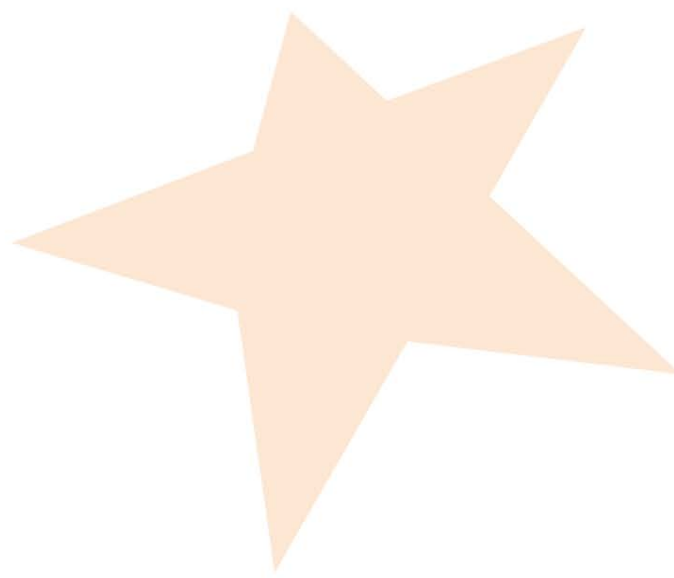


INFORME FINAL

“Implementación de una red de monitoreo meteorológico
como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el
ámbito agrícola y acuícola de la región de Coquimbo”

BIP: 30111306-0



INFORME TECNICO FINAL			Fecha de emisión:
FIC REGIONAL			25/noviembre/2014
Fecha de inicio: 02 diciembre 2011	Fecha de término: 2 julio 2014	N° de informe: Informe Final	Duración: 31 meses
Extensión de plazo	Si		30 días
Nombre del Programa /Proyecto:	“Implementación de una red de monitoreo meteorológico como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito agrícola y acuícola de la región de Coquimbo” BIP: 30111306-0		
Financiamiento:	Monto Total del proyecto:	\$780.671.300	
	Aporte FIC-R:	\$581.298.000	
	Aporte Contraparte:	\$199.373.300	
Institución Ejecutora:	Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas – CEAZA		
Responsable del Proyecto:	Bernardo Broitman Rojas		
Cargo:	Director		
E-mail:	bernardo.broitman@ceaza.cl		
Fono:	051-2-204378		

Contenido

1	Resumen del proyecto	6
2	Introducción	10
3	Tabla de indicadores del proyecto	12
4	Descripción de resultados y actividades del proyecto	14
4.1	Descripción del resultado 1.....	14
4.1.1	Monitoreo atmosférico CEAZA-Met	14
4.1.2	Monitoreo oceanográfico en CEAZA-Met.....	18
4.1.3	Monitoreo en Punta de Choros	19
4.2	Descripción de las actividades resultado 1.....	23
4.3	Descripción del resultado 2.....	24
4.3.1	Descripción de actividades para el resultado 2.....	27
4.4	Descripción de los resultados 3, 4, 5.	27
4.4.1	Introducción a la descripción de los modelos.....	28
4.4.2	Descripción de aplicación de modelos meteorológicos para los sectores agrícola, acuícola y tomadores de decisión en la Región de Coquimbo	32
4.4.3	Descripción de actividades para el resultados 3, 4, 5	53
4.5	Descripción del resultado 6.....	54
4.5.1	Módulo de registro de eventos de las estaciones meteorológicas.....	56
4.5.2	Módulo de metadatos.....	56
4.5.3	Módulo automatizado del resumen de temperatura	56
4.5.4	Módulo de Grados día (GD).....	57
4.5.5	Módulo de conteo de horas bajo 0°C	57
4.5.6	Módulo resumen de Horas Frío (Base 7°C)	57
4.5.7	Módulo de selección de estaciones en modo texto.....	57
4.5.8	Estaciones virtuales.....	57

4.5.9 Riego.....	58
4.5.10 Evapotranspiración	58
4.5.11 Heladas	58
4.5.12 Comparativas	59
4.5.13 Descargas.....	59
4.5.14 Descripción de actividades para el resultado 6.....	61
4.6 Descripción de los resultados 7, 8 y 9.	63
4.6.1 Módulo de alertas meteorológicas	64
4.6.2 Módulo de presentación de sequía	65
4.6.3 Boletín Climático CEAZA.....	66
4.6.4 Estadísticas sobre uso del sitio web del boletín.....	71
4.6.5 CEAZA-Met en el ámbito acuícola	75
4.6.6 CEAZA-Met el sector agrícola.....	77
4.6.7 Descripción de actividades para los resultados 7, 8 y 9.....	79
4.7 Descripción del resultado 10.....	80
4.7.1 Descripción de actividades para el resultado 10.....	84
5 Impactos y otros resultados del proyecto.....	85
5.1 Apoyo con antecedentes meteorológicos y capacidad de pronóstico e interpretación de información al Gobierno Regional de Coquimbo, ante la situación de escasez hídrica en la Región de Coquimbo.....	85
5.2 Instalación de infraestructura y capacidad informática, tanto de procesamiento como almacenamiento de datos, a través de adjudicación del proyecto anexo que permitió instalar un centro de datos en CEAZA.	87
5.3 CEAZA invitado a ser parte de instancias de discusión, decisión y definición sobre políticas regionales y territoriales.....	88
5.4 Formación de capital humano e instalación de capacidades para la Región de Coquimbo.....	88

5.5	Adjudicación de nuevos proyectos de investigación y desarrollo.....	89
5.6	Identificación de otros sectores productivos, privados y públicos (municipios, servicios públicos, sector minero, energía, etc.) interesados en acceder y hacer uso de los productos generados por el proyecto.	89
5.7	Pronóstico del tiempo numérico experto.	90
5.8	Pronóstico gráfico y animado de la dirección y velocidad del viento ..	90
5.9	Pronóstico de nubosidad.	92
6	Problemas enfrentados.....	93
7	Conclusiones y recomendaciones	94
8	Cuadro de antecedentes financieros al 30.05.2014 (última rendición financiera).....	96

1 Resumen del proyecto

La Región de Coquimbo está ubicada en una zona de transición climática. En particular, la región se encuentra en el borde polar de máximo efecto de grandes oscilaciones climáticas asociados a anomalías en el Pacífico Ecuatorial, por ejemplo el fenómeno de El Niño - Oscilación del Sur (ENOS). Esto determina que a lo largo de la costa y a través de las tres cuencas principales de la región se observen condiciones océano-atmosféricas bastante diferentes. Esta variabilidad de condiciones regionales representan un gran desafío desde el punto de vista del manejo de los recursos naturales: ya que, anticipar y manejar la variabilidad ambiental requiere de un esfuerzo intenso de observación y modelación, algo ausente en la región hasta el financiamiento de esta iniciativa a cargo del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). Las Redes de monitoreo CEAZA han implementado una base de datos online de gran utilidad tanto para el sector público como privado y permiten proyectar con mayor precisión las condiciones atmosféricas y oceanográficas, lo que motiva la futura implementación de modelos matemáticos de predicción meteorológica para la Región de Coquimbo. Ejemplo de esta capacidad instalada ha sido la anticipación con que, año tras año, el Consejo Regional y Gobierno Regional internalizó las condiciones de los inviernos (e.g., pluviometría), mediante la entrega de pronósticos durante los veranos anteriores. Una muestra de esta capacidad es el pronóstico entregado a principios del año 2014 a través de los medios de comunicación, donde informaciones de otras fuentes anticipaban un gran evento El Niño con probables catástrofes naturales a raíz de fuertes precipitaciones. Sin embargo, de acuerdo a la realidad regional, la evolución evidenció que este evento de El Niño, sería de baja intensidad, de acuerdo al pronóstico entregado por CEAZA los tomadores de decisiones y público en general, a comienzos de otoño de la presente temporada.

Este proyecto planteó fortalecer las redes existentes, mediante la adquisición e instalación de nuevos equipos de monitoreo y la adquisición de equipamiento para reposición de sensores que ya hubieren cumplido su vida útil: reemplazo de sensores por instrumentos de mejor tecnología; reemplazo y adquisición de

instrumental para la transmisión eficiente de la información; la adquisición de un total de 11 nuevas estaciones meteorológicas atmosféricas, ahora instaladas en sectores costeros y cordilleranos y dos oceanográficas destinadas a densificar la red, proporcionando información en lugares estratégicos de la Región de Coquimbo.

El resultado de la operación de la red en este momento –con los estándares de calidad y cobertura proyectados– constituye una herramienta única de información meteorológica, de carácter regional, para la toma de decisiones en el sector público y privado. Por otra parte, esta información es la base de numerosa investigación básica y aplicada en la región, en colaboración con entidades regionales, nacionales e internacionales en temas de modelamiento climático, pronóstico de eventos extremos (i.e., heladas), fitomodelamiento, modelamiento de crecimiento y desarrollo de plagas, zonificación de áreas homogéneas de riesgo climático, generación de alertas tempranas, entre otros.

Actualmente, es posible visualizar impactos directos y significativos para el sector público –como se mencionaba anteriormente– al contar con una herramienta de planificación que permita anticiparse a eventos extremos de toda naturaleza, adoptando las medidas correspondientes con base en información precisa y oportuna.

En el sector privado por su parte, se definen como principales usuarios, los sectores agrícolas y acuícola. En ambos sectores existe consenso respecto a la necesidad de contar con información meteorológica y variables ambientales, y existe un uso intensivo de la información generada a nivel regional.

La implementación de la red, ha permitido la generación de productos de gran utilidad para el sector agrícola, como pronóstico y alerta de eventos extremos a corto y mediano plazo; programación de riego de acuerdo a parámetros prediales; diagnóstico localizado y de micro escala de condiciones climáticas; seguimiento y control de parámetros derivados (i.e., horas frío, grados día), entre otros. Esta información actualmente disponible para amplios sectores de la región de mediana representatividad, apoya la toma de decisiones relevantes para el sector agrícola en la Región, asociado a fechas de cultivo y

cosecha, riego, entre otras, potenciando una industria relevante para la región de Coquimbo.

Para el sector acuícola los principales resultados de interés están relacionados con el monitoreo en tiempo real de variables como temperatura, oxígeno y salinidad. Parámetros que pueden estar directamente relacionados, por ejemplo, a las tasas de alta mortalidad en cultivos acuícolas; disponibilidad de larvas de interés comercial y otra serie de factores que afectan la productividad de este sector. En este sentido, la información generada por la red permitiría anticiparse a diferentes escenarios ambientales, los cuales inciden en el desempeño de los recursos acuícolas. Lo anterior, asociado a un sistema de alerta temprana, sería una herramienta que podría proporcionar ventajas competitivas a la industria acuícola regional. La disponibilidad de esta información es de especial interés en un momento en que la industria pasa por un periodo de contracción y pérdida de competitividad asociado a factores del mercado internacional.

De esta forma CEAZA-Met, la red de observación de CEAZA, se constituye en un referente respecto al acceso público a información meteorológica a nivel regional, de manera fácil y con alto grado de masividad potencial. Se espera que la red se constituya en un portal de difusión de información meteorológica de calidad, actualizada en tiempo real, base para proyectos futuros de sistemas de alerta temprana. También, podrá contribuir como parte de la red central de la Unidad de Emergencias Agrícolas del Ministerio de Agricultura.

Uno de los puntos centrales para el éxito del proyecto, en términos de representar una solución real para los usuarios, lo constituye el modelo de transferencia de resultados. En este sentido, la información generada por la Red CEAZA-Met, está disponible a los usuarios a través de una página web especialmente diseñada para este proyecto: www.ceazamet.cl, donde es posible descargar datos o bien dar uso a las distintas aplicaciones mencionadas previamente.

Además es importante señalar que el modelo de transferencia contempló, la realización de actividades de difusión y capacitación para los potenciales usuarios, con el objetivo de levantar información relevante que permita generar

respuestas a las reales necesidades de los usuarios, como también para garantizar una adecuada comprensión y uso de la plataforma.

Por otra parte, como estrategia para una mejora continua de la calidad de los datos y la información entregada a los usuarios, se irán incorporando un mayor número de estaciones meteorológicas, públicas y/o privadas, para ampliar la cobertura regional de esta red.

En resumen, este proyecto ha mejorado progresivamente el estándar de captura y transmisión de información meteorológica, como base para la formulación de un sistema de pronósticos y alertas tempranas de riesgo climático, en el corto y mediano plazo. La base para la existencia de un sistema como el descrito y sus referentes, lo constituye el Institute for International Research (IRI), alojado en la Universidad de Columbia, Nueva York, EEUU, quienes actualmente lideran a nivel mundial el alojamiento de bases de datos masivas de información ambiental, su uso en pronósticos atmosféricos (ENOS, entre otros) y su distribución vía canales web en formatos útiles para la toma de decisiones.

2 Introducción

La Región de Coquimbo por su complicada geografía, es diversa en condiciones atmosféricas. Además, se ve afectada por la variabilidad de oscilaciones climáticas tanto de escala global como de escala local, a nivel interanual e intraestacional, que tienen influencia directa en las condiciones atmosféricas de la región. Por otra parte, la región posee una vasta zona de secano, que depende en gran medida de las lluvias para su sustentabilidad. Estos factores y considerando el desarrollo y relevancia de las actividades agrícolas y acuícolas de la región, explican la necesidad de contar con información meteorológica amplia, detallada y en tiempo real, que sirva como herramienta para apoyar la toma de decisiones, que permita prever o disminuir los riesgos asociados y enfrentar los escenarios que afectan directamente a los niveles de productividad de estos sectores y a la economía de la región.

En el año 2004 CEAZA comienza el monitoreo océano-atmosférico con siete estaciones agrometeorológicas, con el objetivo de comprender los efectos de las oscilaciones climáticas y oceanográficas sobre el ciclo hidrológico y la productividad biológica (natural y bajo cultivo) en las zonas áridas y marinas del centro-norte de Chile. En este sentido, se desarrolló una plataforma web en donde se integran los datos y surge la visualización de éstos en tiempo real (cabe destacar que la página web está en constante desarrollo y se ha estado modificando continuamente, tanto los contenidos como las nuevas herramientas, debido a la retroalimentación con distintos usuarios, gracias a las progresivas relaciones que se adquieren como resultado de la vinculación). Por otro lado, esta plataforma contiene varios productos operacionales en desarrollo. Sin embargo, son igualmente utilizados por expertos que apoyan la toma de decisiones en ciertos ámbitos. En este contexto surge la necesidad de ampliar la red de estaciones meteorológicas y con ello entregar herramientas avanzadas y aplicadas.

En el presente informe se presenta el desarrollo del proyecto llamado “Implementación de una red de monitoreo meteorológico como herramienta de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito agrícola y acuícola de la Región de

Coquimbo” BIP: 30111306-0, el cual tiene como objetivo dotar a la Región de Coquimbo de una red de estaciones meteorológicas que permita generar información de apoyo a la toma de decisiones en el ámbito agrícola y acuícola.

Como resultado de la retroalimentación de la vinculación con los sectores productivos, se desarrollaron algunas herramientas –no comprometidas– que no solo apoyan a la toma de decisiones, sino que además se suman los ámbitos de la gestión del recurso hídrico (e.g., Juntas de Vigilancias), Minería, Energía, meteorología nacional, Fuerzas Armadas, Dirección de Aeronáutica Civil, etc., todas entidades asociadas en la Región de Coquimbo.

3 Tabla de indicadores del proyecto

En la siguiente tabla se presentan los resultados comprometidos en el proyecto de meteorología. En ella se hace un resumen general de los puntos que serán abordados en el presente informe.

Nº	Resultado	Indicador de efectividad	Medio de verificación
1	Equipamiento adquirido e instalado en la Región de Coquimbo.	Equipamiento comprado Estaciones instaladas Estaciones monitoreando Estaciones en línea	Facturas de compra ver anexo 1
2	Información meteorológica y oceanográfica de la Región de Coquimbo, con alta representatividad.	Información en tiempo real de variables meteorológicas y oceanográficas (horario, diario, semanal, mensual, anual), disponibles en página web, para descarga en formato .xls, .csv.	Ver página www.ceazamet.cl
3	Aplicación de modelos meteorológicos para el sector agrícola en la Región de Coquimbo.	Aplicaciones disponibles sector agrícola/aplicaciones planificadas sector agrícola (ver aplicaciones en resultado 3, 4 y 5)	Herramienta disponible en página web www.ceazamet.cl
4	Aplicación de modelos meteorológicos y oceanográficos con aplicación en el sector acuícola.	Aplicaciones disponibles sector acuícola/aplicaciones planificadas sector acuícola (ver aplicaciones en resultado 3, 4 y 5)	Herramienta disponible en página web www.ceazamet.cl
5	Aplicación de modelos meteorológicos y oceanográficos para la gestión territorial (sector público, otros)	Aplicaciones disponibles sector público/aplicaciones planificadas sector público (ver aplicaciones en resultado 3, 4 y 5)	Herramienta disponible en página web www.ceazamet.cl

6	Plataforma virtual para acceder a información meteorológica y oceanográfica.	Plataforma operando, entregando información en tiempo real y aplicaciones basadas en modelos meteorológicos y oceanográficos.	Ver página web www.ceazamet.cl
7	Empresas del sector agrícola incorporan información de la red www.ceazamet.cl , para mejora de su gestión.	Nº de usuarios registrados del sector agrícola. Nº de empresas agrícolas suscritas para recibir información de interés para el sector agrícola.	Base de datos de usuarios registrados. Base de datos de empresas suscritas.
8	Empresas del sector acuícola incorporan información de la red www.ceazamet.cl , para mejora de su gestión.	Nº de usuarios registrados del sector acuícola. Nº de empresas agrícolas suscritas para recibir información de interés para el sector acuícola.	Base de datos de usuarios registrados. Base de datos de empresas suscritas.
9	Sector público, cuenta con herramientas e información meteorológica y oceanográfica para la planificación y toma de decisiones.	Nº de usuarios registrados del sector público. Nº de reportes entregados al sector público. Nº de servicios específicos solicitados por el sector público.	Base de datos de usuarios registrados. Reportes enviados (vía email, físico, otro) Informes sobre servicios específicos realizados.
10	Laboratorio de calibración de sensores.	Equipamiento comprado/equipamiento presupuestado. Laboratorio de calibración de sensores meteorológicos operativo.	Facturas de equipos comprados.

Tabla 1: indicadores del proyecto.

4 Descripción de resultados y actividades del proyecto

4.1 Descripción del resultado 1

Resultado 1. Implementación de estaciones de monitoreo atmosférico				Presupuesto	\$ 309.543.114
Fecha de inicio	01/03/2012	Fecha de término	02/07/2014	Avance	100%

4.1.1 Monitoreo atmosférico CEAZA-Met

La región cuenta con una red de estaciones meteorológicas densa, moderna y altamente eficiente en la captación, almacenamiento, transmisión y procesamiento de datos de origen meteorológico y oceanográfico, entregando información en tiempo real.

La información obtenida será la base para la generación de información meteorológica con alta representatividad y precisión para la Región de Coquimbo.

Este resultado principalmente se refiere al componente físico de la red: es decir, a la selección, compra, configuración e instalación de las estaciones meteorológicas.

De este modo, finalizado este proyecto la Región de Coquimbo cuenta con una red de 44 estaciones de monitoreo océano-atmosférico, distribuidas en toda la región (figura 1). Actualmente, 37 de las estaciones son propiedad exclusiva de CEAZA, 14 financiadas por este proyecto (tabla 2), 3 del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2 del Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) y 2 de Minera Los Pelambres.

El proyecto comprometió 11 estaciones de monitoreo nuevas. Sin embargo, se optimizaron los recursos y se lograron instalar 14, dos de las cuales son de alta montaña y actualmente se encuentran monitoreando el comportamiento de la nieve en las cabeceras de las cuencas de los Ríos Limarí y Choapa.

