



República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

**SESION ORDINARIA N° 23 / 2019**

**CONCEJO MUNICIPAL DE ZAPALLAR**

**07 de agosto de 2019**

---

**PRESIDE: SEÑOR GUSTAVO ALESSANDRI BASCUÑAN  
ALCALDE**

**SECRETARIO: SEÑOR G. ANTONIO MOLINA DAINE  
SECRETARIO MUNICIPAL**

**ASISTENCIA SEÑORES CONCEJALES:  
SEÑOR DANILO FERNANDEZ PEÑA  
SEÑOR LUIS GUAJARDO ABARCA  
SEÑOR FELIPE ZAMORANO PALACIOS  
SEÑOR DIEGO FARIAS VASQUEZ  
SEÑOR MAX CORREA ACHURRA  
SEÑORA CLAUDIA VARGAS ASTUDILLO**

**ASISTENCIA: SR.TA. PAULINA MALDONADO PINTO, Administradora Municipal  
SR. JUAN PABLO DESTUET GONZALEZ, Director Jurídico.  
SR.TA. MARIA IGNACIA GAMBOA GUAJARDO, Directora Adm. y  
Finanzas  
SR. ANDRES OELCKERS, Director de Seguridad Pública  
Sra. YOLANDA MARIN,  
SR. BENITO URRUTIA  
SR. SEBASTIAN CHACANA**

---

**T A B L A**

**1. EXPOSICIÓN EMPRESA METTEC (SIEMBRA DE NUBES)**

---

Se inicia la sesión a las 11:50 horas.

**1. EXPOSICIÓN EMPRESA METTEC (SIEMBRA DE NUBES)**

Expone el señor Alvaro Martínez, Gerente General de la empresa METTECH Siembra de Nubes.



República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

# ESTIMULACIÓN DE PRECIPITACIONES SIEMBRA DE NUBES CON YODURO DE PLATA

## Evaluación del proyecto de la Provincia de Petorca

2 de agosto de 2019



### SUMARIO

- PROYECTO DE LA PROVINCIA DE PETORCA
- CAMBIO CLIMÁTICO Y SUS EFECTOS EN LA ZONA CENTRAL
- LA SEQUÍA, ¿QUÉ PODEMOS HACER?
- LA MODIFICACIÓN DEL CLIMA EN EL MUNDO
- DERRIBANDO MITOS
- METTECH: EXPERIENCIA Y RESULTADOS
- RESULTADOS OBTENIDOS
- RESUMEN Y COMENTARIOS FINALES

Álvaro Martínez R.  
Gerente General  
amartinez@mettech.cl

Miguel Martínez P.  
Meteorólogo  
mmartinez@mettech.cl

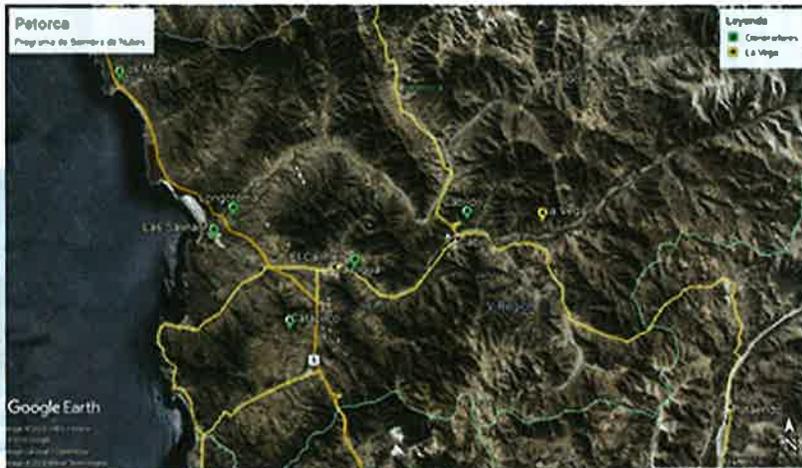




## PROYECTO DE LA PROVINCIA DE PETORCA

- **Año 2012 y 2013**
  - Desarrollo del proyecto de Siembra de Nubes a nivel nacional: III, IV, V y VI región
  - Aportes del Gobierno Regional
  - Aportes privados de empresas Agrícolas, Mineras e Hidroeléctricas
- **Año 2014 a la fecha**
  - Operación de 6 Generadores de la provincia de Petorca con aportes de privados
  - Año 2019 se integra un séptimo Generador en la zona de La Vega

