}$	<p>&gt; 3 CB unlikely</p> <p>1 to 3 Weak showers possible</p> <p>-3 to 0 Severe CB possible</p> <p>-6 to -4 Severe CB probable</p> <p>&lt; -6 Severe CB likely</p>
SWEAT	Severe Weather Threat Index	$SWEAT = 12 \cdot Td_{85kPa} + 20 \cdot (TT - 49) + 4 \cdot M_{85kPa} + 2 \cdot M_{50kPa} + 125 \cdot [0.2 + \sin(\alpha_{50kPa} - \alpha_{85kPa})]$ where TT = total totals index. Note: more rules set some terms=0	<p>&lt; 300 CB unlikely</p> <p>300-400 Chance isolated severe CB</p> <p>400-500 Severe CB likely; &amp; tornado possible</p> <p>500-800 Severe CB &amp; tornado likely</p>
TT	Total Totals Index	$TT = T_{85kPa} + Td_{85kPa} - 2 \cdot T_{50kPa}$	<p>&lt; 45 CB unlikely</p> <p>45 to 50 Scattered CB possible</p> <p>50 to 55 CB likely; some severe</p> <p>55 to 60 Severe CB likely; tornado likely</p>

(\*) CAPE se expresa en Joules por Kg (J/kg) y puede variar entre 0 y 5000. En general,  $CAPE \leq 1000 J/kg$  representa inestabilidad baja,  $1000 < CAPE \leq 2500 J/kg$  representa inestabilidad moderada,  $2500 < CAPE \leq 4000 J/kg$  representa inestabilidad fuerte y  $CAPE > 4000 J/kg$  representa inestabilidad extrema.

4.- Viento:



Las **alertas** por vientos se decretarán cuando el pronóstico del viento indique que se registrarán ráfagas con intensidades mayores o iguales al límite inferior del rango fuerte, según los protocolos proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile.

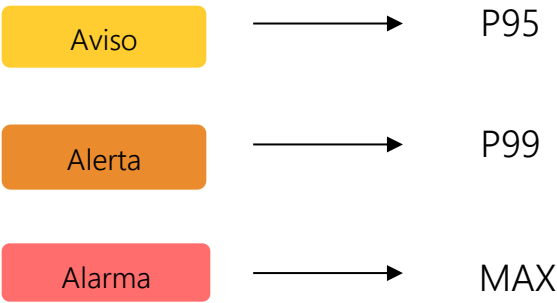
Región	Zona	Normal		Moderada		Fuerte		Intensa	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Atacama	Costa	22	31	32	48	49	60	60	-
	Valle	22	31	32	48	49	60	60	-
	Precordillera	35	46	47	80	81	100	100	-
	Cordillera	40	76	77	100	101	120	120	-
Coquimbo	Costa	24	31	32	50	51	69	69	-
	Valle	22	30	32	47	48	65	65	-
	Precordillera	22	30	32	50	51	70	70	-
	Cordillera	40	60	61	80	81	100	100	-

Clasificación de la intensidad del viento (km/h).

Región	Zona	Normal		Moderada		Fuerte		Intensa	
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Atacama	Costa	6	9	9	13	14	17	17	-
	Valle	6	9	9	13	14	17	17	-
	Precordillera	10	13	13	22	23	28	28	-
	Cordillera	11	21	21	28	28	33	33	-
Coquimbo	Costa	7	9	9	14	14	19	19	-
	Valle	6	9	9	13	13	18	18	-
	Precordillera	6	9	9	14	14	19	19	-
	Cordillera	11	17	17	22	23	28	28	-

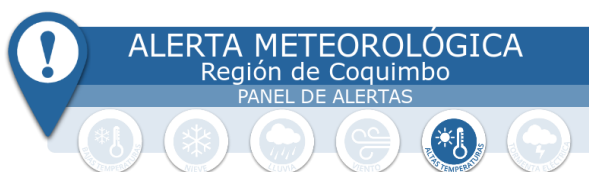
Clasificación de la intensidad del viento (m/s).

Además, es posible complementar utilizando el criterio de percentiles asociados a la estación más cercana a la localidad:



Éstas se emitirán para la Región de Atacama cuando el fenómeno también afecte a la Región de Coquimbo.

## 5.- Altas temperaturas:



Cuando las temperaturas máximas pronosticadas en más de un lugar por zona alcancen valores mayores o iguales al valor de los siguientes percentiles:

Aviso	→	P95
Alerta	→	P99
Alarma	→	MAX

Percentiles correspondientes a la temporada cálida (Nov-Mar).

- Las **alertas** por altas temperatura en la cordillera serán decretadas únicamente durante los meses en que exista abundante nieve y que las temperaturas máximas sean superiores al percentil 90 en más de una provincia.
- Cuando exista un periodo mayor o igual a 3 días consecutivos con altas temperaturas se decretará **alerta** por **ola de calor**.
- Una **alerta** de **ola de calor extrema** corresponderá a aquella en donde por 5 o más días continuos las temperaturas máximas igualen o superen el percentil 95.