A continuación, en la tabla 2 se presenta el detalle técnico de la ubicación de las nuevas estaciones que fueron instaladas por parte de este proyecto.

Localidad	Coordenadas		MSNM	1ª lectura	Última lectura	Tipo	Mide nieve
Pichidanguí	-32,131	-71,5311	40	2014-03-09	2014-06-03	Costera	No
Punta Colorada	-29,354	-71,0329	379	2013-12-10	2014-06-03	Terrestre	No
Combarbalá	-31,200	-71,0006	1136	2013-10-16	2014-06-03	Terrestre	No
Hurtado [Lavaderos]	-30,309	-70,6265	1462	2013-01-22	2014-06-03	Terrestre	No
Ovalle [Talhuén]	-30,592	-71,248	292	2013-01-03	2014-06-03	Terrestre	No
Pichasca	-30,413	-70,9028	0	2013-08-13	2014-06-03	Terrestre	No
Andacollo	-30,249	-71,0664	1281	2014-01-13	2014-06-03	Terrestre	No
Salamanca [Chillepín]	-31,89	-70,75	840	2013-07-09	2014-06-03	Terrestre	No
Mincha Sur	-31,59	-71,42	50	2013-07-23	2014-06-03	Terrestre	No
Canela	-31,39	-71,41	350	2013-07-08	2014-06-03	Terrestre	No
Laguna Hurtado	-30,511	-70,4467	2500	2013-08-03	2014-06-03	Cordillera	Si
Hualtatas	-31,707	-70,525	3632	2014-04-28	2014-06-03	Cordillera	Si
Peñablanca	-30,900	-71,5538	370	2013-09-26	2014-05-15	Terrestre	No
Tilama	-32,08	-71,16	0	2013-07-24	2013-11-07	Terrestre	No
Balsa Tongoy (CTD)	-30.275	-71.5611	0	2014-06-11	2014-07-21	Marina	No
Punta de Choros (CTD)	-29.239	-71.5334	0	2014-02-21	2014-05-	Marina	No

Tabla 2: ubicación en detalle y fecha de la primera medición de las nuevas estaciones oceanográficas y atmosféricas CEAZA-Met.

Por otro lado, se renovó parte de la red existente, de forma que 19 estaciones se pudieron mantener en operaciones, cuyo listado se encuentra en la tabla 3 descrita a continuación:

Localidad	Coordenadas		MSNM	1ª lectura	Tipo
Paso Aguas Negras	-30.1914	-69.8255	4750	2014-06-05	Cordillera
Tongoy [Chispa]	-30.2780	-71.5632	0	2009-12-13	Océano
Quebrada Seca	-30.4961	-71.4905	110	2012-08-28	Terrestre
La Laguna [Elqui]	-30.2029	-70.0372	3200	2013-06-05	Cordillera
Vicuña [INIA]	-30.0383	-70.6966	630	2012-04-20	Terrestre
Pan de Azúcar [INIA]	-30.0667	-71.2333	135	2012-04-12	Terrestre
Punta de Choros	-29.2459	-71.4687	5	2011-01-04	Costera
La Serena [El Romeral]	-29.7500	-71.2500	160	2012-08-25	Terrestre
Las Cardas	-30.2515	-71.2569	280	2012-06-13	Terrestre

Islote Pájaros	-29.5851	-71.5375	40	2010-01-15	Costera
Coquimbo [El Panul]	-30.0000	-71.4000	120	2012-05-07	Costera
Pisco Elqui	-30.1167	-70.4833	1200	2012-05-22	Terrestre
Gabriela Mistral	-29.9833	-71.0833	200	2012-05-02	Terrestre
UCN Guayacán	-29.9666	-71.3528	5	2011-02-23	Costera
Los Molles [Bocatoma]	-30.7461	-70.4192	2600	2013-02-02	Cordillera
Punta Lengua de Vaca	-30.2442	-71.6266	10	2013-11-25	Costera
Rapel	-30.7232	-70.7726	800	2012-03-25	Terrestre
Llanos de Huanta	-29.8225	-70.3437	1700	2010-09-08	Terrestre
Caleta Toro	-30,7404	-71,7004	23	2010-09-27	Costera

Tabla 3: Ubicación y fecha de la primera lectura de estaciones CEAZA-Met.

En el anexo 1 se encuentra el informe detallado de la instalación de las 14 estaciones meteorológicas y en el anexo 2 se puede encontrar toda la información acerca de los equipos oceanográficos.

La figura 1 indica la distribución de las estaciones que componen la red actual de monitoreo océano-atmosférico CEAZA-Met, en la Región de Coquimbo.

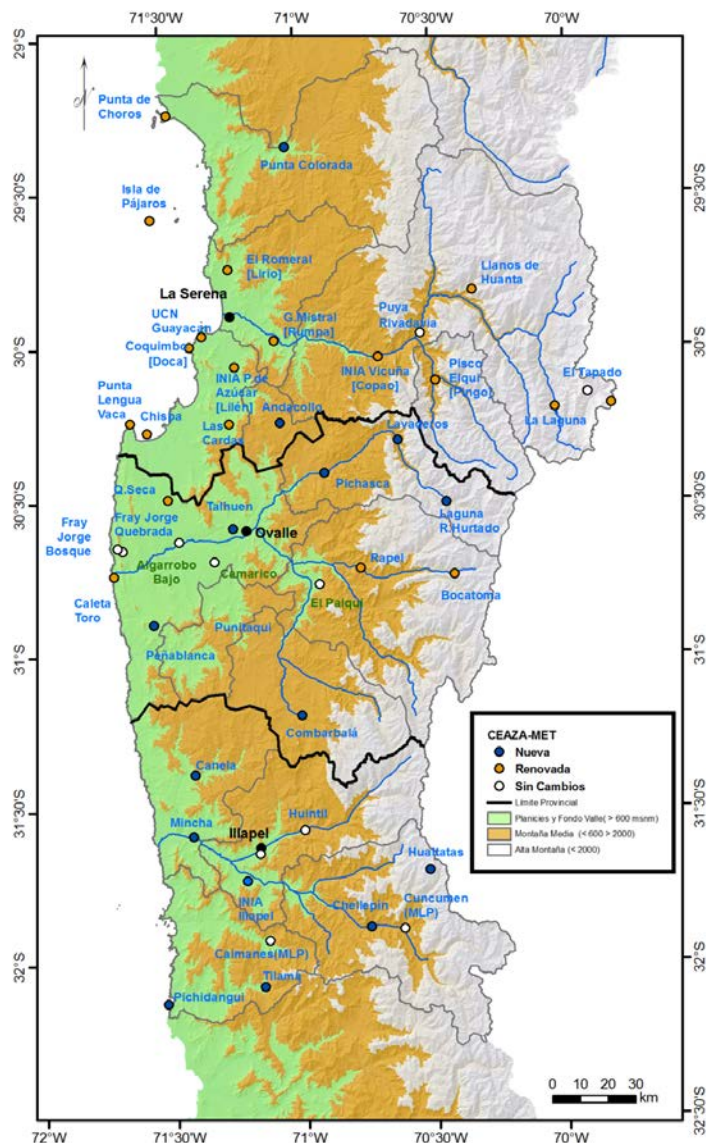


Figura 1: mapa de la distribución de las estaciones de monitoreo CEAZA-Met en la Región de Coquimbo.

Posterior a la ejecución de la instalación del 100% de las estaciones, se realizó una auditoria con el objetivo de determinar si los equipos quedaron bien instalados y si la información que es levantada por las estaciones cumplen con los estándares mínimos de confiabilidad según protocolos establecidos internacionalmente por la Organización Mundial de Meteorología (OMM). Ver anexo 4.

Se verificó que los sensores y los datos colectados por los mismos, correspondieran a los indicados en la plataforma virtual, sección de metadatos

para dar certeza de la información registrada, esto es particularmente importante para el sector científico.

De este modo, se garantiza que la red de estaciones meteorológicas del CEAZA realiza un monitoreo océano-atmosférico bajo parámetros y estándares internacionales regulados por la OMM.

4.1.2 Monitoreo oceanográfico en CEAZA-Met

Lugares estratégicos donde se desarrolla el ámbito acuícola en la Región de Coquimbo.

En general las condiciones marinas varían en magnitud con la latitud a lo largo de todo el país. En ese sentido, grandes extensiones oceánicas no presentan variaciones significativas en las condiciones ambientales. Sin embargo, en la Región de Coquimbo coexisten fenómenos naturales como puntos de alta productividad (surgencia), corriente de Humboldt, capa mínima de oxígeno, eventos de El Niño – Oscilación del Sur (ENOS), etc., que pueden afectar las distintas actividades en el ámbito acuícola. Por eso es relevante contar con un monitoreo oceanográfico adecuado.

Los productos y aplicaciones del monitoreo oceanográfico CEAZA-Met, tienen como propósito apoyar la toma de decisiones a los diversos usuarios ligados al sector marino, acuícola y pesquero. Por lo tanto, se proponen mediciones oceanográficas en dos sectores altamente productivos a nivel acuícola en la Región de Coquimbo, por las características que se detallan más adelante.

Actualmente se cuenta con dos estaciones oceanográficas que miden variables marinas tales como: temperatura superficial del mar (TSM), oxígeno disuelto en el agua (O_2), salinidad, conductividad y próximamente fluorescencia y turbidez. Estos datos están disponibles en www.ceazamet.cl (ver anexo 2)

Punta de Choros y Tongoy son los puntos que se seleccionaron para comenzar el monitoreo océano-atmosférico, principalmente porque son sitios donde se desarrolla la acuicultura, el turismo y el manejo de los recursos bentónicos en la Región de Coquimbo.

4.1.3 Monitoreo en Punta de Choros

Se escogió la localidad de Punta de Choros porque es un Área Marina Protegida de Múltiples Usos (AMCP-MU); punto geográfico donde se desarrolla el turismo; existe un área de manejo de recursos bentónicos (AMERB); es un foco de alta diversidad de especies marinas y además es un punto de observación importante para la oceanografía debido a que en esta zona emerge la corriente de Humboldt en la Región de Coquimbo.

La localidad de Punta Choros, incluyendo la Reserva Marina Isla Dama-Choro, es un sitio de suma importancia para la Región de Coquimbo, tanto por razones sociales como científicas. En términos oceanográficos, es uno de los focos de surgencia costera (foco de alta productividad marina) importantes en la Región.

Las condiciones topográficas locales que presenta este lugar le dan un carácter único en términos de productividad biológica, ecología, biodiversidad y conservación, por ello se definió como un Área Marina Costera Protegida de Múltiples Usos, involucrando el manejo exitoso de recursos bentónicos por parte de pescadores artesanales y actualmente es un polo turístico de la Región.

Para entender las condiciones oceanográficas y biofísicas en la región, a principio del año pasado, en conjunto con el IFOP (ver anexo 2), se comenzó un experimento observacional en este lugar; este procedimiento consiste en generar información oceanográfica y biofísica que permita relacionar la variabilidad ambiental con cambios biológicos y productivos en la zona. Para esto se han fondeado varios equipos oceanográficos por un periodo de tiempo prolongado, que han estado registrando las corrientes, temperatura, salinidad, oxígeno, fluorescencia y turbidez, en el cual uno de los equipos adquiridos por el presente proyecto (CTD WQM WetLabs) ha sido fundamental.

En términos científicos, la idea fundamental es entender las causas de las fluctuaciones oceanográficas registradas en el sector, si responden al forzamiento del viento local o a oscilaciones de origen remoto, y cómo estas pueden estar afectadas por la topografía accidentada del lugar y su relación con los cambios de productividad de la zona.

Por otro lado la instalación en el sector sur de Coquimbo específicamente en la Bahía de Tongoy fue decidida principalmente por las razones que se detallan más adelante.

3.1.1.1 Monitoreo en la bahía de Tongoy

El Monitoreo ambiental en este sector en particular es importante por varias razones biológico – productivas que se detallan a continuación.

Guanaqueros y Tongoy son los únicos sectores de producción acuícola en la Región de Coquimbo, por tanto contar con monitoreo océano-atmosférico resulta fundamental para la planificación de los protocolos de faenas de producción.

En ambas caletas se desarrolla el sector productivo de la pesca artesanal. Para la planificación de sus faenas es indispensable conocer las condiciones océano-atmosféricas. En ese sentido, CEAZA-Met pone a disposición monitoreo ambiental y aplicaciones como modelación de la temperatura superficial del mar, pronóstico de vientos, condiciones meteorológicas en tiempo real, etc., (ver anexo 2)

Por otra parte, en el sector de Punta Lengua de Vaca, límite sur de la bahía de Tongoy, se produce un fenómeno oceanográfico de alta productividad primaria, llamado surgencia. Es por esto que resulta fundamental hacer un monitoreo constante del sector, tanto para aportar a la ciencia con datos en tiempo real, como a los distintos componentes de la comunidad marina de Tongoy.

En la literatura científica se describe que frente a las costas de Chile existe una masa de agua anóxica (baja o nula en oxígeno disuelto en el agua de mar, figura 2), que se encuentra a gran profundidad. Sin embargo, esta masa de agua es dinámica subiendo y bajando entre distintas profundidades. De este modo, la Región de Coquimbo es una de las zonas en las que se ha identificado y descrito este fenómeno, gracias a estudios oceanográficos realizados por UCN-CEAZA, la Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, entre otras instituciones. Los estudios indican que se registran fluctuaciones en la

concentración de oxígeno superficial (8 y 30 m de profundidad) diario. En la figura 2, se puede observar la presencia de la masa de agua anóxica que sube y se mezcla con las capas más superficiales, dejándolas pobres en oxígeno, lo cual, es crítico para la vida marina, considerando que los valores normales son entre 6 y 8 mg/L de agua de mar.

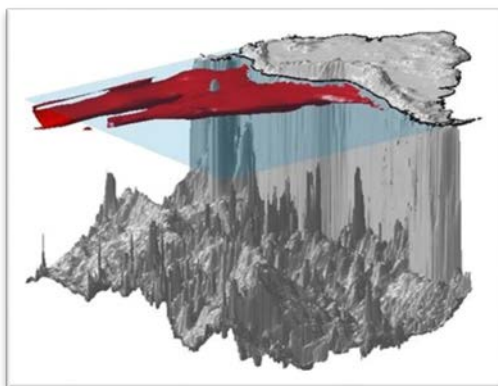


Figura 2: Gráfica del modelamiento de la masa de agua mínima en oxígeno presente en la costa Chilena.

La figura 3 presenta el monitoreo de la concentración de oxígeno disuelto en el agua de mar durante el año 2013, medido en la Bahía de Tongoy a través de los CTDs CEAZA.

Actualmente, la estación “Chispa” pasa a ser la estación “Balsa Tongoy”. Sin embargo, persiste el trabajo de validación de datos históricos que se generaron en la estación “Chispa”, por lo que mientras dure el proceso de transición entre una estación y otra, en el sitio seguirán mostrándose como estaciones distintas. Una vez validada la información y consolidados los datos, se transferirán los datos históricos a la nueva Balsa Tongoy.

Los resultados indican y corroboran que existen fuertes oscilaciones en las concentraciones de oxígeno y en promedio va cambiando mensualmente, registrándose fuertes bajas en los meses de agosto, septiembre y octubre. Asimismo, en la página www.ceazamet.cl, se pueden observar las gráficas del comportamiento de esta masa de agua anóxica mensualmente, diariamente y por hora. En ese sentido, se logró describir este fenómeno con grandes fluctuaciones diarias en las concentraciones de oxígeno disuelto.

Biológicamente, el descenso de las concentraciones de oxígeno es sumamente complejo para el desarrollo de los organismos que viven en estos lugares ya que se encuentran continuamente en condiciones de estrés, lo cual impacta directa y negativamente en el desarrollo reproductivo de las especies.

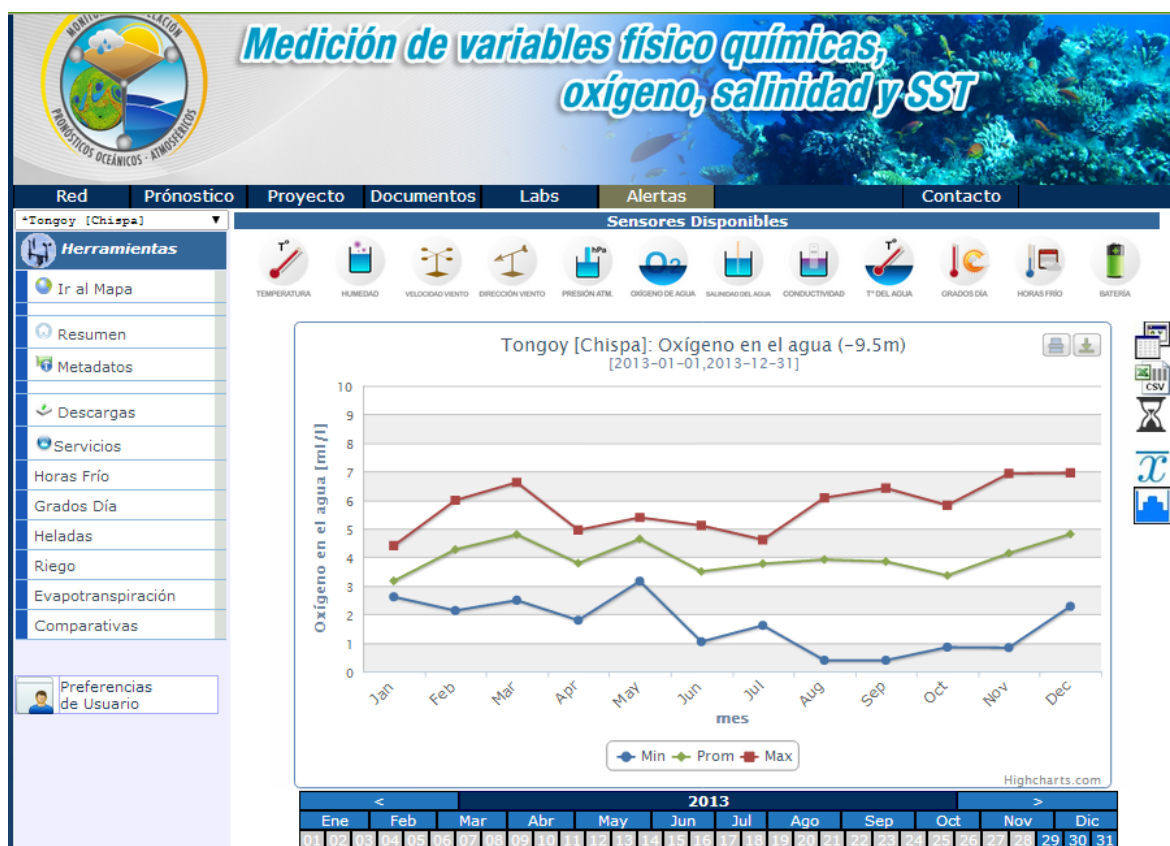


Figura 3: gráfico de las concentraciones de oxígeno disuelto el año 2013 en la bahía de Tongoy (Fuente: CEAZA-Met)

Los estudios para caracterizar y desarrollar actividades en el mar, radican en los comportamientos de variables como la temperatura del mar, la presión atmosférica, el oxígeno disuelto, velocidad y dirección del viento y las corrientes oceanográficas. En ese sentido, CEAZA, en conjunto con la Universidad Católica del Norte, es pionero en el monitoreo océano-atmosférico con proyecciones importantes gracias a los convenios que han sido firmados (ver anexo 9) y que están por concretarse.

Actualmente, se apoya a los tomadores de decisión del sector acuícola con variables en línea como la velocidad y dirección del viento, temperatura superficial del mar, oxígeno disuelto en el mar, presión atmosférica, que son las variables que están fluctuando periódicamente y que necesitan de un monitoreo para conocer las condiciones en las cuales se trabaja en el mar.