## Ubicación de los Generadores de Yoduro de Plata





República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

## Equipos generadores terrestres de yoduro de plata

Desarrollados con tecnología y medios propios

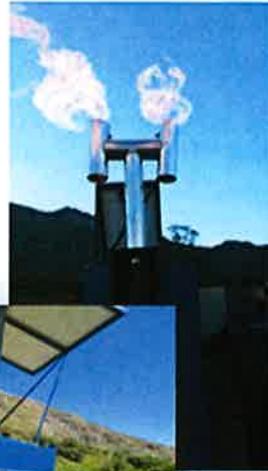


Nuestras nueva tecnología de Equipos de Operación Remota permiten cubrir áreas de difícil acceso e inhabitadas.





República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal



Nuestros equipos fueron testeados y certificados por el Instituto de Física de Nubes Ruso SSVI, el año 2012, en el estudio "Dinámica, variabilidad y eficiencia de aerosoles emitidos por Generadores Terrestres".

<http://cloud-seeding.eu/en/ground-based-generatochtm>



## Cambio Climático y sus efectos en la Zona Central de Chile

  
**METTECH**  
SIEMBRA DE NUBES



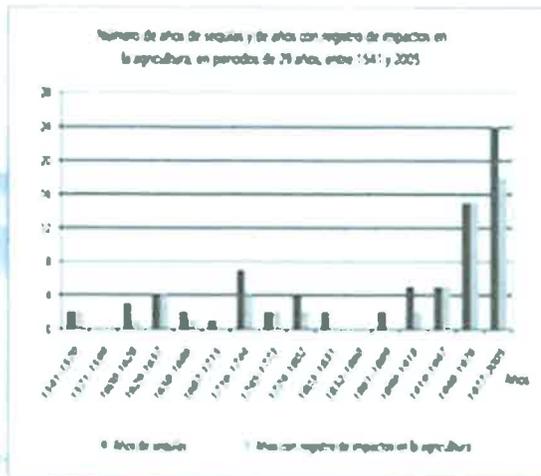
## SEQUÍA

¿Episodio momentáneo o cambio climático en curso?

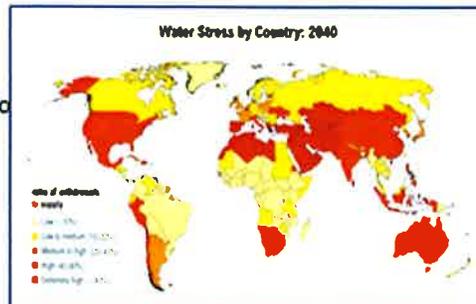
...“la ocurrencia de desastres relacionados con el clima, se vienen incrementando desde la década de los noventa.

Entre 1970-99 y 2000-05 los eventos extremos aumentaron 2,4 veces...”

(Fuente: Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC)



“..Para el periodo cercano, entre los años 2014 y 2030, se proyectan disminuciones de precipitación entre 5 y 15%, para las latitudes 27°S a 45°S, esto es, entre la cuenca del Río Copiapó y la cuenca del Río Aysen.