## 6- Marejadas

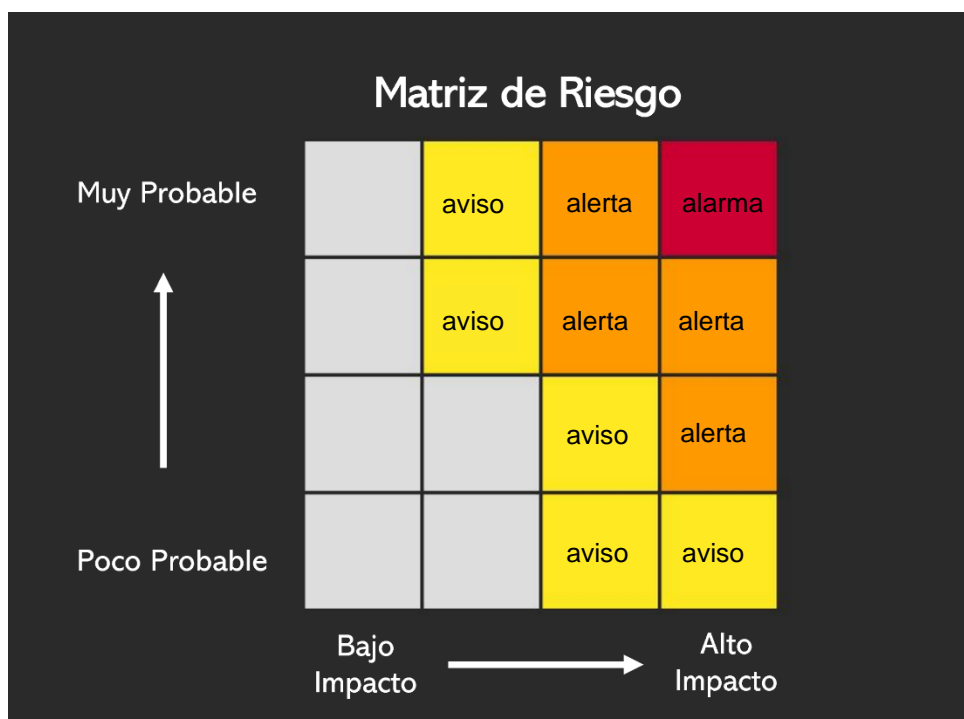


Considerando un punto de aguas profundas (ej. 73°W - 31°S), una duración de evento mayor a 1 día y promedios diarios o cada 6h.

- Si es que se observan alturas significativas de ola ( $H_{m0}$ ) mayores a 4m en todas las plataformas dar la **alerta**. De 4.5m en adelante dar énfasis de que es un evento extremo. Determinar duración del evento con los cambios bruscos de período peak.
- En caso de oleaje SW, proceder según el punto (1). Si es que los períodos peak son mayores a 18 segundos relajar la restricción de alerta a 3.0m. Poner énfasis en localidades expuestas a oleaje sur (Los Vilos, Limarí, Punta de Choros, etc.).
- En caso de oleaje NW, dar avisos si es que las olas provienen del hemisferio norte alcanzando la región de Coquimbo. Para alturas de ola significativas ( $H_{m0}$ ) mayores a 2.5 m considerar dar una alerta de marejada. Revisar primer y segundo swell y dar la alerta siempre y cuando el período de la dirección NW sea mayor o igual a 18 segundos (determinar duración del evento con la componente NW). Hacer énfasis en alertar localidades expuestas al oleaje norte (Tongoy, Guanaqueros, Puerto Coquimbo, etc.).

## 7- Otros

El profesional meteorólogo puede establecer cambios en el nivel de alerta de cada evento teniendo en cuenta la matriz de riesgos.



## 8- Bibliografía

- Bravo, R., Muñoz, M. y Quintana, J. (eds.). 2020. Heladas. Factores atmosféricos, tendencias y efectos en frutales y vides. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín N° 417. 102 pp.
- Dirección Meteorológica de Chile, Olas de calor en Chile [En línea]  
<<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/publicaciones/publicacionesPdf/olasCalor01>>  
[Consulta 2020-07-20].
- González C. e Hidalgo J., 2009. Aspectos Micrometeorológicos y Sinópticos de las Heladas para los Valles Elqui y Limarí durante el período 2004 – 2007. Tesis de pregrado.
- Martínez L., Ibacache A. y Rojas L., 2007. Efectos de las Heladas en la Agricultura. Boletín INIA Intihuasi. N° 165:68.
- Santibáñez F. y Merlet H. 1987. Los Regímenes de Heladas en la Zona Central de Chile. Aconex (16): 20-27. Santibáñez F. y Uribe J. 1993. Agroclimatología, Cap IV, pp. 117-138.
- Solicitud, vía transparencia, a la Dirección General de Aeronáutica Civil N° AD020T0002921, realizada por el autor de este protocolo.
- Stull, R. (2015). Practical meteorology. *An algebra-based survey of atmospheric science. University of British Columbia, Columbia.*
- <https://www.weather.gov/ilx/swop-severetopics-CAPE>