Actualmente, CEAZA-Met cuenta con una estación meteorológica en Tongoy (Balsa CMET ver anexo 2), la cual está transmitiendo en tiempo real las condiciones climáticas y oceanográficas lo que permite la programación de las faenas de terreno tanto de la Armada de Chile como de pescadores artesanales. También forma parte de las planificaciones operativas de la pectinicultura (cultivo de ostiones)

Los usuarios ligados al sector marino, acuícola y pesquero de Tongoy pueden acceder a toda la información meteorológica en tiempo real, a través de sus dispositivos móviles entrando a la dirección web: movil.ceazamet.cl (ver anexo 10, página 23), en la página web www.ceazamet.cl. Por otro lado, en la capitanía de puerto de Tongoy se instaló un televisor inteligente de 32 pulgadas (ver anexo 10, página 17), con el propósito de entregar información gráfica del monitoreo y en tiempo real de la localidad, para apoyar las faenas de trabajo tanto de los oficiales de la Armada como para los pescadores que desarrollan su actividad en esta localidad.

Por otro lado, en Punta de Choros se instalaron otros equipos para realizar el monitoreo oceanográfico, cuyos procedimientos e instalación de los equipos, se encuentran descritos en el anexo 2.

4.2 Descripción de las actividades resultado 1

Resultados	Actividades
Equipamiento adquirido e instalado en la Región de Coquimbo	Diagnóstico estado actual red de monitoreo CEAZA-Met.
	Evaluación de equipamiento con principales proveedores de nivel mundial y definición de equipamiento a licitar.
	Llamado a licitación pública adquisición de equipamiento.

	Compra de equipamiento nuevo, estación patrón y móvil (anexo 1)
	Compra de herramientas personal de trabajo.
	Renovación e instalación de estaciones de monitoreo (tabla 2)
	Adquisición equipamiento oceanográfico.
	Adquisición de equipamiento de laboratorio de calibración.
	Planificación y construcción de balsa oceanográfica.
	Puesta marcha balsa oceanográfica.
	Inauguración de estaciones.
	Auditoria de red meteorológica CEAZA-Met (anexo 1)

Tabla 4: descripción de las actividades resultado 1: equipamiento adquirido e instalado en la Región de Coquimbo.

Más detalles se presentan en el anexo 1, respecto a estaciones meteorológicas y en el anexo 2 para el caso de las estaciones oceanográficas.

4.3 Descripción del resultado 2

Resultados 2. Información meteorológica y oceanográfica de la Región de Coquimbo, con alta representatividad				Presupuesto	\$140.000.000
Fecha de inicio	01/12/2011	Fecha de término	2/04/2014	Avance	100%

El resultado 1 cubrió el aspecto físico de la red en términos del equipamiento el resultado 2 tiene relación con que los equipos instalados comiencen y se mantengan transmitiendo datos y además que estos sean representativos de lo que ocurre en la región.

Actualmente, la red CEAZA-Met cuenta con 44 estaciones meteorológicas transmitiendo información de calidad y utilidad pública, distribuidas en las tres provincias de la Región de Coquimbo.

Debido a la gran cobertura de estaciones, hoy en día, las 15 comunas de la región cuentan con información climática de alta calidad, la cual es utilizada principalmente en el ámbito de la toma de decisiones a nivel transversal en todos los sectores productivos de la región.

Con respecto a la actividad de evaluación de emplazamientos CEAZA e INIA de puntos de monitoreo, visita y selección de sitios de instalación, se realizaron una serie de actividades específicas: primero, con el apoyo de herramientas de Sistema de Información Geográfica y la información proporcionada por la antigua red CEAZA-Met, se ubicaron los lugares en la región que carecían de un punto de observación meteorológico. Posteriormente, se trazó un mapa estratégico para que, con los fondos disponibles, se pudiera cubrir lo más posible dichos lugares. Luego de eso, se contactó a personas y entidades que pudieran tener disposición de instalación de equipos meteorológicos en terrenos de su posesión y para cada zona elegida previamente, se visitaron en terreno entre dos a tres opciones, de las cuales finalmente se selecciona el lugar que cuente con las mejores características para la medición de parámetros meteorológicos, vale decir, lejos de obstrucciones, objetos, árboles, edificios, amplio espacio, etc.

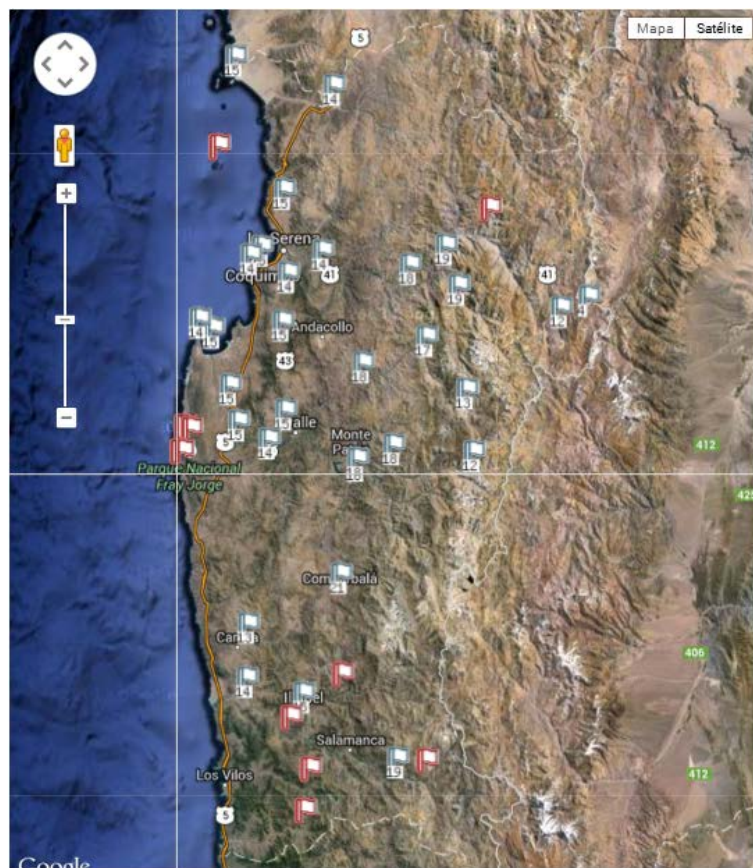


Figura 4: mapa de la visualización del sitio web con la distribución de estaciones meteorológicas en la Región de Coquimbo.

4.3.1 Descripción de actividades para el resultado 2

Resultados	Actividades
Información meteorológica y oceanográfica de la Región de Coquimbo, con alta representatividad	Evaluación emplazamientos CEAZA e INIA de puntos de monitoreo.
	Visita y selección de sitios de instalación.
	Redacción y firma de convenios.
	Vinculación con instituciones (MLP, INIA, IEB)
	Emisión periódica de un boletín climático.
	Mantenión de estaciones (ver metadatos de cada estación en la página www.ceazamet.cl)
	Diseño de base de datos de estaciones meteorológicas (anexo 4)
	Recopilación e ingreso a la web de metadatos de estaciones meteorológicas (ver página web de cada estación, sección metadatos)
	Generación de módulos de mantención de respaldos de las bases de datos.
	Diseño formulario mantenciones (ver anexo 5)

Tabla 5: descripción de las actividades resultado 2: información meteorológica y oceanográfica de la Región de Coquimbo, con alta representatividad.

4.4 Descripción de los resultados 3, 4, 5.

Resultados 3, 4, 5. Aplicación de Modelos meteorológicos para los sectores agrícola, acuícola y tomadores de decisión en la Región de Coquimbo				Presupuesto	\$109.634.086
Fecha de inicio	1/12/2011	Fecha de término	2/07/2014	Avance	100%

Los resultados 1 y 2 abarcaron el macro-componente del proyecto relacionado con montar y poner en operaciones la red de monitoreo regional.

El segundo macro-componente tiene relación con generar y/o usar los datos provenientes de modelos numéricos y fuentes satelitales.

Esta descripción engloba los puntos 3, 4 y 5 de los resultados comprometidos en el proyecto, los cuales hacen referencia a:

- ✓ **Resultado 3:** Generación de modelos meteorológicos para el sector agrícola;
- ✓ **Resultado 4:** Generación de modelos meteorológicos, oceanográficos para el sector acuícola;
- ✓ **Resultado 5:** Generación de modelos meteorológicos, oceanográficos para la gestión territorial (sector público, otros.)

Debido a que el uso de las aplicaciones de los modelos meteorológicos no es excluyente en los distintos sectores mencionados, se decidió juntar estos resultados e incluir una reseña aclarando cuáles son los sectores que utilizan la herramienta y la descripción de sus posibles usos.

Cabe destacar que los modelos que se presentan más adelante, no solo son utilizados por los tres sectores mencionados anteriormente, sino que también, son de mucha utilidad en otras áreas de los sectores productivos (i.e., minería, Juntas de Vigilancia de agua, pesquerías, etc.)

4.4.1 Introducción a la descripción de los modelos

Un modelo numérico es un tipo de simulador, donde se usan datos reales puntuales –capturados por redes meteorológicas, sondas y satélite– para que a partir de ellos y mediante la aplicación de fórmulas físicas conocidas, se simule el comportamiento de las condiciones atmosféricas a través del tiempo y el espacio.

En el contexto temporal, estas simulaciones se pueden hacer para conocer lo que sucedió en un determinado tiempo anterior (días, meses y años) y por lo tanto generar diagnósticos que se pueden usar, por ejemplo para crear mapas climatológicos (i.e., mapas del comportamiento general en los últimos años de cierta variable). También se pueden hacer simulaciones de lo que pasará desde un tiempo actual hacia el futuro y esto es lo que se llama pronóstico, los que se pueden generar en escalas de horas hacia adelante (i.e., pronóstico operacional

de mesoescala) y hasta meses (pronóstico estacional) o años (simulaciones de cambio climático)

En el contexto espacial, la simulación se puede llevar a cabo para todo el globo, en donde cada celda cubre cientos de kilómetros –y por lo tanto sirve para trabajar a escalas de continentes y países– pero también a nivel de mesoescala en donde cada celda puede representar hasta unos pocos kilómetros y por lo tanto indicar procesos que ocurren en el radio de provincias y ciudades.

Por otro lado existen productos satelitales que también pueden ser usados para la gestión territorial y que comparten con los modelos el hecho de arrojar típicamente los datos en forma de grilla, siendo la diferencia principal en que un modelo crea datos simulados y el satélite los mide.

Dicho esto, el proyecto se alimentó de fuentes globales y de generación propia para crear una serie de productos –algunos incluso experimentales al inicio– basados en modelos y fuentes satelitales que cubren todos los usos nombrados anteriormente, excepto los de cambio global. Así, se hicieron diagnósticos de condiciones pasadas a diferentes niveles espaciales/temporales, además se implementó un pronóstico meteorológico operacional a cinco días y también se usaron modelos globales para hacer pronósticos estacionales. Se usaron fuentes satelitales para hacer diagnóstico de vegetación y cobertura de nieve en la región.

Los pronósticos y las simulaciones oceanográficas, atmosféricas y biológicas generadas y disponibles para la región en el marco del proyecto, han sido desarrollados con el apoyo científico de importantes centros de investigación a nivel mundial y nacional: se incluye el International Research Institute for Climate and Society (IRI) de Estados Unidos; el laboratorio de Estudios en Geofísica y Oceanografía Espaciales - (LEGOS) y el Institut de recherche pour le développement (IRD), ambos de Francia, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y el Centro de Investigación Oceanográfico en el Pacífico Sur – Oriental (COPAS).

Otras instituciones partícipes mediante el aporte de herramientas y datos de fuentes globales utilizados en los pronósticos y simulaciones son: Met Office (Servicio Meteorológico del Reino Unido) y su servicio operacional de análisis global de temperatura superficial del mar en alta resolución; National Center for Environmental Prediction (NCEP), National Weather Service (NWS) y National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), generadores de los análisis operacionales globales FNL; y CFSR, National Center for Atmospheric Research (NCAR/UCAR)

Las herramientas de información meteorológica de carácter regional, son únicas en Chile y han permitido proporcionar un sistema de alertas tempranas de eventos extremos de corto y mediano plazo, de acuerdo a las contingencias climáticas. Es decir, la extensión de la red de estaciones de monitoreo, ha permitido generar herramientas para el apoyo a la toma de decisiones, tanto en los distintos sectores productivos como a los tomadores de decisión del gobierno regional y/o servicios públicos de la región, además de proporcionar información a la red meteorológica mundial.

Hoy la Región de Coquimbo cuenta con predicciones numéricas¹ de alta resolución temporal y espacial; pronóstico del tiempo, pronóstico de viento, pronóstico de precipitaciones, pronóstico del nivel del mar en Coquimbo, pronóstico de radiación solar, monitoreo de sequía y condiciones oceanográficas (www.ceazamet.cl, sección pronóstico oceanográfico).

Estas herramientas y simulaciones han sido desarrolladas con el foco en la Región de Coquimbo a través de modelos numéricos y estadísticos que han sido ajustados y están a la espera de ser validados mediante las observaciones obtenidas por las estaciones de la red CEAZA-Met, lo cual permitirá proyectar en toda la región las condiciones del tiempo y del clima a corto, mediano y largo plazo.

¹ La predicción numérica hace referencia a los sistemas que usan datos meteorológicos en tiempo real para alimentar complejos modelos físico-matemáticos de la atmósfera para predecir la evolución meteorológica.

Otros productos de gran utilidad corresponden a las simulaciones interanuales del periodo 2000-2014 de alta resolución temporal (1 hora) y espacial (4 km) del océano y la atmósfera, las cuales permiten el estudio retroactivo de los procesos físicos y biológicos de mesoescala presentes en la región. Además, permiten contrastar las condiciones actuales océano-atmosféricas con el pasado cercano a fin de detectar el desarrollo de anomalías en el tiempo y el clima en la Región de Coquimbo.

Estos productos son puestos a disposición de la comunidad mediante diversos medios de publicación y distribución, entre ellos el portal web de la red meteorológica CEAZA-Met www.ceazamet.cl, donde junto con las observaciones de la red es posible acceder a la predicción del tiempo para toda la región diariamente con un horizonte de pronóstico de cinco días. Otro importante canal de distribución de datos y pronósticos regionales, nacionales e internacionales de precipitación, temperaturas y caudales entre otros, es la “Data Library” CEAZA www.climatedatalibrary.cl/, herramienta obtenida a través de la colaboración con el Institute for Climate and Society (IRI) y que actualmente ha permitido el desarrollo del portal del monitoreo de sequías a nivel regional y nacional que reúne a IRI, UNESCO, CAZALAC, FAO y el Gobierno de Chile, (ver <http://www.climatedatalibrary.cl/maproom/>). Esta herramienta también se pone a disposición para usuarios avanzados del sistema CEAZA-Met, a través del siguiente enlace:

www.climatedatalibrary.cl/SOURCES/.ceaza/.interanuales/.wrf_orlando/.d03_hora

El resto de los datos de la simulación solo están disponibles bajo petición, ya que debido a su gran tamaño (del orden de los miles de gigabytes de memoria) no pueden estar directamente a disposición en la web: solo pueden ser copiados en discos duros.

Finalmente muchos de los productos antes mencionados y otros nuevos, son sintetizados e interpretados en el boletín climatológico mensual CEAZA (ver resultados 7, 8 y 9), que se puede visualizar en el sitio web <http://boletin.ceazamet.cl/> o acceder desde el sitio www.ceazamet.cl pestaña

“documentos” (anexo 7), orientado como una herramienta de apoyo a la toma de decisión, destinado a los principales organismos a cargo de la planificación estratégica y desarrollo de los diversos sectores productivos, con el objetivo de proveerles de un diagnóstico y pronóstico oportuno, junto con la proyección de los principales eventos atmosféricos, oceanográficos e hidrológicos en la Región de Coquimbo.

4.4.2 Descripción de aplicación de modelos meteorológicos para los sectores agrícola, acuícola y tomadores de decisión en la Región de Coquimbo

4.4.2.1 Pronóstico regional por ciudades

Esta herramienta permite informar el pronóstico de las condiciones meteorológicas esperadas para todas las comunas de la región a cinco días. Es la herramienta principal enfocada al público general para informar el pronóstico regional CEAZA. Es actualizada diariamente por CEAZA. Esta herramienta se puede ubicar en www.ceazamet.cl/pronostico/.



Figura 5: herramienta de visualización general de pronóstico regional a cinco días.

4.4.2.2 Estaciones Virtuales

Es una aplicación la cual consiste en puntos geográficos virtuales que representan lugares de interés en la región. Esta aplicación funciona principalmente en base a la simulación del modelo WRF.

La aplicabilidad de esta herramienta radica en que se pueden tener datos atmosféricos modelados en cualquier punto de la Región de Coquimbo. Esto permite tener mayor cobertura regional y apoyar la toma de decisiones en los distintos sectores productivos.

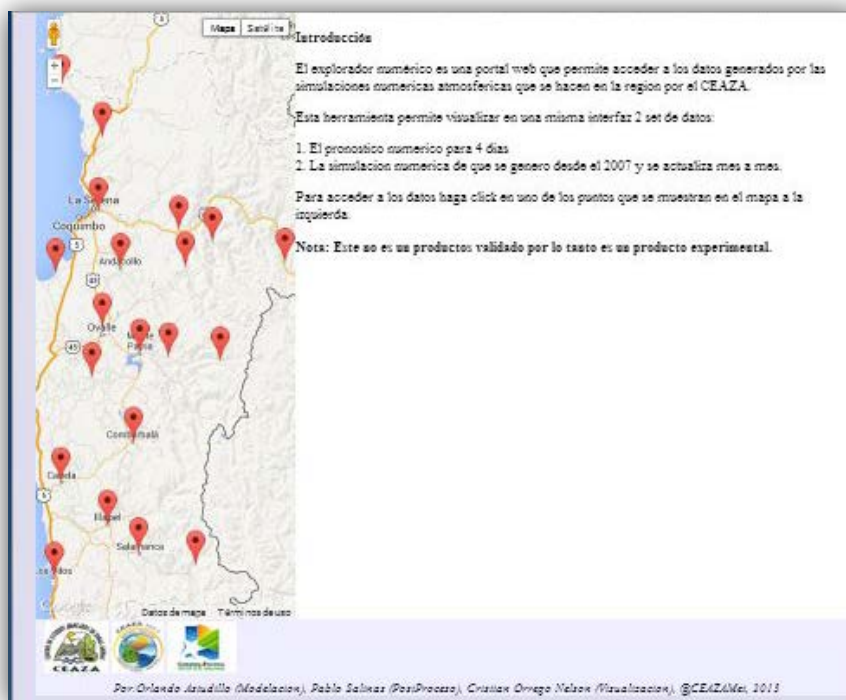


Figura 6: Mapa de estaciones virtuales para la Región de Coquimbo

En la figura 7 se grafica la simulación de la modelación y proyección de la velocidad del viento en la comuna de Río Hurtado. Sin embargo, el resultado también contempla la proyección de la temperatura, la precipitación y radiación, para los próximos seis días.

Esta herramienta es de uso transversal en los sectores productivos de la Región de Coquimbo. Para la toma de decisiones, sobre todo de las faenas de terreno, tanto para la agricultura como para la acuicultura, se utilizan estos pronósticos debido a que son los principales variables que al presentar magnitudes extremas podrían causar inconvenientes en la producción.