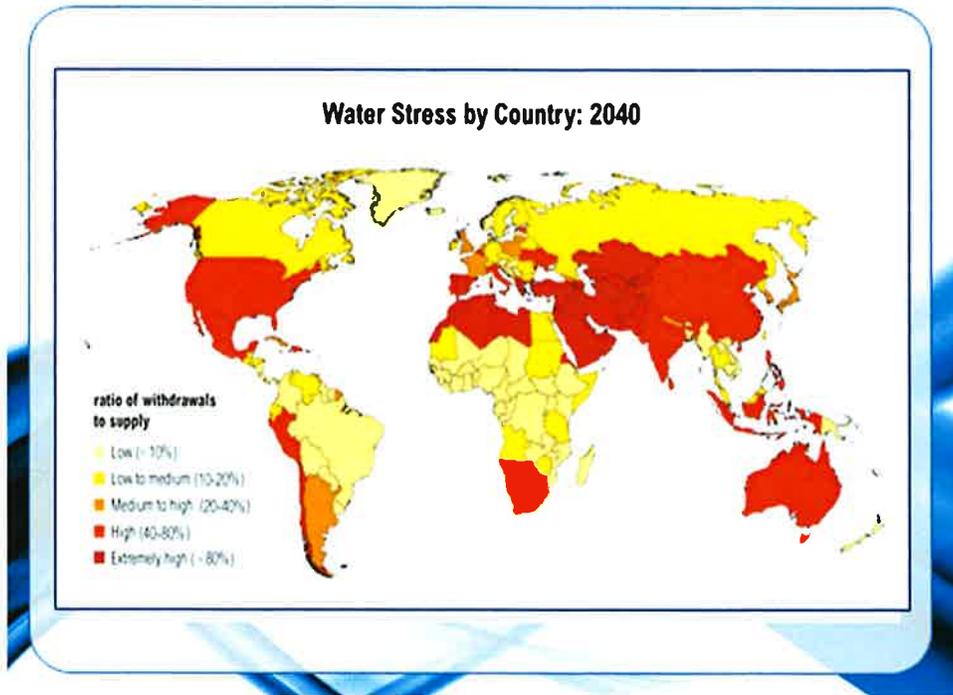
Para el período 2031 a 2050, se mantiene e intensifica la disminución de las precipitaciones. Se observa que la zona ubicada entre los 35°S y 45°S, aproximadamente entre la cuenca del Río Mataquito y la cuenca del Río Aysen, muestra una señal bastante robusta de disminución de las precipitaciones.”

*Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*

*Ministerio del Medio Ambiente - 2014*



República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal



**La sequía... ¿Qué podemos hacer?**





**Acciones Preventivas:**

Construcción de embalses.  
Tecnificación del riego.  
Profundización de pozos.

**Acciones de Emergencia:**

Racionamiento de agua y de electricidad  
Distribución de agua potable en camiones aljibes.  
Entrega de forraje para el ganado.

Entre muchas otras...



Estas medidas están orientadas a administrar más eficientemente el recurso...pero  
**NO PRODUCEN AGUA.**

**LA UNICA FUENTE de agua dulce que existe es la LLUVIA**

**Su ausencia o escasez afecta todo el ciclo hidrológico**

Por lo tanto, es necesario también actuar sobre el origen mismo del agua dulce, en la fase de la Precipitación del Ciclo Hidrológico...

**Ciclo Hidrológico**







República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

## PRINCIPIOS FISICOS



## Estimulación de Precipitaciones

Experiencia en el mundo





República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

### Actividades de Modificación del Clima a Escala Mundial



Hasta el año 2000, a nivel mundial se habían realizado más de 150 Programas Operativos en más de 37 Países del mundo.

Fuente: Weather Modification Association (WMA)

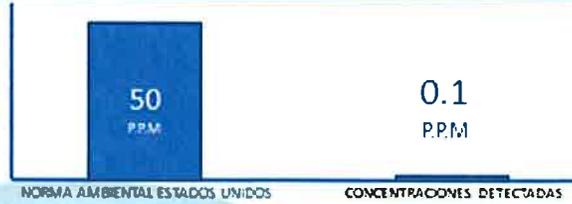
### Derribando Mitos





República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

**Contaminación:** 500 veces por bajo la Norma Sanitaria. Nula contaminación



**Afectación áreas vecinas:** Variación imperceptible del potencial de precipitación



## METTECH Chile:

Experiencia y Resultados

  
**METTECH**  
SIEMBRA DE NUBES



### Programas desarrollados

Se han desarrollado 5 Programas de Incremento de las Precipitaciones, con un total de 53 generadores de Yoduro de Plata instalados en 3 países de Latinoamérica. Actualmente se encuentran operando 2 programas en Chile, uno de ellos con 19 años de operación.