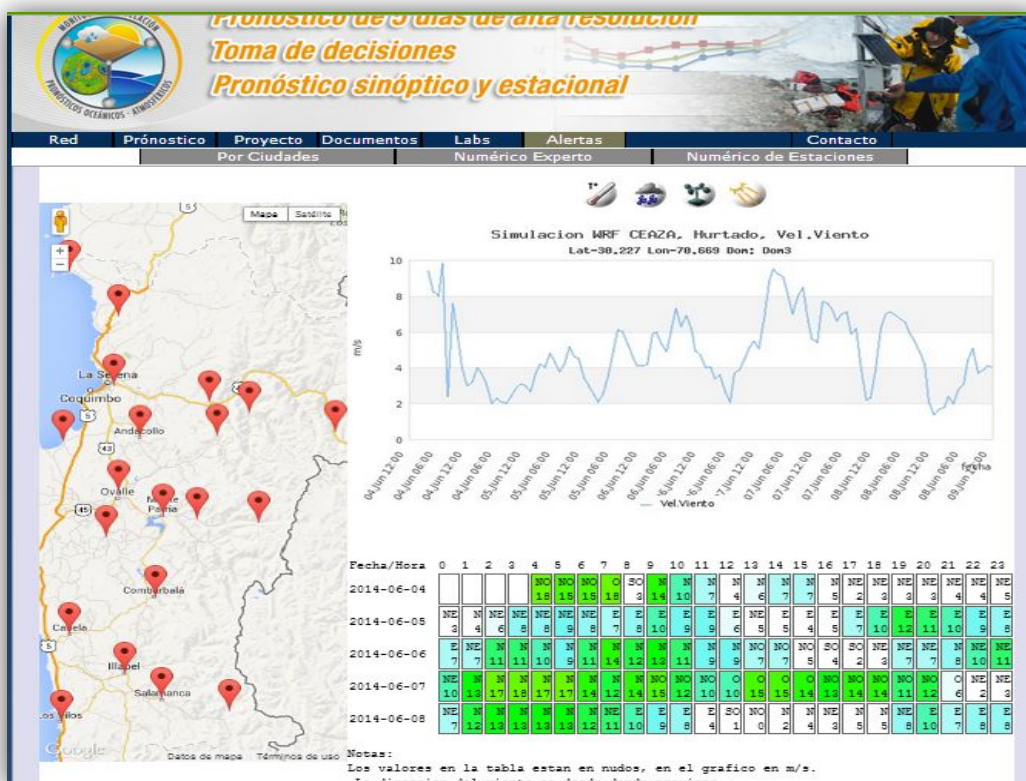


Figura 7: aplicación de pronósticos CEAZA-Met. Esta herramienta indica el pronóstico de temperatura, de precipitaciones, radiación y viento.

4.4.2.3 Módulo de pronóstico de lluvias a 6 días y 3 meses

Esta aplicación consiste en un pronóstico de precipitaciones para seis días y además la gráfica de la anomalía de precipitaciones para los próximos tres meses.

Esta aplicación sirve para conocer el pronóstico de precipitaciones con seis días de anticipación, tiempo suficiente para poder tomar medidas de protección civil necesarias, en los distintos sectores productivos de la región.

Para el caso del pronóstico de lluvia a seis días, se muestran las cantidades estimadas en mm (milímetros, figura 8, izquierda) y además se muestra un pronóstico estacional (próximos tres meses) en términos de probabilidad de exceder o estar bajo el promedio climatológico. Esta herramienta se puede encontrar en el módulo “Productos” y la aplicación se llama pronóstico de lluvias.

En términos de funcionalidad, esta aplicación está operativa y ha sido un medio de apoyo para los pronósticos tempranos de precipitaciones, los cuales han sido informados y difundidos a través de varios medios de comunicación.

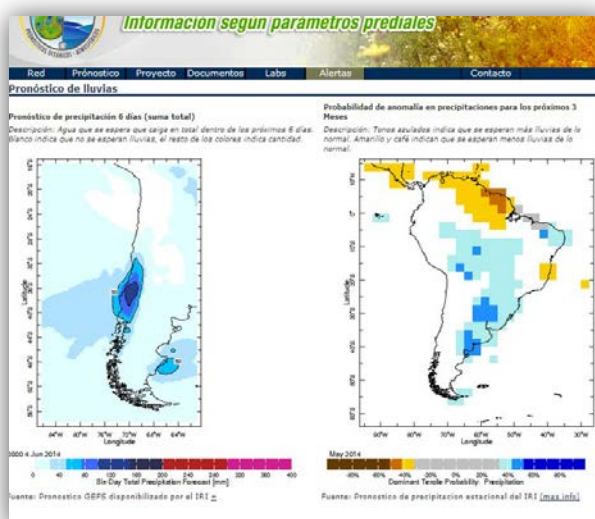


Figura 8: gráfica del pronóstico de precipitaciones a seis días y tres meses.

4.4.2.4 Mapa mensual de velocidad y dirección de los flujos de viento (m/s) promedio en el mar

Este producto es el mapa consensuado mensual de la velocidad y dirección del viento. Es decir, el mapa presenta la velocidad y dirección del viento promedio representativo en el mes (figura 9). La fuente de datos es el re-análisis global de NCEP (National Center for Environmental Prediction, Centro Nacional para Predicción Ambiental) y el post proceso hecho por el CEAZA.

Esta aplicación es utilizada por los sectores productivos de acuerdo a lo descrito en los puntos 7, 8 y 9, respecto de la información que incorporan las distintas empresas de los sectores productivos.

Para el caso de la acuicultura, esta aplicación se utiliza para establecer y explicar el comportamiento de algunas dinámicas ambientales que están afectando directa o indirectamente a los cultivos.

Para el caso de la agricultura, esta medición es importante debido a que con este parámetro se calcula importantes índices que se utilizan para el manejo y toma de decisiones. Entre algunos de estos se puede mencionar el índice de Evapotranspiración (ET0)

Este producto se distribuye en el boletín CEAZA-Met (boletín.ceazamet.cl), ver anexo 7, página 5.

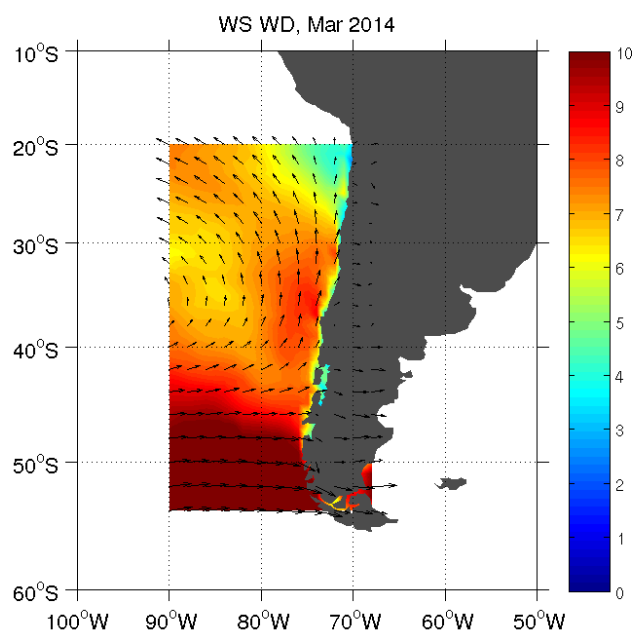


Figura 9: gráfico del diagnóstico de la variabilidad climática, que muestra la condición sinóptica de los flujos predominantes del viento en cuanto a su intensidad y dirección. Se muestra el promedio mensual.

4.4.2.5 Mapa mensual de temperatura promedio y anomalías de temperatura superficial

El promedio mensual de temperatura superficial (figura 10) es calculada con el modelo WRF CEAZA. Su utilidad está dada por la información que aporta al análisis de las condiciones meteorológicas del último mes. Con esta información – principalmente en la agricultura– se pueden hacer las comparaciones respecto al

desarrollo de los cultivos y con esto establecer el éxito de la cosecha de la actual temporada en comparación con la temporada anterior.

Esta aplicación es distribuida mensualmente en el Boletín Climático CEAZA <http://boletin.ceazamet.cl> (ver anexo 7, página 4)

También se calcula el mapa de anomalías. Este indicador muestra una espacialización de la diferencia entre temperatura promedio del mes en curso y la temperatura promedio de 10 años para el mismo mes, con lo cual, por ejemplo, es posible ver cómo se ha presentado el mes de abril con respecto al promedio de los 10 últimos abrils. El color azul muestra las zonas donde la temperatura promedio ha sido menor a la climatología (promedio), las zonas blancas donde no ha habido variación, y las zonas en rojo donde la temperatura promedio ha sido mayor a la climatología.

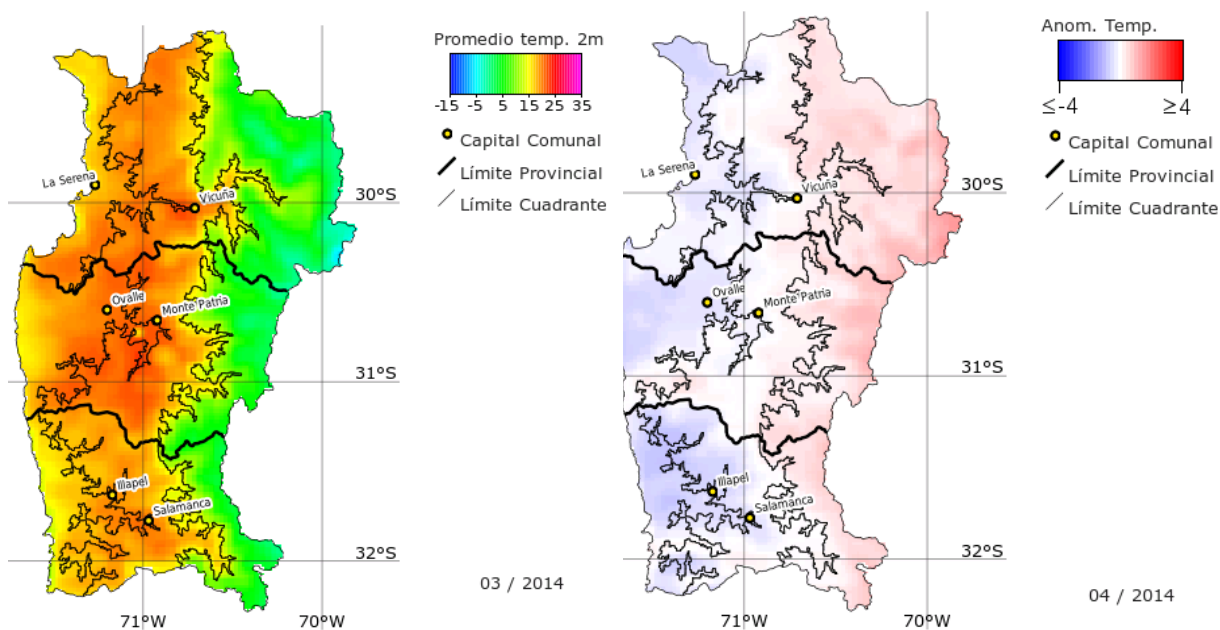


Figura 10: la figura de la izquierda representa la temperatura promedio mensual, mientras que la figura de la derecha indica la anomalía de la temperatura en los últimos 10 años.

4.4.2.6 Evapotranspiración potencial (ET0)

Esta es una herramienta de uso exclusivamente agrícola que sirve para realizar un manejo eficiente del recurso hídrico. Este índice mide la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa, junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. En ese sentido, el análisis que realiza CEAZA en el boletín climático, apoya a las decisiones que hacen referencia a los volúmenes de agua que se deben entregar a los cultivos para su correcto desarrollo mes a mes.

El cálculo de la evapotranspiración diaria se hace automáticamente en el sistema para todas las estaciones que tengan los sensores necesarios para calcularla y se presenta como un sensor más de la estación, de manera tal de facilitar este índice como una herramienta a la toma de decisiones del sector agrícola y a usuarios de CEAZA-Met.

Esta herramienta también permite hacer cálculos de ET0 (Evapotranspiración Potencial, figura 11) acumulada, para una estación en particular y en fechas seleccionables. La información de ET0 se usa luego para calcular la cantidad de riego necesaria para el correcto desarrollo de los cultivos, por lo tanto está enfocada principalmente a agrónomos y administradores de predios agrícolas.



Figura 11: aplicación web desarrollada para el uso en la toma de decisiones para la agricultura en relación a la eficiencia del uso del recurso hídrico en la Región de Coquimbo.

4.4.2.7 Herramienta para el cálculo de riego

La herramienta para el cálculo de riego (figura 12) personalizado, tiene como fin permitir que el agricultor ingrese la ET0 para su predio, junto con las características de su área de cultivo y obtenga la demanda neta y bruta de agua estimada. Además, el tiempo de riego para suplir la demanda de su área de cultivo en particular. Esta herramienta es de uso exclusivo de agrónomos y encargados de riego del sector agrícola.

Para ingresar a esta aplicación en el sitio del CEAZA-Met, hay que ingresar a la estación de interés y posteriormente dirigiéndose al panel del costado izquierdo y pinchar en la pestaña “Herramientas de red”.

The screenshot shows the CEAZA-Met web application. On the left is a sidebar with a menu under 'Herramientas' including 'Ir al Mapa', 'Resumen', 'Metadatos', 'Descargas', 'Servicios', 'Horas Frío', 'Grados Día', 'Heladas', 'Riego' (highlighted with a red box), 'Evapotranspiración', and 'Comparativas'. Below the menu is a 'Preferencias de Usuario' section. The main area is titled 'Sensores Disponibles' and displays various weather and agricultural sensors. Below this is a navigation bar with links: 'Lluvia', 'T° Mínimas', 'Horas Frío', 'Grados Día', 'Heladas', 'Riego', and 'Evapotranspiración'. The 'Cálculo de Riego' section contains a form with the following fields:

Datos	Valor	Unidad
ET0	4	[mm/día]
Kc (Coef.Cultivo)	0.7	
Tipo Riego	Goteo	
NºEmisores/Planta	2	
Caudal/Emisor	4	[Lts/Hora]
Marco de Plantación	2 x 1	[mts]
% de Sombreamiento	90%	

Below the form is a 'Resultado' table:

Resultado	Valor	Unidad
ETc	2.8	
Demanda Neta	5.04	[Lts/Día/Planta]
Demanda Bruta	5.6	[Lts/Día/Planta]
Tiempo de Riego	0.7	[Hrs/Día]

To the right of the form is an 'Información' box with a welcome message and a note about a beta test period from May 29 to June 6.

Figura 12: herramienta que permite hacer cálculo de riego estimado, dadas ciertas características específicas, seleccionables del cuartel y de la ET0.

Para el coeficiente de cultivo (Kc), se recomienda utilizar datos sobre superficie cultivada de hortalizas y frutales, como por ejemplo, lo indicado en siguiente documento:

http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1395695414140323_minuta_coquimbo.pdf

5.2.8 Módulo resumen de Grados Día (Base 10°C)

Grados Día (GD): es un índice que calcula el valor expresado en temperatura acumulada, que indica el calor requerido para que los cultivos alcancen sus diferentes fases de desarrollo. Esta herramienta se utiliza ampliamente en la agricultura debido a las múltiples aplicaciones de este parámetro. Por ejemplo:

- Programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo.
- Pronóstico de fechas de cosecha.

- c) Determinar el desarrollo esperado en diferentes localidades.
- d) Determinar el desarrollo esperado en diferentes fechas de siembra o inicio del ciclo de cultivo.
- e) Determinar el desarrollo esperado de diferentes genotipos.

Además, permite visualizar en un único panel la cantidad de Grados Día acumulados por punto de monitoreo. También se muestran los acumulados al mismo periodo del año agronómico pasado que tiene como fin hacer comparaciones del crecimiento de los cultivos entre años.

Su utilidad reside en que cada agricultor lo pueda relacionar al ciclo fenológico de los frutales en primavera/verano. Una mayor cantidad de Grados Día están asociados a un desarrollo más rápido y de mejor calidad en los frutales. El monitoreo de la evolución de esta variable, sirve para ajustar ciertos manejos y para explicar el atraso o aceleración de las fases fenológicas.

Esta herramienta está disponible online en el CEAZA-Met. Para ingresar a esta aplicación en el sitio del CEAZA-Met, hay que ingresar al panel de sensores donde esta variable se muestra como un sensor en cada estación meteorológica.

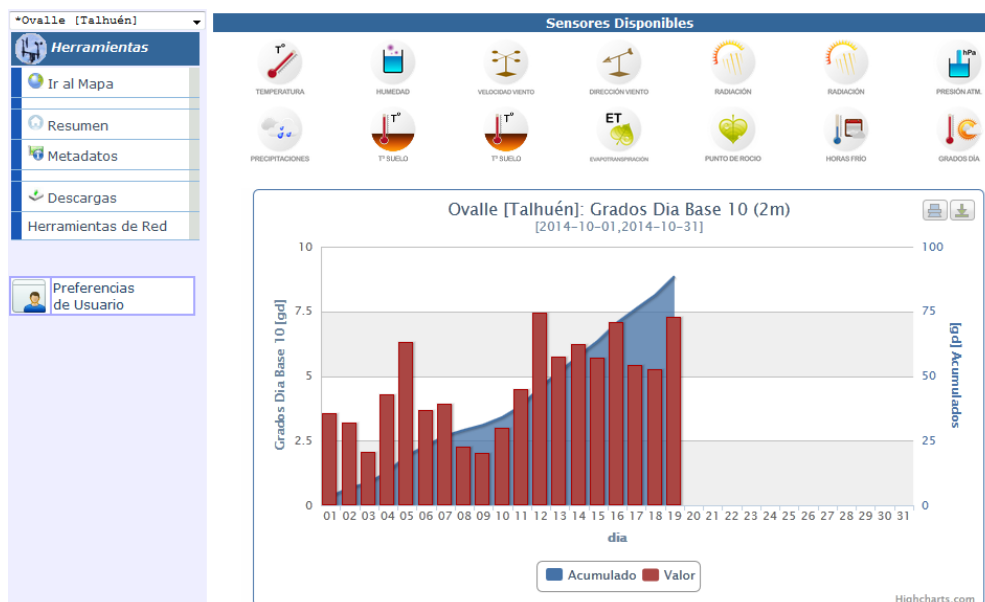


Gráfico con información de los grados días acumulados en estación seleccionada (Panel de sensores).

Además, para acceder a el consolidado de la información por estación meteorológica y utilizar este parámetro, se debe ingresar a “Herramientas de Red”.

Estacion	GD Acumulados 2014-05-05	GD Acumulados 2013-05-05
Punta de Choros	1224(-6%)	1301
Islote Pájaros	1250(-)	-
La Serena [El Romeral]	1425(-6%)	1523
Rivadavia	2380(-1%)	2404
UCN Guayacan	1399(-)	-
Gabriela Mistral	1323(-9%)	1451
Coquimbo [El Panul]	1391(-5%)	1457
Vicuña [INIA]	1970(-3%)	2029
Pan de Azúcar [INIA]	1423(-5%)	1492
Pisco Elqui	2274(-4%)	2371
La Laguna [Elqui]	396(-)	-
Las Cardas	1717(-5%)	1799
Hurtado [Lavaderos]	2377(-)	-
Pichasca	2059(-)	-
Quebrada Seca	1801(-9%)	1976
Laguna Hurtado	912(-)	-
Ovalle [Talhuén]	1610(-)	-
Algarrobo Bajo [INIA]	1847(-4%)	1917
Camarico [INIA]	1775(-3%)	1831
Rapel	1917(0%)	1917
Los Molles [Bocatoma]	733(+15%)	637
El Palqui [INIA]	2289(-2%)	2338
Canela	1446(-)	-
Huintil	1209(-5%)	1272
Mincha Sur	1220(-)	-
Illapel [INIA]	1629(-3%)	1679
Salamanca [Chillepin]	1866(-)	-

Figura 13: tabla con información de los Grados día acumulados para el presente período y para el período anterior (Herramientas de Red).