Río Cachapoal, VI Región, Chile 2000 - (en ejecución)



Río Cauto, Holguín, Cuba 2005 - 2011



Río Tuy, Estado de Miranda, Venezuela 2009-2011



Río Uribante, Estado de Tachira, Venezuela 2009-2011



Zona costera y cordillerana, V Región, Chile 2012 (en ejecución)

### Programa Cachapoal, Chile

12

Equipos

15%

Aumento

El primer programa fue en Chile, en la Cordillera de Los Andes, entre los años 2000 a la actualidad, en la Cuenca del Río Cachapoal  
180 millones metros cúbicos anuales



### Programa Río Cauto, Cuba

23

Equipos

17%

Aumento

El segundo programa se desarrolló en Cuba, en la zona oriental de la isla, entre los años 2005 al 2010, en la cuenca del Río Cauto  
940 millones metros cúbicos anuales



### Programa Río Tuy, Venezuela

10

Equipos

11%

Aumento

El tercer programa se desarrolló en Venezuela, el año 2010 ...  
220 millones de metros cúbicos anuales





### Programa Río Uribante, Venezuela

12

Equipos

11%

Aumento



El cuarto Programa se desarrolló también en Venezuela, el año 2010, Instalado en la Cuenca del Río Uribante para generación hidroeléctrica  
240 millones de metros cúbicos anuales

### Programa V Región, Chile

5

Equipos

16%

Aumento



El quinto Programa también es en Chile, comenzando el año 2012 y se mantiene vigente a la fecha. Beneficia a la V región, con fines agrícolas  
64 millones de metros cúbicos anuales

### “Evaluación compleja de las operaciones de siembra de nubes invernales para la cuenca del río Cachapoal en la región de O’Higgins de Chile Central”

- Análisis estadístico de los resultados obtenidos en el Programa de Siembra de Nubes del Río Cachapoal, que se ejecuta desde el año 2000 a la fecha, siendo el programa más duradero de Latinoamérica.
- Estudio realizado por el Dr. Arquímedes Ruiz Columbié, profesor del National Wind Institute de Texas Tech University, Estados Unidos. Estudio solicitado y patrocinado por Pacific Hydro Company Chile, quienes financian una gran parte del programa de siembra de nubes del Río Cachapoal.

#### Resultados:

Incremento del Caudal del Río Cachapoal en un 13%, 31% y 28% de promedio anual, según aplicaciones de distintas metodologías de análisis.

#### Link de descarga:

<https://mettech.cl/biblioteca/evaluacion-compleja-siembra-de-nubes-cuenca-cachapoal/>



## Resultados Obtenidos Programa V Región Costa



### Método Estadístico

Para la evaluación de Resultados del programa en la V Región, se ha utilizado la metodología estadística denominada "Modelo Autoregresivo Integrado de Promedio Móvil – **ARIMA** - (Autoregressive Integrated Moving Average su sigla en inglés), consistente en un modelo que utiliza variaciones y regresiones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción hacia el futuro

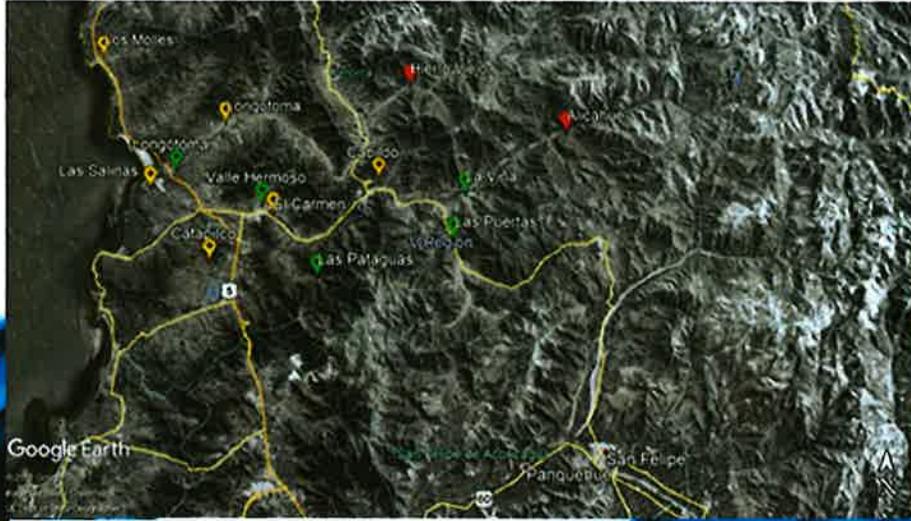
### Estaciones Pluviométricas Seleccionadas