5.2.9 Módulo resumen de Horas Frío (Base 7°C)

Horas Frío (HF): es otra de las herramientas de uso exclusivo en la agricultura y que se define como los requerimientos de bajas temperaturas que presentan las plantas de clima templado, para poder tener un desarrollo y crecimiento normal, sobre todo frutales caducifolios; este parámetro es usado ampliamente para evaluar la posibilidad de establecer una variedad determinada en distintas regiones climáticas. Las horas frío se cuentan como todas las horas del mes que presentan temperaturas bajo 7°C, las que comienzan a medirse cuando la planta entra en receso invernal (típicamente 1 de mayo)

Esta aplicación, permite visualizar en un único panel la cantidad de Horas Frío acumuladas por punto de monitoreo, además se muestran los acumulados al mismo periodo del año agronómico pasado y tiene como fin hacer comparaciones aplicables para toda la red.

Su utilidad reside en que cada agricultor lo pueda relacionar al ciclo fenológico de los frutales en otoño/invierno. Una mayor cantidad de Horas Frío están asociadas a un desarrollo más rápido y de mejor brotación en los frutales. El monitoreo del desarrollo de esta variable sirve para ajustar ciertos manejos y para explicar el atraso o aceleración de las fases fenológicas invernales. Al igual que los GD, se ingresa a estas desde el menú “herramientas de red” desde cualquier estación.

Horas Frío Acumuladas a la fecha. Base: 7°C, Inicio: 1-Mayo		
Estación	HF Acumuladas y diferencia con el año pasado al 2014-06-25	HF Acumuladas al 2013-06-25
Punta de Choros	2(-50%)	4
Punta Colorada	92	-
Islote Pájaros	00	0
La Serena [El Romeral]	11(-15%)	13
Rivadavia	153(+128%)	67
UCN Guayacan	0	-
Gabriela Mistral	180(+125%)	80
Coquimbo [El Panul]	00	0
Vicuña [INIA]	468(+20%)	391
Pan de Azúcar [INIA]	224(+211%)	72
Pisco Elqui	299(+88%)	159
El Tapado	1327	-
La Laguna [Elqui]	1073	-
Punta Lengua de Vaca	0	-
Andacollo	245	-
Las Cardas	116(+115%)	54
Tongoy [Chispa]	5(-76%)	21
Hurtado [Lavaderos]	234(+408%)	46
Pichasca	168	-
Quebrada Seca	60(+71%)	35
Laguna Hurtado	742	-
Ovalle [Talhuén]	149(-4%)	155
Algarrobo Bajo [INIA]	233(+97%)	118
Camarico [INIA]	284(+46%)	194
Rapel	330(+64%)	202
Los Molles [Bocatoma]	760(+11%)	683
El Palqui [INIA]	187(+182%)	66
Combarbalá	193	-
Canela	111	-
Huintil	534(+9%)	489
Mincha Sur	138	-
Illapel [INIA]	346(+37%)	252
Hualtatas	1310	-
Salamanca [Chillepín]	362	-

Figura 14: tabla ejemplo de la información sobre las horas frío en el presente periodo y para el periodo anterior.

También, se puede visualizar en panel de sensores en cada estación meteorológica.

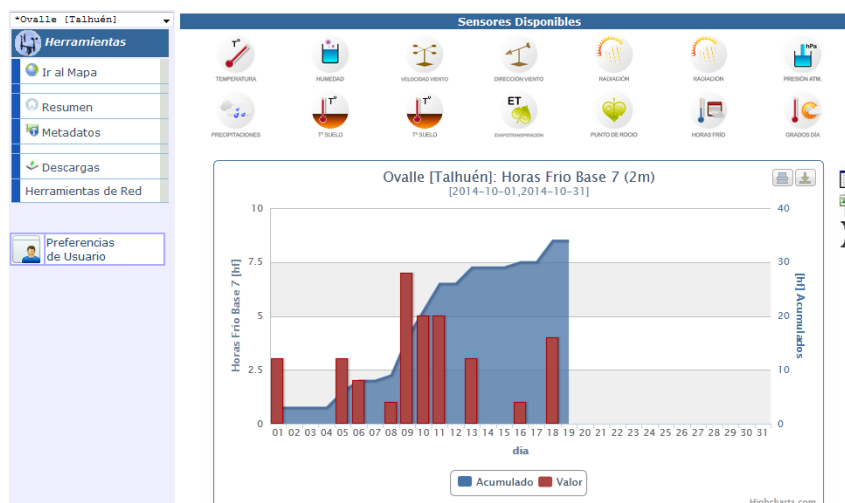


Gráfico con información de los horas frío acumuladas en estación seleccionada (Panel de sensores).

4.4.2.8 Mapa mensual de cobertura de vegetación

A partir del mes de agosto 2014, se incorpora el índice EVI (Enhanced Vegetation Index), el cual se encuentra presente en el mismo set de datos de los productos MODIS MOD13A3. La razón de dicho cambio es porque existen problemas de sobrestimación de los valores del NDVI para zonas áridas y semiáridas o con baja densidad de vegetación, lo que lleva a una distorsión del fenómeno. En cambio el índice EVI pertenece a la nueva generación, en donde se han perfeccionado estos problemas minimizando por una parte el efecto del brillo del suelo, responsable de la saturación y de corregir la perturbación de la atmósfera por los aerosoles. Para más información ver Huete *et al.*, 2002; Ramon Solano, Kamel Didan & Huete, 2010.

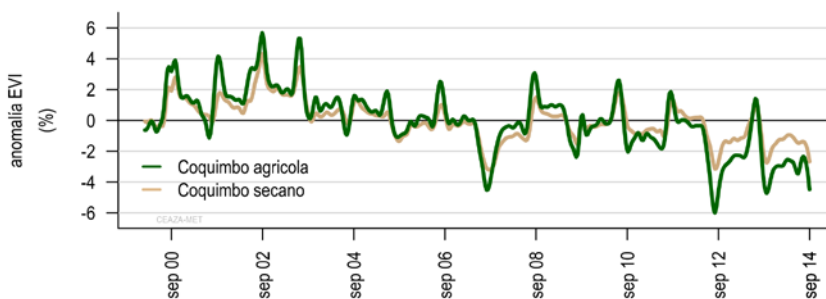
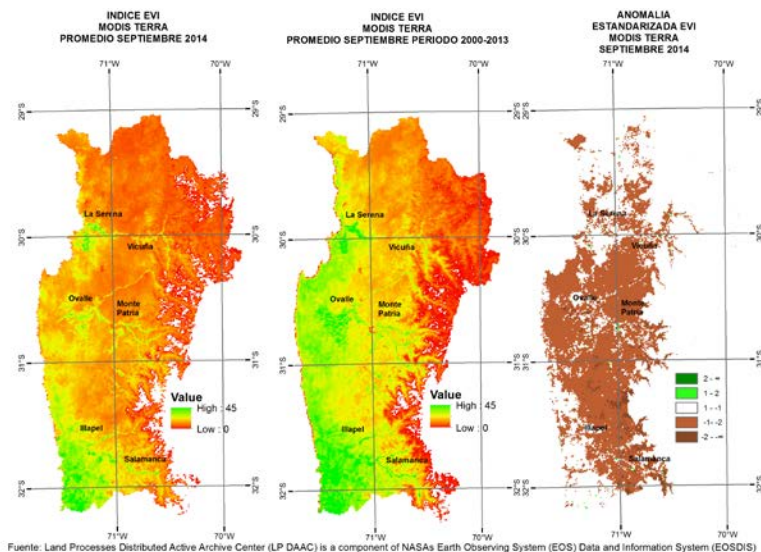


Figura 15: mapas con el índice de vegetación mejorado periodo de septiembre de 2014.

4.4.2.9 Mapa mensual de temperatura superficial del mar

Con datos globales de temperatura superficial del mar (set Daily-OI-V2) dados por la NOAA (National Oceanographic and Atmospheric Agency, Agencia Oceanográfica y Atmosférica Nacional), se calculan en la plataforma Data Library (www.climatedatalibrary.cl) los promedios de la TSM (Temperatura Superficial del Mar) para las costas de Chile y particularmente en la Región de Coquimbo. Estos mapas permiten monitorear las condiciones ambientales marinas tanto de la región como del cono sur, lo cual es relevante considerando que todos los procesos oceanográficos son a gran escala. Conociendo estos parámetros ambientales, es posible explicar ciertos fenómenos locales tales como puntos de alta productividad, zonas de capas mínimas de oxígeno, invasiones de organismos, floraciones de algas, entre otros eventos que pueden tener impactos

directos en las faenas acuícolas, de pesca y todas las ligadas al medio ambiente marino, incluyendo la investigación.

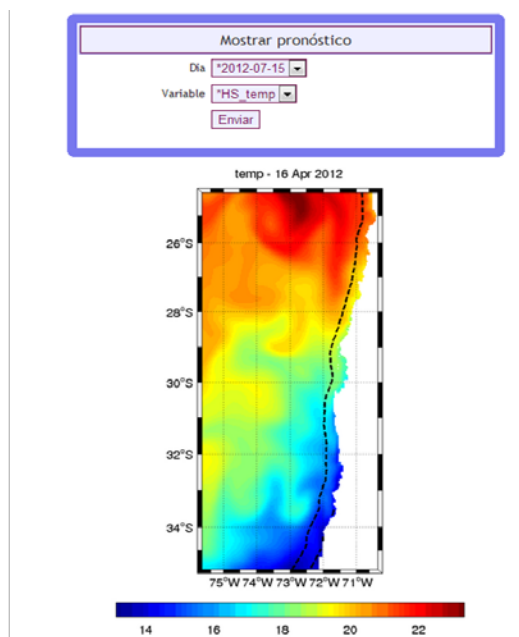


Figura 16. Despliegue pronóstico ROMS de alta resolución en formato de mapas superficiales: Selección interactiva del día, variables de estado

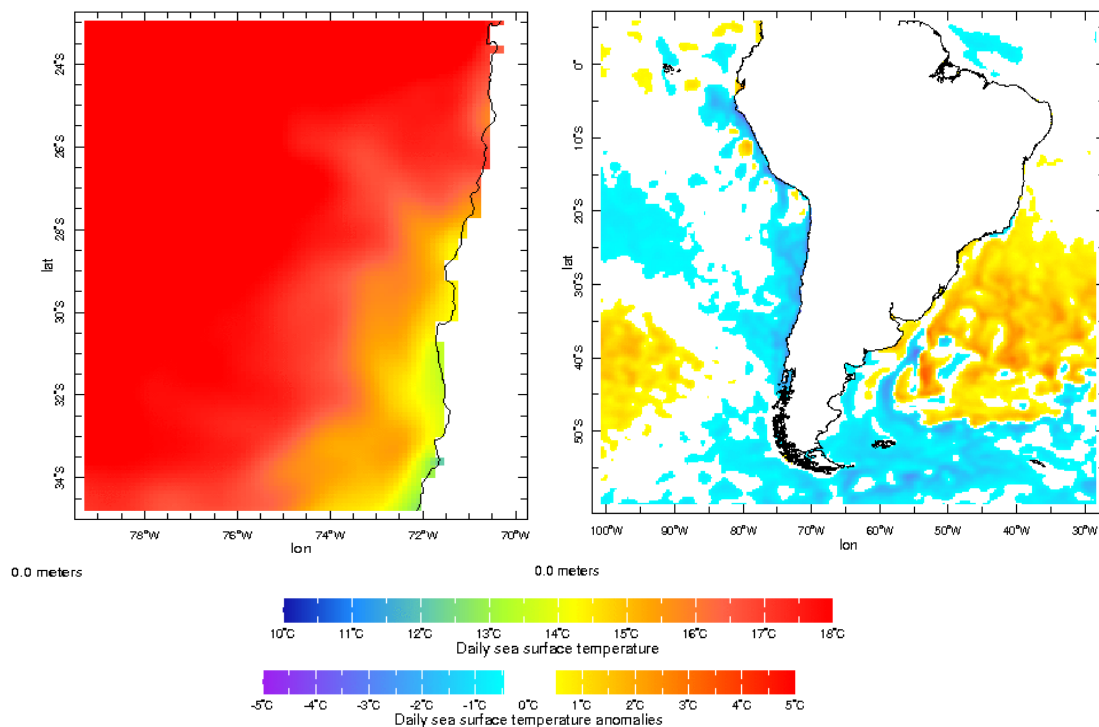


Figura 17: mapa de la temperatura superficial del mar (TSM) promedio del mes de mayo (izquierda), y mapa de la anomalía promedio mensual de la TSM (derecha). Esta información es actualizada mensualmente y entregada en el Boletín Climático CEAZA (anexo 7, página 4).

4.4.2.10 Gráfico regional de cobertura de nieve

Con los datos de cobertura de nieve obtenidos del satélite MODIS (figura 18) el CEAZA hace un post-proceso que permite calcular la cantidad de nieve por área en la Región de Coquimbo. Este dato es de particular interés para los sectores asociados al agua (agricultura, gobierno y minería). De este modo y gracias a este monitoreo, instituciones como la Dirección General de Aguas (DGA), juntas de vigilancias, directorio de Agua, Comisión de Sequía, etc., pueden tener aproximaciones a los parámetros o pronósticos de la situación de los caudales en primavera/verano luego del invierno.

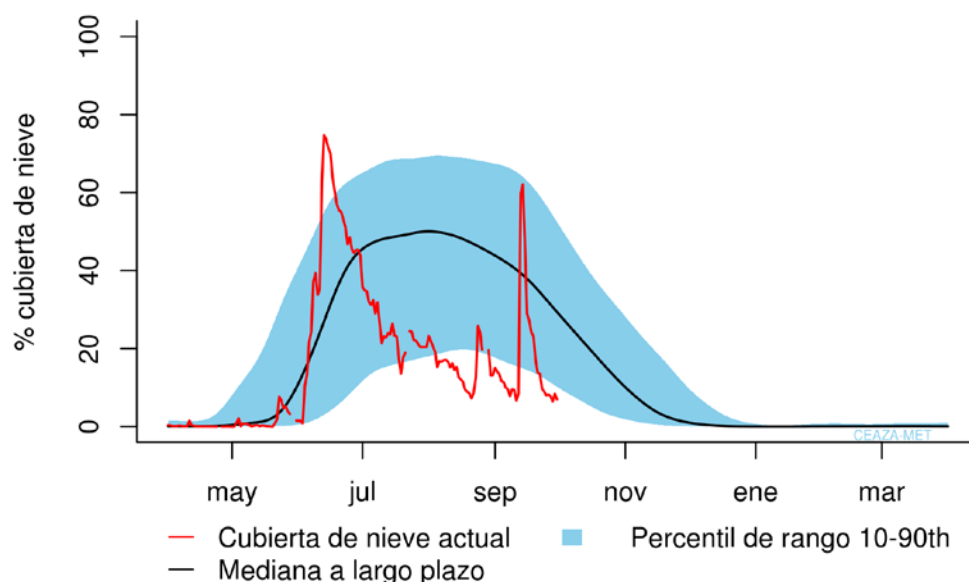


Figura 18: gráfica que muestra el porcentaje de cobertura de nieve en la Región de Coquimbo en los últimos meses. Su actualización se realiza en los meses de invierno y se puede observar en el Boletín Climático CEAZA (anexo 7, página 12).

4.4.2.11 Volumen de agua embalsada en la Región de Coquimbo

La Dirección General de Aguas (DGA) entrega datos al CEAZA, los que son procesados y transformados a gráficos que muestran la evolución del volumen de agua embalsada por provincia y además el porcentaje de agua reservada en la Región de Coquimbo.

Una de sus utilidades es informar la duración e impacto de la condición de sequía que vive actualmente la Región de Coquimbo. Esta información es entregada mensualmente en el Boletín Climático CEAZA y es utilizado a nivel transversal en los sectores productivos y también en los servicios públicos.

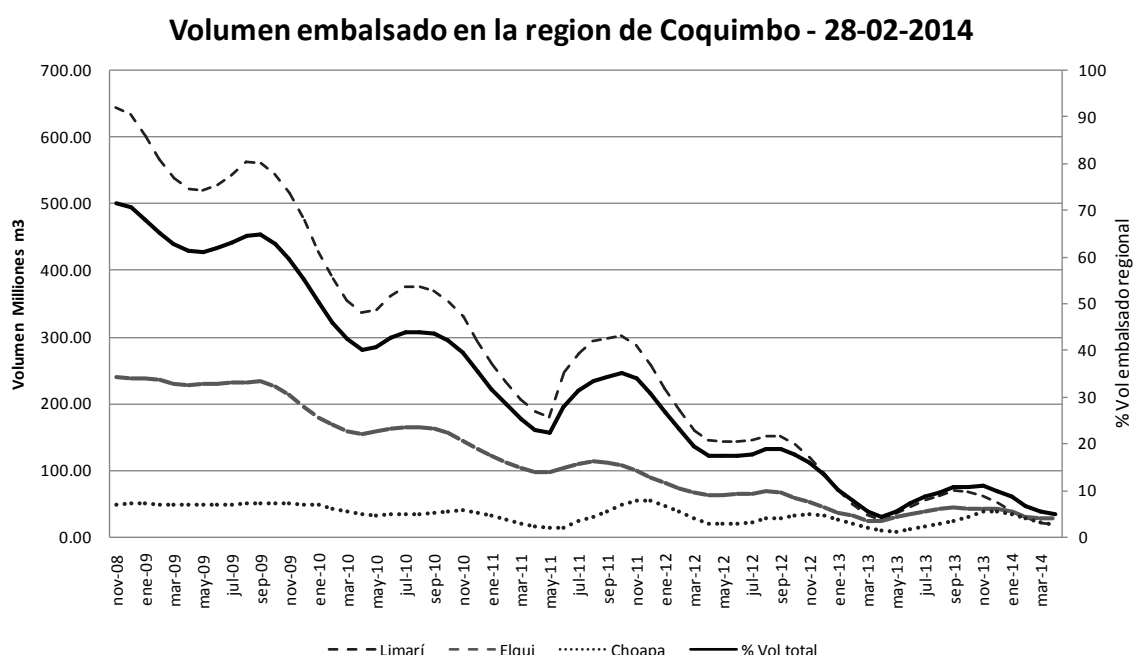


Figura 19: gráfica de evolución de volumen embalsado en la región.

4.4.2.12 Modelos hidrodinámicos y biofísicos regionales

Actualmente en CEAZA existen modelos hidrodinámicos y biofísicos regionales ya implementados, pero que están en constante desarrollo de acuerdo al estado del arte. En ese contexto, a pesar que el sistema de pronósticos oceanográficos está desarrollado, como se mostrará posteriormente, todavía no ha sido posible incluirlo totalmente en la página web y en el boletín climático, debido a una serie de circunstancias que son informadas. Antes de comprar e implementar el sistema computacional de CEAZA, los modelos hidrodinámicos y biofísicos

regionales, estuvieron funcionando en modo pronóstico en el centro computacional de la Universidad de Concepción, como parte de un proyecto INNOVA conjunto. Cuando este sistema quiso ser trasladado completamente al sistema computacional de CEAZA, hubo varios inconvenientes de tipo técnico para su implementación. Problemas con la adaptación de los programas de ejecución en modo pronóstico, que fueron implementados previamente, los que se acentuaron debido al cambio de sistema computacional. Además, problemas con los permisos de acceso a la información operacional de los modelos globales que alimentan las condiciones de borde de los modelos regionales. A esto, hay que sumarle el cambio de esquema de forzamiento del viento del modelo hidrodinámico (ROMS), para mejorar los pronósticos regionales. Se migró, complementariamente, del modelo atmosférico MM5 a WFR.

Lamentablemente, los pronósticos levantados en el sistema computacional de la Universidad de Concepción, dejaron de funcionar lo cual no permitió subir los pronósticos regionales a la página web y boletín climático.

Actualmente, se está trabajando en levantar el sistema de pronósticos oceanográficos en el sistema computacional de CEAZA, por lo cual se espera tener disponibles los pronósticos en los medios solicitados, dentro del segundo semestre del 2014. A continuación, a modo de antecedentes se entregan detalles del sistema de pronósticos oceanográficos implementado.

4.4.2.13 Sistema de pronósticos oceanográficos (basado en modelos hidrodinámicos y biofísicos)

El sistema de pronóstico oceanográfico regional desarrollado en CEAZA, está basado en la operación en modo pronóstico del modelo hidrodinámico ROMS, configurado en tres dominios anidados. La configuración del sistema de modelación considera en los bordes laterales de su dominio mayor, la información entregada por el modelo operacional de pronóstico Global de MERCATOR y en la superficie del mar por el modelo operacional atmosférico de pronóstico Global GFS. Para el dominio menor del modelo oceánico, con mayor resolución horizontal, las condiciones superficiales son forzadas por el modelo atmosférico regional WRF, que también es ejecutado en CEAZA. A su vez, el modelo de

pronóstico biofísico (Módulo Biológico: Ichthyop) es alimentado por la información oceanográfica del sistema de pronóstico hidrodinámico sinóptico. Una representación gráfica del esquema de modelación se presenta en la figura 20.

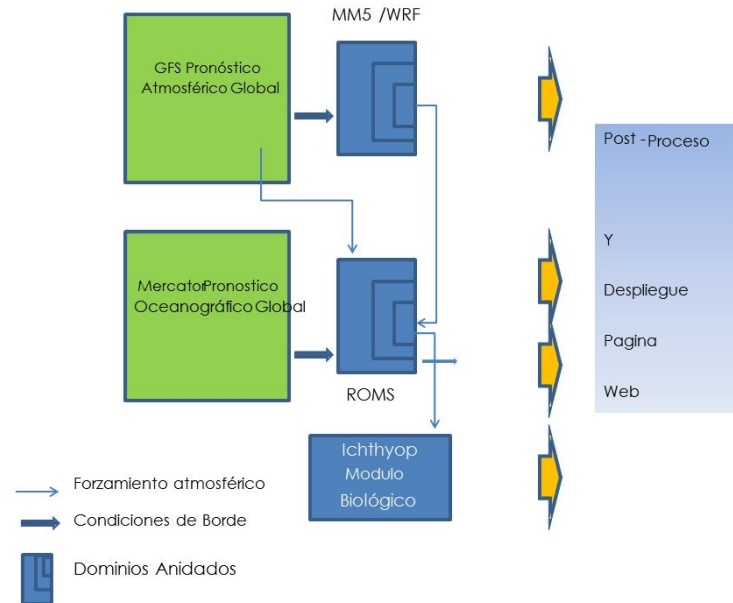


Figura 20. Esquema del sistema de pronóstico oceanográfico sinóptico.

En la figura 21, se muestran resultados de los pronósticos biofísicos de liberación y retención de “partículas biológicas” (organismos marinos con estadio larval) en cinco localidades de la región.

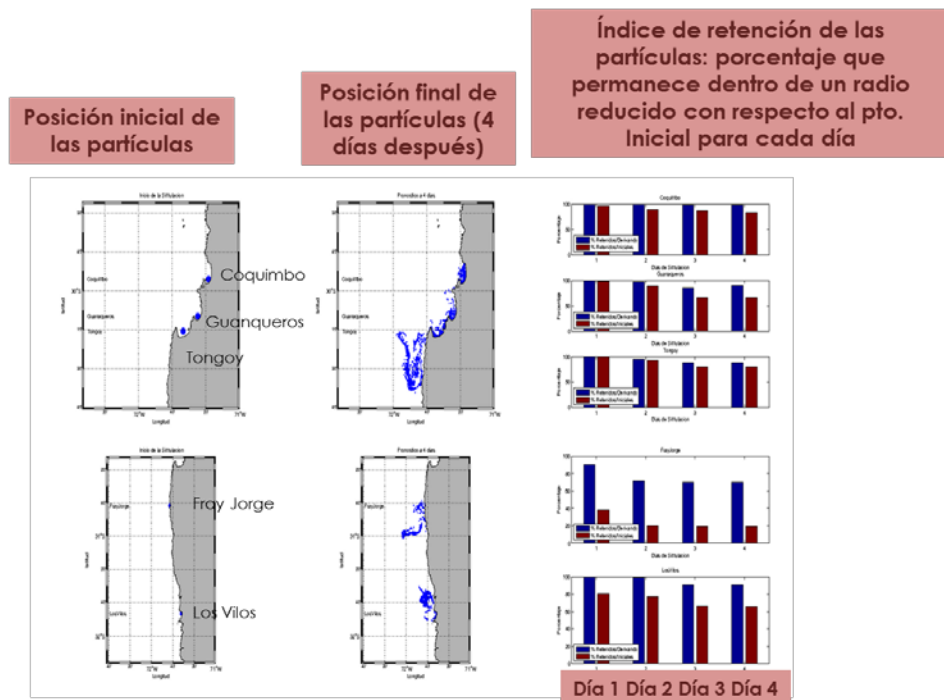


Figura 21. Simulaciones bio-físicas en base a pronóstico hidrodinámico de alta resolución (1 km), para un dominio centrado en la Región de Coquimbo.

4.4.2.14 Pronóstico oceánico incluido en el boletín y sitio web

Actualmente, se han realizado los ajustes necesarios en el sistema de distribución de información computacional del centro para incluir el pronóstico intraestacional del nivel del mar en la región. Este pronóstico está basado en la simulación de ondas Kelvin ecuatoriales, forzadas por pronósticos operacionales del viento en el ecuador, que a su vez fuerzan ondas atrapadas a la costa que se propagan hacia el sur, siendo éstas pronosticadas en la región de Coquimbo (ver figura 22). El paso de ondas atrapadas a la costa de gran amplitud, generadas por oscilaciones ecuatoriales, puede afectar significativamente el ambiente marino costero de la región.

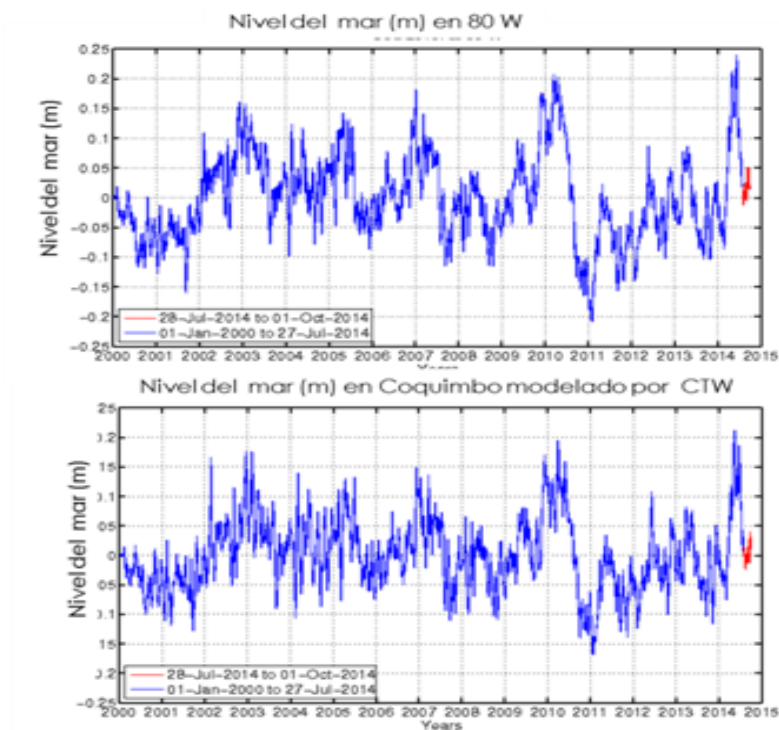


Figura 22: pronóstico intraestacional del nivel del mar para la Región de Coquimbo. (Panel superior) Nivel del mar pronosticado en el ecuador a 80°W basado en ondas de Kelvin Ecuatoriales. (Panel inferior) Nivel del mar pronosticado en Coquimbo basado en ondas atrapadas en la costa.

En relación al pronóstico de olas, se implementó en el sitio web de CEAZA-Met (www.ceazamet.cl, sección pronóstico oceanográfico, figura 22b). En el mismo pronóstico (imagen) se aprecia además del pronóstico de altura de ola, el pronóstico de viento y presión atmosférica a nivel del mar.

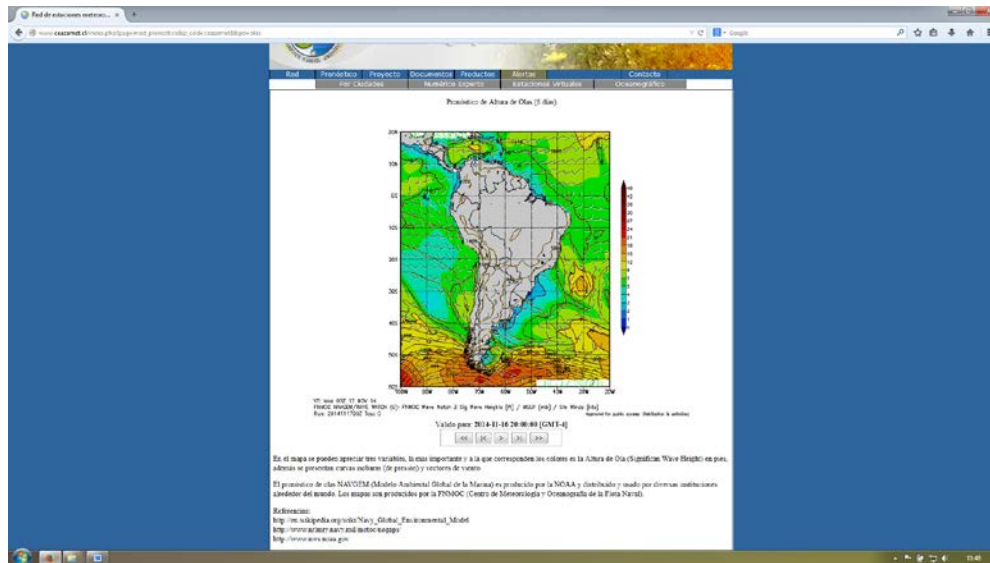


Figura 22b: Pronóstico de altura de olas (m) en sitio web CEAZA-Met

4.4.3 Descripción de actividades para el resultados 3, 4, 5

Resultados	Actividades/productos
Generación de modelos meteorológicos, oceanográficos para la gestión territorial (sector público, otros)	Pronóstico regional por ciudades.
	Estaciones Virtuales.
	Pronóstico del tiempo numérico experto.
	Módulo de pronóstico de lluvias a 6 días y 3 meses.
	Módulo de alertas meteorológicas.
	Módulo de presentación de sequía.
	Mapa mensual de velocidad y dirección de los flujos de viento (m/s) promedio en el mar.
	Mapa mensual de temperatura promedio.
	Evapotranspiración potencial (ET0)
	Herramienta para el cálculo de riego.
	Módulo resumen de Grados Día (Base 10°C)
	Módulo resumen de Horas Frío (Base 7°C)
	Mapa mensual de cobertura de vegetación.
	Mapa mensual de temperatura superficial del mar.
	Gráfico regional de cobertura de nieve.

	Volumen de agua embalsada en la Región de Coquimbo
	Pronóstico operacional de viento en Andacollo y Punitaqui.
	Pronóstico operacional de nubosidad.
	Monitoreo de Sequías.

Tabla 6: descripción de las actividades resultado 3, 4 y 5: aplicación de modelos meteorológicos para los sectores agrícola, acuícola y tomadores de decisión en la Región de Coquimbo.

4.5 Descripción del resultado 6

Avance de los resultados 6: plataforma virtual para acceder a información meteorológica y oceanográfica				Presupuesto	\$4.343.500
Fecha de inicio	01/12/2011	Fecha de término	02/07/2014	Avance	100%

Se implementó un portal web (www.ceazamet.cl) donde se puede acceder a la visualización de las aplicaciones/herramientas y a la descarga de los datos de la red.

La información meteorológica, está disponible en tiempo real y los datos pueden ser visualizados y descargados con una frecuencia horaria, diaria, semanal, mensual y anual.

Se desarrollaron herramientas web para generar y visualizar el pronóstico del tiempo entregado todos los días por CEAZA, el que está disponible en el sitio www.ceazamet.cl/pronostico.

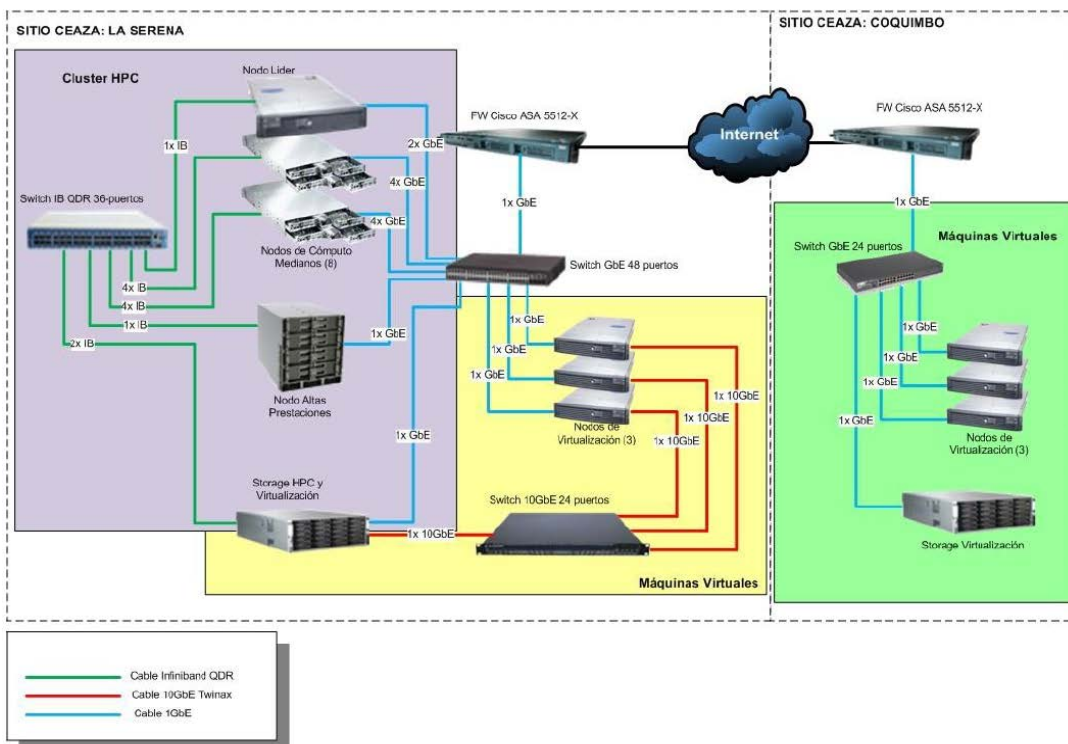
Se puso a disposición del público tomador de decisión tanto de los sectores productivos como públicos, datos de modelos globales de precipitación en tiempo real. A los cuales se puede acceder desde el sitio web [www.ceazamet](http://www.ceazamet.cl), llegar a la pestaña “productos” y pinchar el módulo lluvia.

Todas las aplicaciones relacionadas con modelos están disponibles, a través de herramientas web, entre ellas se puede mencionar alertas tempranas de

eventos extremos (pestaña alertas), boletín climático, pronósticos, diagnósticos climáticos, series de datos, cálculo de índices en forma automática, etc., de libre acceso.

Adicionalmente, en el portal CEAZA-Met, se habilitó otra herramienta de ingreso y manejo de datos llamada “Datalibrary” de IRI, que es un servidor de datos (plataforma de desarrollo), creado por la institución dependiente de la Universidad de Columbia y en donde en este momento CEAZA administra un clon que permite la adición de datos propios –en este caso de CEAZA– a esta especie de plataforma (www.climatedatalibrary.cl). Esta herramienta permite que los datos del modelo numérico WRF sea mucho más accesible en términos del esfuerzo necesario para crear nuevos productos basados en los modelos. Estas herramientas están disponibles en la página www.ceazamet.cl, pestaña de documentos y en preguntas frecuentes se encuentra el ingreso.

Esta plataforma computacional, se encuentra instalada dentro de sus dependencias definitivas y en funcionamiento. Dicho equipamiento, se integra a la infraestructura adquirida simultáneamente con fondos del proyecto “Plataforma de cómputo de alto rendimiento y alta disponibilidad”, código “AIC-53” por \$150.000.000 (financiamiento: Programa de Investigación Asociativa, PIA), que incluyó la habilitación de dos modernas salas de computo en La Serena y Coquimbo, con las condiciones eléctricas y de entorno requeridas para el



correcto funcionamiento.

Figura 23: infraestructura data-center CEAZA.

Luego de la instalación de las estaciones de monitoreo descritas en el anexo 1, estas se configuraron y agregaron en la plataforma CEAZA-Met, las cuales actualmente están transmitiendo toda la información del monitoreo atmosférico en tiempo real.

Dentro de la plataforma CEAZA-Met se implementaron varias herramientas o módulos que se describen a continuación:

4.5.1 Módulo de registro de eventos de las estaciones meteorológicas

Esta herramienta permite enriquecer la información de metadatos que se almacenan y se muestran en el sitio Web. Ahora, las mantenciones de las estaciones también se publican en formato digital y puede ser accedida por cualquiera que haga uso de los datos.

Para ingresar a esta interfaz se debe hacer clic en alguna estación del mapa (www.ceazamet.cl) y luego entrar en la sección “metadatos”.

4.5.2 Módulo de metadatos

Esta herramienta permite revisar los componentes de las estaciones, las características de los sensores, ubicación en detalle de la estación y además el registro de mantenciones.

4.5.3 Módulo automatizado del resumen de temperatura

Se programó este módulo con el objetivo de mostrar claramente la temperatura mínima registrada por cada estación de la red en los últimos días y últimos meses. Esta herramienta es incluida en el análisis de las variables ambientales reportadas en el boletín climático CEAZA, la cual muestra la variación meteorológica del mes en la Región de Coquimbo.

4.5.4 Módulo de Grados día (GD)

Es un índice que calcula el valor expresado en temperatura acumulada, que indica el calor requerido para que los cultivos alcancen sus diferentes fases de desarrollo. Ver más antecedentes en punto 5.2.8.

4.5.5 Módulo de conteo de horas bajo 0°C

Se implementó esta herramienta con el objetivo de mostrar el número de horas con temperaturas bajo 0°C en la temporada de invierno (ver descripción en sitio web CEAZA-Met). Esta herramienta se puede acceder desde el menú “Herramientas de Red” y está orientada al apoyo de alertas tempranas que realiza el equipo del CEAZ-Met para aportar en la toma de decisiones en el ámbito agrícola.

4.5.6 Módulo resumen de Horas Frío (Base 7°C)

Es un índice que calcula el valor expresado en frío acumulado, que indica la acumulación de frío requerido para que los cultivos alcancen sus diferentes fases de desarrollo. Ver más antecedentes en punto 5.2.9.

4.5.7 Módulo de selección de estaciones en modo texto.

Esta herramienta se implementó para los dispositivos móviles con problemas en la navegación del mapa de la red CEAZA-Met. Actualmente, para entrar a la red de estaciones desde un teléfono o tableta, se puede seleccionar la estación de interés mediante este nuevo instrumento que permite esta selección en modo texto, al módulo se puede acceder desde:

www.ceazamet.cl, bajo el mapa, enlace “ver listado en modo texto”.

4.5.8 Estaciones virtuales.

Esta herramienta permite aplicar los modelos meteorológicos y oceanográficos en los sectores de la acuicultura, agricultura y para la gestión territorial (sector público). Se inició la implementación web de exploración del pronóstico operacional numérico CEAZA en forma de estaciones virtuales. Este módulo muestra los pronósticos de temperatura, precipitaciones y velocidad de viento para puntos específicos de interés.