Pertenecientes a la red pluviométrica de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, y la información recabada es la oficial.

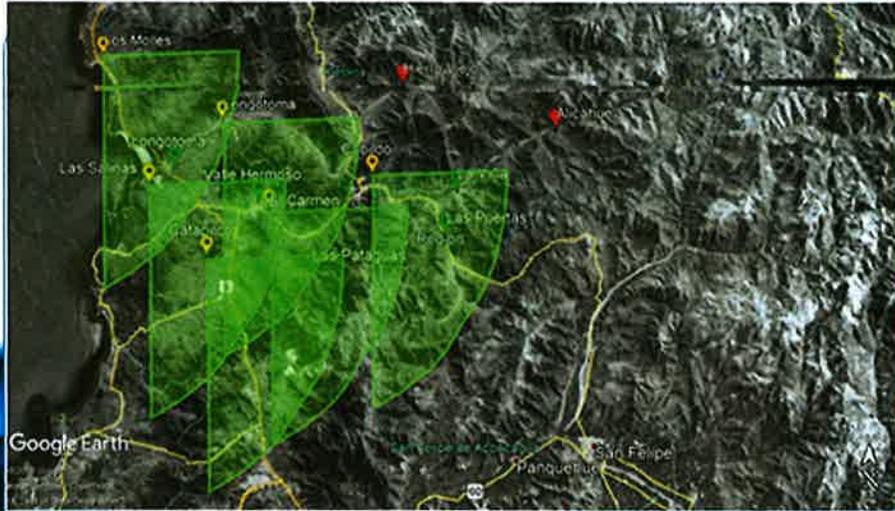
- 1.- Longotoma (Latitud S: 32°23'31"; Longitud W: 71°22'30"; Altitud (msnm): 20)
- 2.- Las Pataguas, (Latitud S: 32°32'00"; Longitud W: 71°07'46"; Altitud (msnm): 350)
- 3.- Valle Hermoso, (Latitud S: 32°26'14"; Longitud W: 71°12'14"; Altitud (msnm): 80)
- 4.- Las Puertas, (Latitud S: 32°29'08"; Longitud W: 70°55'55"; Altitud (msnm): 350)
- 5.- La Viña, (Latitud S: 32°25'34"; Longitud W: 70°55'00"; Altitud (msnm): 370)



República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal



**Mapa N°1**  
**Estaciones Pluviométricas en Área Objetivo en verde**  
**Estaciones Pluviométricas en Área Control en rojo**  
**Equipos Generadores de Yoduro de Plata en naranja**



**Aéreas de influencia de la red de equipos generadores**



En definitiva, el área de influencia o beneficio del programa es el siguiente, definiendo las estaciones pluviométricas bajo los efectos del programa en color verde y las estaciones evidentemente fuera del área de beneficio en color rojo:

#### Resultados Obtenidos

- 1.- Estación pluviométrica Las Pataguas, de acuerdo a la serie histórica, comprendida entre 1988 y 2012, se obtiene un pronóstico de precipitación para el período bajo Programa (2013-2018), de 175 m.m. Sin embargo, durante el periodo bajo la acción del Programa, entre 2013 y 2018, se registró efectivamente una precipitación promedio para el período de 200,2 mm., lo que representa un 14,4% de aumento respecto de la que se hubiera esperado.
- 2.- Estación pluviométrica de La Viña, pronóstico de precipitación: 129 m.m. Precipitación real 142,3 mm., lo que representa un 10,3 % de aumento.
- 3.- Estación pluviométrica de Las Puertas, pronóstico de precipitación: 160 m.m. Precipitación real 166,4 mm., lo que representa un 4,0 % de aumento.
- 4.- Estación pluviométrica de Valle Hermoso, pronóstico de precipitación: 97 m.m. Precipitación real 181,2 mm., lo que representa un 86,8 % de aumento. (\*)
- 5.- Estación pluviométrica de Longotoma, pronóstico de precipitación: 203 m.m. Precipitación real 192,8 mm, lo que representa un -5,0 % de disminución. (\*)

Resumen, el promedio de las 5 estaciones consideradas dentro del área de acción del programa, dan para el periodo 2013-2018, un **22,1% de incremento de las precipitaciones**, respecto de la esperada



### Resultados Obtenidos

Por el contrario, a modo de comprobación de la metodología estadística aplicada,

Estación pluviométrica de Hierro Viejo, pronóstico de precipitación: 180 mm.  
Precipitación real 120,9 mm., lo que significa un resultado negativo de 32,8%.  
Estación pluviométrica de Alicahue, pronóstico de precipitación: 198 mm.  
Precipitación real 135,2 mm., lo que significa un resultado negativo de 31,7%.

En resumen, las estaciones fuera de la zona de beneficio presentaron un 32,2% menos de lo esperado para el periodo.

Lo anterior demuestra la efectividad tanto de la metodología ARIMA, como también de la del Programa de Estimulación de Precipitaciones.

Sin embargo, dado la escasa cantidad de años que componen aún el periodo bajo Programa, es recomendable tomar estos resultados más bien como una demostración cualitativa de los positivos efectos del Programa, más que una cuantificación exacta de porcentajes logrados.

### COMENTARIOS FINALES

- . Los millones de metros cúbicos extras que se han aportado al sistema hídrico han beneficiado de diversas formas:
  - ✓ Aporte importante al sistema hídrico subterráneo.
  - ✓ Recarga al nivel de los pozos de extracción.
  - ✓ Beneficio a la agricultura y la ganadería local, así como a otras actividades productivas.
- . Es la forma más económica de producir agua dulce
- . No tiene efectos secundarios negativos.
- . Es una medida complementaria y de apoyo al resto de acciones destinadas a mitigar los efectos de las sequías.

*"No es la especie más fuerte ni la más inteligente la que sobrevive, sino la que mejor se adapta a los cambios"*

Charles Darwin  
(1809-1882)



República de Chile  
I. Municipalidad de Zapallar  
Secretaría Municipal

## ESTIMULACION DE PRECIPITACIONES

SIEMBRA DE NUBES CON YODURO DE PLATA

Muchas gracias...

Álvaro Martínez R.  
Gerente General  
amartinez@mettech.cl

Miguel Martínez P.  
Meteorólogo  
mmartinez@mettech.cl

**METTECH**  
SIEMBRA DE NUBES

Finalmente después de la exposición el Concejo Municipal tomó el acuerdo de instalar una nueva fuente que permita beneficiar a nuestros agricultores y comunidad en general.

Se somete a votación:

- Concejal Danilo Fernández: Aprueba
- Concejal Claudia Vargas: Aprueba
- Concejal Diego Farías: Aprueba
- Concejal Luis Guajardo: Aprueba
- Concejal Felipe Zamorano: Aprueba
- Concejal Max Correa: Aprueba
- Alcalde Gustavo Alessandri: Aprueba

Se aprueba por unanimidad del Concejo.  
**(ACUERDO N° 264).**

El señor Víctor Ugarte agradece a nombre de la comunidad y agricultores por este beneficio.

Se cierra la sesión a las 12:25 horas.



**G. ANTONIO MOLINA DAINE**  
★ **Secretario Municipal**



**GUSTAVO ALESSANDRI BASCUÑAN**  
**Alcalde**