Se puede acceder a esta herramienta directamente desde el sitio www.ceazamet.cl, pinchar pestaña de pronóstico y luego pronóstico numérico de estaciones virtuales (figura 27)

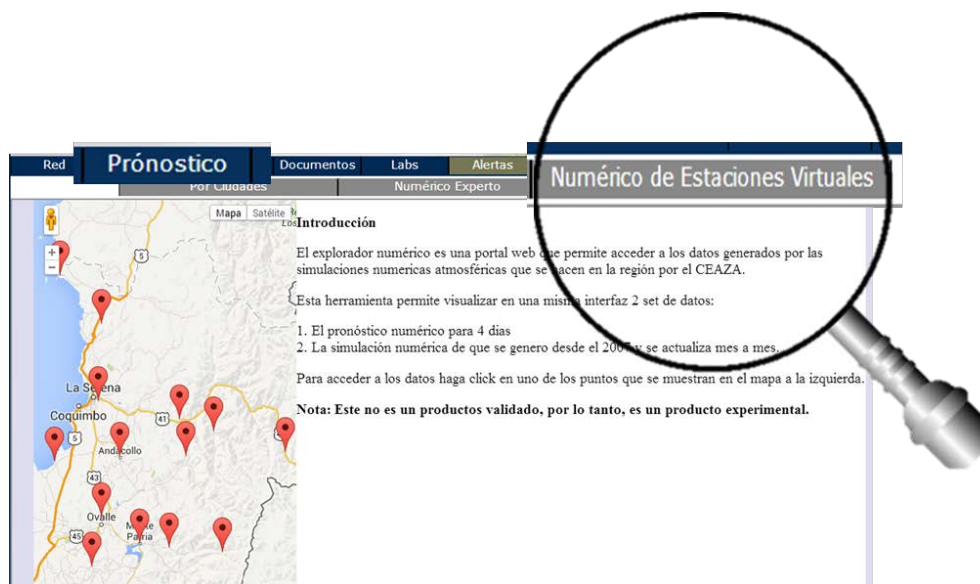


Figura 27: modo de ingreso a las estaciones virtuales.

Otras de las herramientas que se pueden encontrar en el sitio corresponden a las aplicaciones que se describen a continuación.

4.5.9 Riego

Esta herramienta permite hacer cálculo de riego estimado, dadas ciertas características específicas seleccionables del cuartel y de la evapotranspiración.

4.5.10 Evapotranspiración

Esta herramienta permite hacer cálculos de evapotranspiración para una estación en particular y fechas seleccionables de forma que se puede usar como entrada para el cálculo de riego.

4.5.11 Heladas

Esta herramienta permite visualizar para la red si existen estaciones que han registrado lecturas de temperatura bajo cero, se puede usar por ejemplo para corroborar áreas en donde se presentaron heladas.

4.5.12 Comparativas

Esta herramienta permite seleccionar sensores de distintas estaciones para hacer comparativas del comportamiento entre un lugar y otro donde haya estaciones. Es útil para diferenciar zonas y eventos.

4.5.13 Descargas

Sirve para descargar datos de cualquiera de las estaciones de la red, permite seleccionar: estación, sensores, rango de tiempo y frecuencia de agregación temporal.

Para ingresar a cualquiera de las herramientas anteriormente descritas es necesario ingresar a alguna estación y luego a “Herramientas de Red” (figura 28)

Información recursos hídricos actua

Red | Pronóstico | Proyecto | Documentos | Productos | Alertas

*Gabriela Mistral

Herramientas

- Ir al Mapa
- Resumen
- Metadatos
- Descargas**
- Herramientas de Red

Sensores Disponibles

- TEMPERATURA
- HUMEDAD
- VELOCIDAD VIENTO
- VELOCIDAD VIENTO
- DIRECCIÓN VIENTO
- PRESIÓN ATM.
- PRECIPITACIONES
- T° SUELO
- T° SUELO
- ET
- EVAPOTRANSPIRACIÓN

Estación Gabriela Mistral

Descripción

Estación ubicada en la Escuela Agrícola de Gabriela Mistral

Últimas 12 horas

Sensor/Hora	23:00	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00
Temp. Aire 1.5m (°C)	8.7	10.2	10.6	10.2	9.7	10
Hum. Rel. 1.5m (%)	95.8	96.1	95.2	95.7	96.7	96

Figura 28: modo de ingreso a la herramienta de descargas.

Cabe destacar que estas herramientas de información meteorológica de carácter regional, es única en Chile y ha permitido generar alertas tempranas de eventos extremos de corto y mediano plazo, de acuerdo a las contingencias climáticas, es decir, la extensión de la red permite generar herramientas para el apoyo a la toma de decisiones, tanto en los distintos sectores productivos como a

los tomadores de decisión del Gobierno Regional y/o servicios públicos de la región, además de proporcionar información a la red meteorológica mundial.

4.5.14 Descripción de actividades para el resultado 6.

Resultados	Actividades
Plataforma virtual para acceder a información meteorológica y oceanográfica.	Rediseño sistema CEAZA-Met.
	Implementación del sistema CEAZA-Met.
	Instalación de la plataforma computacional.
	Diseño e implementación de herramientas específicas de la red CEAZA-Met.
	Habilitación en la plataforma www.ceazamet.cl de pronósticos a diferentes escalas temporales.
	Capacitaciones, manejo, administración e instalación de la herramienta de de información “Data Library”.
	Instalación de una réplica de la librería y catálogo “Data Library” de IRI en los servidores de CEAZA en La Serena/Coquimbo enlazada a la base de datos central ubicada en las dependencias de IRI. Se incluirá nuestra información regional actualizada localmente desde la réplica.
	Implementación en servidores de la plataforma de virtualización Citrix Xen.
	Generación de módulos de importación y consumo de datos desde las estaciones meteorológicas.
	Implementación de archivos de orden que permiten mantener respaldos de la información, lo que permite recuperar el sistema en caso de problemas de infraestructura.

Tabla 7: descripción de las actividades resultado 6: plataforma virtual para acceder a información meteorológica y oceanográfica.

El rediseño del sistema CEAZA-Met consistió en hacer una revisión del sistema antiguo y un rediseño en términos del funcionamiento y de la base de datos, de forma que se solucionaran los problemas asociados a la implementación de esta red en línea, con gran cantidad de puntos de monitoreo nuevos en el sistema.

La implementación del nuevo sistema y las nuevas herramientas consistió en la programación del núcleo del sistema y el resto de módulos adheridos a este.

Además se crearon nuevas interfaces para mostrar diferentes tipos de productos asociados a los pronósticos (ver www.ceazamet.cl, sección pronóstico)

Por otro lado, para hacer un manejo de datos, se obtuvo por parte de IRI, su herramienta Datalibrary. Para lo cual, debido a su complejidad, inicialmente se hizo una capacitación para los administradores del sistema en Nueva York, EEUU.

El segundo paso consistió en la instalación de una réplica del sistema en la ciudad de La Serena, que permitió ingresar y trabajar con los datos locales y no solo los provistos por IRI a nivel global (<http://iridl.ldeo.columbia.edu/>)

Esta nueva plataforma se insertó dentro del nuevo sistema de virtualización llamado "Citrix Xen". Esta herramienta permite que un servidor físico permita contener varios servidores virtuales y por lo tanto, hacer un uso más eficiente de los recursos informáticos. La implementación consistió en la instalación de este sistema en varios servidores y posteriormente se crearon las máquinas virtuales que operan en la plataforma de virtualización.

Junto con la puesta en marcha de estos nuevos servidores (físicos y virtuales) se programaron una serie de archivos de orden que cada cierto tiempo hacen respaldos automatizados de los datos más sensibles como el sistema CEAZA-Met, la base de datos de monitoreo y además de las máquinas virtuales.

4.6 Descripción de los resultados 7, 8 y 9.

Avance de los resultados 7, 8 y 9: “Empresas de los distintos sectores productivos y el sector público incorporan información de la red www.ceazamet.cl , para mejorar la gestión y toma de decisiones para su productividad”				Presupuesto	\$10.599.579
Fecha de inicio	01/12/2011	Fecha de término	02/07/2014	Avance	100%

Esta descripción engloba los puntos 7, 8 y 9 de los resultados comprometidos en el proyecto, los cuales hacen referencia a:

Resultado 7: empresas del sector agrícola incorporan información de la red www.ceazamet.cl, para mejorar su gestión.

Resultado 8: empresas del sector acuícola incorporan información de la red www.ceazamet.cl, para mejorar su gestión.

Resultado 9: sector público, cuenta con herramientas de información meteorológica y oceanográfica para la planificación y toma de decisiones.

Actualmente, se cuenta con una base de datos que corresponde a 1706 usuarios. Esta base de datos está compuesta por personas que trabajan en los distintos sectores productivos, por ejemplo: INVERTEC-OSTIMAR y CAMANCHACA en el sector acuícola; CAPEL y otros del sector agrícola. Además, de los servicios públicos que se puede mencionar son la Dirección General de Aguas (DGA) y la Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior (ONEMI); universidades, entre otras instituciones.

Tal como fue descrito anteriormente, CEAZA está en constante monitoreo de variables océano-atmosféricas, que permiten la comprensión de los efectos de las oscilaciones climáticas sobre el ciclo hidrológico y la productividad biológica (natural y bajo cultivo), en las zonas áridas y marinas del centro-norte de Chile. En ese sentido, gracias a este proyecto, se ha logrado reforzar la visualización gráfica y plataformas web que facilitan la comprensión de estos eventos climáticos posibilitando la obtención de herramientas y aplicaciones que hoy en día se

ponen a disposición de los sectores productivos, servicios públicos, tomadores de decisión, etc., respecto al recurso hídrico y al público general entre otros.

Los tomadores de decisión del sector público, ya sean integrantes del Gobierno Regional, Consejo Regional, Intendencia, Consejo Municipal, Dirección general de aguas, ONEMI, Subsecretaría de Pesca (Subpesca), Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca), Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Seremi de Agricultura, etc., gracias a este proyecto hoy cuentan con importantes herramientas que apoyan las decisiones principalmente entorno al recurso hídrico para el desarrollo sustentable de la Región de Coquimbo.

Algunos de los productos que son levantados con información proveniente del monitoreo océano-atmosférico –principalmente pronósticos de eventos extremos, anteriormente mencionados– son informados oportunamente en el módulo de alerta del sitio www.ceazamet.cl. Además, esta información es enviada a la base de datos vía correo electrónico y publicada en las principales redes sociales (i.e., Facebook, Twitter), lo cual permite al público general acceder a la información que genera CEAZA-Met en tiempo real.

4.6.1 Módulo de alertas meteorológicas

CEAZA-Met cuenta con un módulo especial de alertas el cual se activa cada vez que el monitoreo océano-atmosférico entrega información asociada a riesgo climático, lo que permite al área meteorológica de CEAZA, publicar alertas tempranas, las que informan sobre precipitaciones, heladas, ondas de vientos cálidos (i.e., terral de Vicuña) u otro tipo de evento extremo.

Este módulo es una aplicación que es utilizada a nivel transversal en la sociedad. Cada vez que se levanta una alerta, se reciben comentarios de vuelta, solicitando la inscripción de nuevos usuarios a la base de datos. Además, se agradece la información debido a que muchas veces estas alertas impiden que ocurran algún tipo de pérdidas, ya sean en el sector acuícola como agrícola.

Por otro lado, también escriben otras instituciones solicitando información y permisos para utilizar los resultados del monitoreo de CEAZA en sus propios medios de comunicación, como es el caso de las Juntas de vigilancias y Dirección

General de Aguas, entre otros. También las Fuerzas Armadas están compartiendo nuestros pronósticos en sus redes de trabajo y sobre todo tomando decisiones asertivas, con anticipación y autónomas del Puerto de Valparaíso para el cumplir con el resguardo de la vida humana en el mar en la Región de Coquimbo.

Alertas al 30 de junio de 2014.

Debido a la aproximación de un sistema frontal frío, se prevén precipitaciones para la presente semana en la Región de Coquimbo

El sistema frontal, afectaría con precipitaciones a la provincia de Choapa a partir del miércoles 2 de julio. Hacia la madrugada del viernes 4 de julio, las precipitaciones se extenderían a las provincias de Limari y Elqui por la tarde.

Se espera que las precipitaciones sean del tipo lluvia en la Provincia de Choapa y del tipo Chubascos en Limari y Elqui. En las tres provincias de carácter débil. Asimismo, en las tres provincias se pronostican nevadas por sobre los 2500 metros de altura.

Hacia fines del sábado 5 de julio el sistema debería declinar dejando a su paso nubosidad parcial con inestabilidad post-frontal y bajas temperaturas para toda la región. Se proyectan heladas matinales a partir del lunes 6 de julio en gran parte de los valles interiores de la región.

Figura 28: muestra del módulo de alertas meteorológicas, publicada el 30 de junio para la Región de Coquimbo.

Otro de los módulos que presenta CEAZA-Met es el de sequía. Este módulo fue presentado en la Comisión del Futuro, en la cámara de diputados de Chile, posterior a haber sido presentado en el Gobierno Regional y a la Comisión de Sequía de la Región de Coquimbo. Con esto, se apoyó la decisión de decretar zona de catástrofe a la Región de Coquimbo.

4.6.2 Módulo de presentación de sequía

Este módulo permite visualizar varias imágenes relacionadas al recurso hídrico, tales como pronósticos ENOS de modelos dinámicos y estadísticos, estado de embalses y caudales, cobertura de nieve, cobertura de vegetación, series de tiempo de precipitación, entre otros.

Este módulo fue desarrollado para ser explicado por un experto, en presentaciones al público como apoyo visual y por lo tanto carece explicaciones en las figuras ya que éstas deben ser dadas por el expositor. Esta solicitud fue dada por el director del proyecto, el Dr. Bernardo Broitman, ya que el módulo es presentado tanto a importantes tomadores de decisión del Gobierno, como a

estudiantes de educación media y universitarios. En ese sentido, dependiendo del tipo de público, es la explicación que se da respecto de la escasez del recurso hídrico en la Región de Coquimbo. Por otro lado, este es un producto “no operacional” el cual no fue comprometido como objetivo del proyecto, por lo tanto su actualización es eventual.

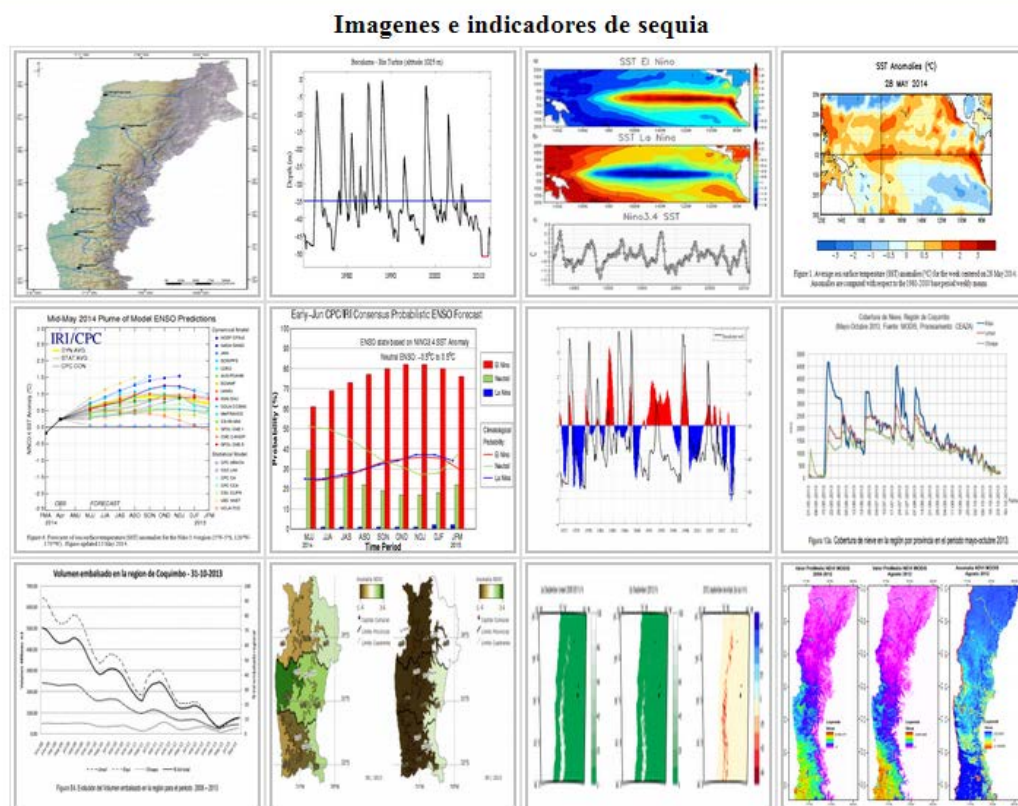


Figura 29: módulo con información de los efectos y condiciones actuales de la sequía en la Región de Coquimbo.

4.6.3 Boletín Climático CEAZA

Para cubrir requerimientos de los sectores productivos y de los tomadores de decisión sobre la información del monitoreo océano-atmosférico que realiza CEAZA ininterrumpidamente en la Región de Coquimbo, se genera y distribuye el boletín climático mensual (sitio web www.ceazamet.cl, pestaña documentos; <http://boletin.ceazamet.cl/>), ver anexo 7, orientado como una herramienta de apoyo a la toma de decisión, destinado a organismos a cargo de la

planificación estratégica, desarrollo, y a los diversos sectores productivos, con el objetivo de proveerles de un diagnóstico y pronóstico oportuno que sintetiza los principales eventos atmosféricos, oceanográficos e hidrológicos en la Región de Coquimbo.

La información se presenta por provincia y considera el estado actual y proyección de:

- ENOS (El Niño - Oscilación del Sur)
- Variabilidad climática
- Caudales de los ríos Elqui, Limarí y Choapa
- Los principales embalses de la región.

El boletín incluye resultados provenientes de la aplicación de modelos atmosféricos, oceanográficos, datos de la red CEAZA-Met, DGA, y el procesamiento de datos de teledetección MODIS.

El siguiente análisis corresponde al desglose de todos los puntos que se describen en el boletín para dar respuesta a las necesidades de los principales sectores productivos de la Región de Coquimbo.

4.6.3.1 Proyección de ENOS.

Este punto es transversal a todos los sectores productivos de la región, incluso para el público general, debido a que esta información hace alusión a las proyecciones de las condiciones de tiempo atmosférico para la siguiente temporada y que están directamente influenciadas por este evento océano-atmosférico. El análisis de este evento (ENOS), se realiza en base a modelos dinámicos y estadísticos entregados en su mayoría por IRI/CPC.

4.6.3.2 Variabilidad Climática; flujos predominantes.

Esta información corresponde al análisis realizado a las condiciones de masas de aire de gran escala que modulan el tiempo atmosférico de la Región de Coquimbo. Esta información es utilizada en los distintos sectores productivos. A continuación se describen ejemplos del uso de esta información.

- a) Sector acuícola:** este sector en particular utiliza esta información para poder explicar diversos patrones y mecanismos que tienen las distintas

variables oceánicas (i.e., corrientes, masas de agua, surgencia, floraciones de algas, comportamiento de los cultivos), que están afectando su producción.

- b) Sector Pesquero:** los pescadores utilizan esta información para organizar sus faenas de pesca ya sea mar adentro o costero. Con esta información toman los resguardos necesarios para poder trabajar y además les sirve para localizar sus objetivos de pesca.
- c) Armada de Chile:** las fuerzas armadas con sus principales sedes en la Región de Coquimbo ubicadas en Los Vilos, Tongoy y Coquimbo, utilizan esta información para trabajar en sus propias faenas de resguardo, vigilancia o inspección en alta mar. Además, la información generada sirve para que puedan tomar decisiones en términos de la gente que se embarca, como pescadores y operadores turísticos.
- d) Sector Agrícola:** parámetros para este sector cobran particular importancia ya que por medio de estos se calculan importantes índices que son utilizados en el manejo y toma de decisiones. Entre ellos se puede mencionar el índice de Evapotranspiración (ET0) que se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo. Este índice se calcula en base a variables como velocidad y dirección de viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar, siendo utilizado en el manejo eficiente del recurso hídrico.
- e) Sector Minería:** este sector utiliza la información de viento en las decisiones que hacen referencia a las faenas de tronaduras en las minas por la alta polución que se genera. Además, con esta información, pueden estimar los niveles de material particulado presente en las áreas cercanas a las minas, donde habita gente.

4.6.3.3 Variabilidad Térmica

Información como la temperatura del aire es utilizada por varios sectores productivos, servicios públicos, investigación y en general, es la variable climática

utilizada habitualmente en herramientas como el pronóstico del tiempo. El análisis que se realiza a esta variable en el boletín climático está dirigida principalmente al sector agrícola, que utiliza esta información para monitorear, evaluar y/o comparar el desarrollo de los cultivos y determinar los estados fisiológico de los cultivos.

4.6.3.4 Evapotranspiración (ET0)

Esta es una herramienta de uso exclusivamente agrícola que sirve para realizar un manejo eficiente del recurso hídrico. Este índice mide la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación, en este sentido, el análisis que realiza CEAZA en el boletín climático apoya las decisiones que hacen referencia a los volúmenes de agua que se deben entregar a los cultivos para su correcto desarrollo, mes a mes.

La Importancia de la ET0 en el control de riego radica en que cada frutal tiene, en cada una de sus etapas, requerimientos específicos de la cantidad de agua necesaria para que su desarrollo sea óptimo. Sin embargo, para lograr esta cantidad es necesario tomar en cuenta la cantidad de agua que se pierde, ya que no toda el agua que recibe el suelo está disponible para el frutal, debido a que parte del agua que llega al suelo se evapora producto de la incidencia del sol. Además, debido a que el agua no es un recurso ilimitado, esta información permite que se riegue en exceso. Por eso es importante que la cantidad de agua aportada por el riego sea calculada tomando en cuenta las necesidades del frutal y las condiciones climáticas del lugar en donde se encuentra.

4.6.3.5 Grados día

Es un índice que calcula el valor expresado en temperatura acumulada, que indica el calor requerido para que los cultivos alcancen sus diferentes fases de desarrollo. Más antecedentes en 5.2.8

4.6.3.6 Horas Frío

Es otra de las herramientas de uso exclusivo en la agricultura y que se define como los requerimientos de bajas temperaturas que presentan las plantas de

clima templado, para poder tener un desarrollo y crecimiento normal, sobre todo frutales caducifolios; este parámetro es usado ampliamente para evaluar la posibilidad de explotación de una variedad determinada en distintas regiones climáticas. Las horas frío se cuentan como todas las horas del mes que presentan temperaturas bajo 7°C. Más antecedentes en punto 5.2.9.

¿Por qué son importantes las Horas Frío para el agricultor?

- a)** Para romper el “receso” los árboles tienen que haber estado sometidos a una determinada cantidad de horas frío. Sin esta cuota de frío no salen de su letargo en primavera o bien lo hacen en forma defectuosa, aun cuando la temperatura sea lo suficientemente alta en ese momento como para que ello ocurra de manera normal.
- b)** Los frutales de hoja caediza (e.g., durazno, vid) necesitan sufrir durante el período de invierno la acción o efecto fisiológico de las bajas temperaturas durante un tiempo más o menos prolongado (mayo a septiembre), para que puedan florecer y brotar normalmente a principios de primavera, una vez que se den las condiciones adecuadas para su crecimiento.
- c)** Como ejemplo se puede nombrar: el almendro con necesidades de 200-550 horas frío; el avellano 800-1200 HF y el nogal con 400-1000 HF. Si la cantidad de horas frío son menores que las necesarias para completar la etapa de reposo exitosamente es necesario tomar acciones correctivas como por ejemplo aplicar ciertos productos agroquímicos (e.g., cianamida hidrogenada). Por esta razón es necesario que el agricultor esté atento a las variaciones en las temperaturas del lugar en donde tiene sus árboles. (Fuente: Gil, G., Fruticultura, 1997. El Potencial Productivo. Colección en Agricultura, Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile, p-342).

4.6.3.7 Precipitaciones:

Esta información es importante y utilizada transversalmente en todos los sectores productivos, servicios públicos, investigación y en general, es la variable climática más atendida debido a la importante condición de escasez hídrica que presenta la región

4.6.3.8 Cobertura de la vegetación:

El índice EVI es una aplicación utilizada principalmente por INDAP, PRODESAL, municipalidades y agricultores. Es un índice que permite estimar la cantidad, calidad y desarrollo de vegetación a través de mediciones satelitales, las cuales utilizan la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma vegetación emite o refleja.

4.6.3.9 Temperatura superficial del mar:

Esta herramienta es utilizada por el sector acuícola, pero también es utilizada en ciencias como la meteorología, oceanografía, ecología, entre otras. El enfriamiento o calentamiento de la temperatura superficial del mar impacta directamente en el comportamiento océano-atmosférico, por lo cual un seguimiento de esta variable permite estimar condiciones de tiempo local para la región.

4.6.3.10 Cobertura Nival:

La información de nieve es utilizada principalmente por la DGA y las Juntas de Vigilancia de las distintas cuencas y que se traducen en disponibilidad de agua para la minería, agricultura, industria, desarrollo humano, etc.

4.6.3.11 Estado de los Caudales y de los Embalses:

Estos datos son utilizados por Juntas de Vigilancia de las distintas cuencas, agricultores, entre otros, y sirve para tener una evaluación real del estado actual de la disponibilidad hídrica en la Región de Coquimbo.

4.6.4 Estadísticas sobre uso del sitio web del boletín

Como medio de verificación para evaluar si la gente está utilizando el Boletín Climático CEAZA, se ha activado un contador de visitas en la página web cuya gráfica se puede observar en la figura 30. Ahí se indica que existen 1521 usuarios que han visitado el sitio web del Boletín Climático (al 13-10-2014). Cabe destacar que podrían ser muchos más usuarios contabilizados. No obstante, mensualmente además de entregar el enlace de acceso a este boletín, también se adjunta como documento en formato PDF (lo que no requiere visita al sitio web), es por

esto que se estima que el número de usuarios podría ser superior al mencionado. Más información respecto de este punto se puede encontrar en el anexo 8.

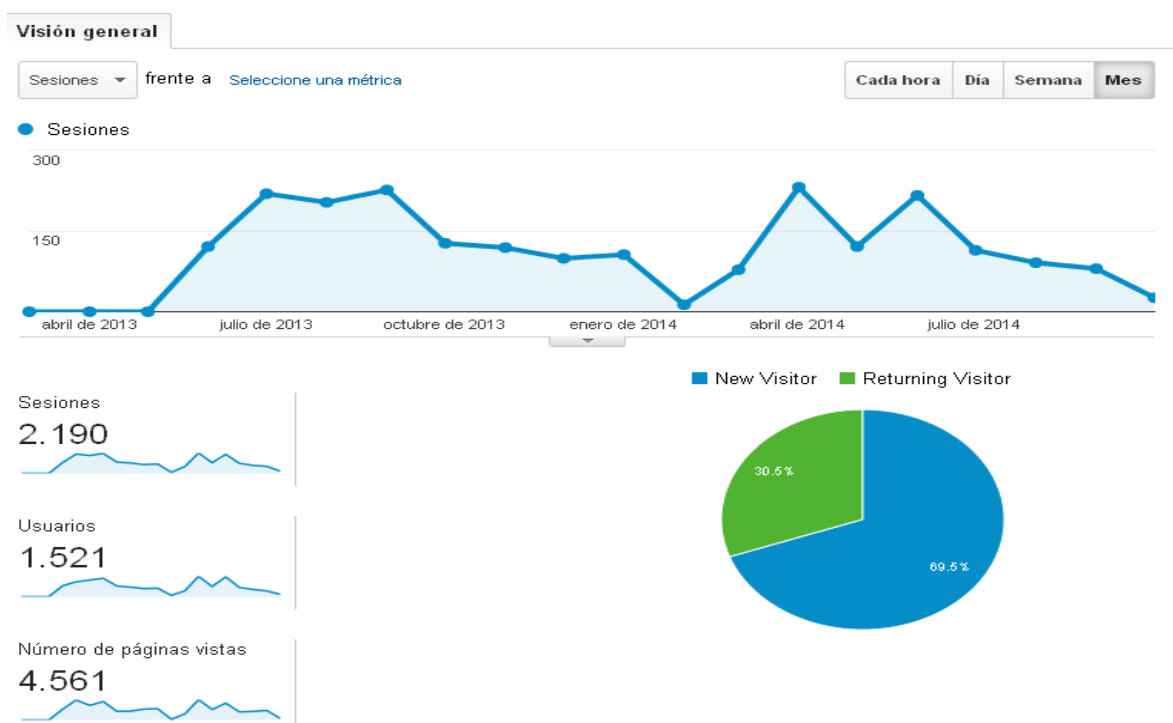


Figura 30: comportamiento del número de visitas al Boletín Climático CEAZA entre abril 2013 y octubre 2014.

Información meteorológica generada por CEAZA-Met en el ámbito acuícola y agrícola de la Región de Coquimbo.

Para que las empresas de los distintos sectores productivos puedan entender y utilizar la información generada por CEAZA, se realizaron 10 talleres de inducción al uso del sitio web (ver anexo 10), en las cuales se solicitó que todos los asistentes tuvieran computador e internet para ingresar al sitio, donde se les explicaba paso a paso todas las herramientas y utilidades presentes.

La renovación del sitio web, los nuevos productos tales como pronóstico del tiempo, pronóstico de heladas, pronóstico de nieve, alertas tempranas, talleres de inducción al uso del sitio CEAZA-Met, actividades de difusión y transferencia (ver anexo 10), simplificación de la navegación en la plataforma, el ingreso a las redes sociales y la ampliación de la red de estaciones de monitoreo meteorológico, han convertido a CEAZA-Met en una plataforma de apoyo para la planificación

de medidas pertinentes, que permiten anticiparse a eventos extremos pudiendo adoptar acciones con base en información precisa y oportuna.

Uno de los puntos centrales para el éxito del proyecto, en términos de representar una solución real para los usuarios, lo constituye el modelo de transferencia de resultados. En ese sentido, se ha trabajado en estrategias para difundir e incentivar el uso de la página web y sus herramientas anteriormente mencionadas.

Actualmente, se cuenta con una base de datos de aproximadamente 1706 direcciones de correo electrónico (ver anexo 12), la cual consta con los datos de autoridades del Gobierno Regional de Coquimbo, servicios públicos, Juntas de Vigilancia, empresas privadas de producción agrícola, empresas que se dedican a la acuicultura, comunidades agrícolas, gremios de pescadores, CORMINCO, universidades e institutos, entre otros. A esta base de datos se envía mensualmente el boletín CEAZA, además de las alertas tempranas de eventos climáticos, cuando corresponda.

Durante el periodo de duración del proyecto, www.ceazamet.cl ha tenido en promedio 2603 visitas mensuales. Sin embargo, a partir de la primera alerta de precipitaciones ocurrida en mayo de 2013, el número de vistas mensuales al sitio aumentó de 942 –previo a la alerta– a 5169 visitas, en promedio, después de dicha fecha (figura 30).

La figura 31 indica el número de ingreso de visitas al sitio www.ceazamet.cl registrando 49837 de usuarios que representan el 70% de las visitas.

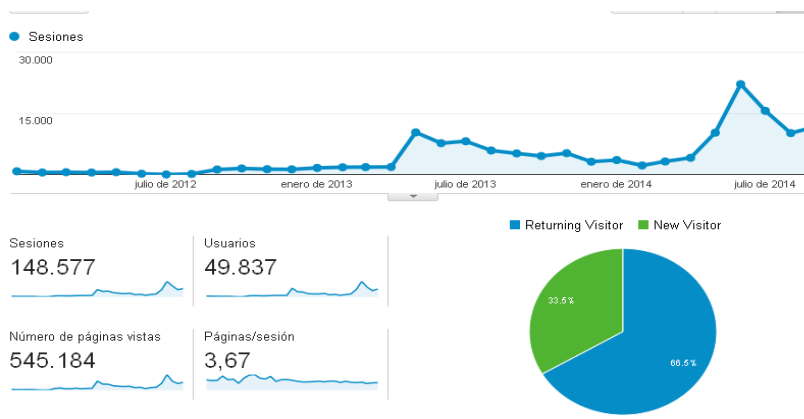


Figura 31: gráfico del número de visitas que ingresaron al sitio
www.ceazamet.cl.

4.6.5 CEAZA-Met en el ámbito acuícola

Los estudios para caracterizar y desarrollar actividades en el mar, radican en los comportamientos de variables como la temperatura del mar, la presión atmosférica, el oxígeno disuelto, velocidad y dirección del viento y las corrientes oceanográficas. CEAZA en conjunto con la Universidad Católica del Norte son instituciones que cuentan con este monitoreo océano-atmosférico, el que aporta a la generación de pronósticos de tiempo y otros productos asociados.

Actualmente, se cuenta con dos estaciones oceanográficas que se encuentran midiendo variables oceanográficas tales como temperatura superficial del mar (TSM), oxígeno disuelto en el agua (O_2), salinidad, conductividad, fluorescencia y turbidez. Estos datos son posibles de encontrar en www.ceazamet.cl, en las estaciones ubicadas en Tongoy y Punta de Choros.

Se seleccionaron estos lugares porque son puntos donde se desarrolla la acuicultura, el turismo y el manejo de recursos bentónicos en la Región de Coquimbo.

Actualmente, se apoya a los tomadores de decisión del sector acuícola con variables en línea como la velocidad y dirección del viento, temperatura superficial del mar, oxígeno disuelto en el mar, presión atmosférica, ENOS, entre otras, que son variables que varían constantemente y que necesitan de un monitoreo para apoyar las labores en el océano.

Las empresas acuícolas especializadas en la pectinicultura de la región, utilizan los datos de variables físico-químicas resultantes del monitoreo oceanográfico registrado en la Bahía de Tongoy.

Variables como la TSM, O_2 y salinidad afectan directamente la fisiología de los organismos, ya que se relacionan directamente al crecimiento y reproducción de éstos. De ese modo, se ha descrito que a mayor temperatura del agua de mar, mayor es el crecimiento de algunos ejemplares. Por lo tanto, para este sector (Tongoy), también es de gran necesidad estar en constante conocimiento de las condiciones de la TSM, por ejemplo, ya que este actúa recurrentemente en las costas de la región.

En el año 2009 se intentó comenzar con el monitoreo oceanográfico en Tongoy, pero no se logró tener la continuidad de los datos, debido a lo complejo de la logística de trabajo en el mar. Así, el 2013 y gracias a la inyección de nuevos recursos se vuelve a levantar el monitoreo oceanográfico (ver anexo 2). Desde septiembre de 2013, entonces, es que se cuenta con una base de datos continua: datos que utilizan INVERTEC y CAMANCHACA (convenios aún en proceso de tramitación), para mejorar la toma de decisiones en el ámbito acuícola.

Los usuarios ligados al sector oceanográfico, acuícola y pesquero de Tongoy puede acceder a la información climática en tiempo real, a través de sus dispositivos móviles y particularmente, en la capitanía de puerto pueden acceder a la información en forma directa y gratuita a través de un televisor inteligente conectado a internet, que transmite en tiempo real información del monitoreo océano-atmosférico, que ellos mismos (marinos y pescadores) solicitaron para apoyar sus decisiones. (Ver Anexo 10).

Como socios estratégicos, se han gestionado y firmado algunos convenios con instituciones como la Armada de Chile (DIRECTEMAR), el Instituto de Fomento Pesquero, INVERTEC-OSTIMAR y Minera Los Pelambres (convenios aún en proceso de tramitación). Esta alianza fue intencionada para generar el monitoreo oceanográfico para la Región de Coquimbo y con esta información alimentar y activar los modelos de pronósticos para obtener resultados más certeros y oportunos.

A través del complemento de las diferentes competencias de cada sector, se trabaja en los sitios de interés, los cuales en coordinación con las instituciones antes mencionadas, se establecieron puntos de monitoreo oceanográfico en las partes estratégicas de la región: por ejemplo, en Los Vilos se instalará un mareógrafo propiedad de Armada en la concesión marítima de Minera Los Pelambres, cuyos datos irán a la red de monitoreo CEAZA-Met. Por otro, se instalará un mareógrafo propiedad de CEAZA con apoyo de buzos del IFOP en Punta de Choros, límite norte de la Región de Coquimbo (más antecedentes en anexo 2).

En conjunto con las instituciones antes mencionadas y a través de estos convenios, se trabajará para generar productos de interés mutuo, tales como pronósticos de vientos en el océano, pronóstico de olas, altura de marea (ver www.ceazamet.cl sección pronóstico oceanográfico) y aplicaciones con mayor grado de precisión ligada al ámbito oceanográfico.

4.6.6 CEAZA-Met el sector agrícola.

CEAZA-Met ha puesto a disposición herramientas para el sector agrícola antes descritas, tal como la aplicación para el manejo sustentable del recurso hídrico en la agricultura con sus funciones, medición de horas frío, evapotranspiración, riego, etc. El uso y aplicabilidad de estas herramientas se ha hecho a través de talleres sobre el uso del sitio web www.ceazamet.cl (anexo 10), a organismos intermediarios y multiplicadores de la información, como los programas de desarrollo local (prodesal municipal), comunidades agrícolas, escuelas de agronomía, sociedad agrícola del Norte, etc., instituciones de apoyo al sector agrícola de la Región de Coquimbo. Así, los programas anteriormente descritos divulgan la información hacia el pequeño y mediano agricultor (figura 32).

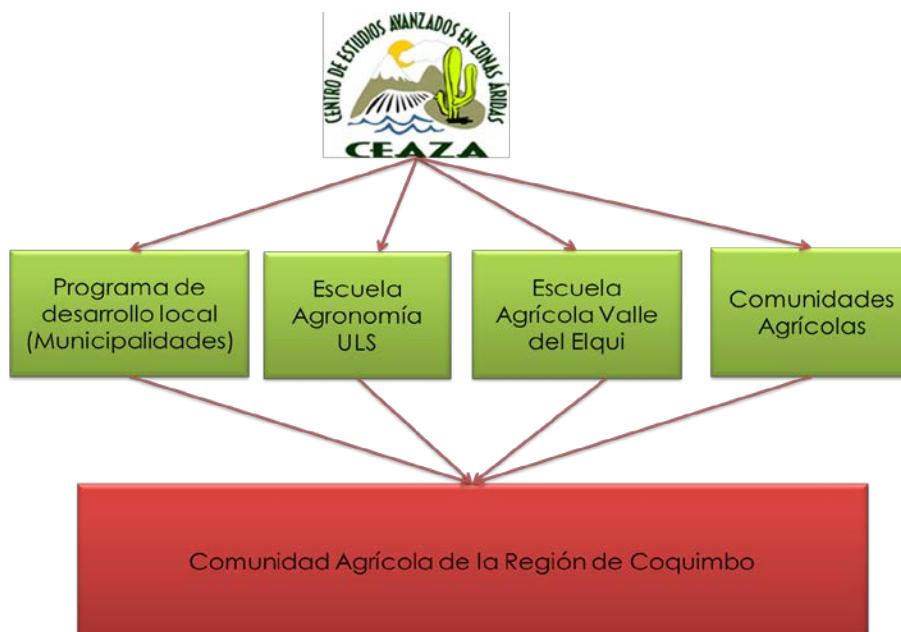


Figura 32: diagrama flujos de uso de herramientas del proyecto en el ámbito agrícola.

Por otra parte, para el sector de administración de agua, particularmente para la Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta (ACER) se realizó una interfaz paralela personalizada de la red CEAZA-Met, centrada en su área de interés (en los alrededores del embalse Recoleta, figura 32b). Así, los integrantes de dicha asociación pueden tener una vista en el mapa solo de las estaciones de la red cercanas al embalse. Este producto tiene como alcance el que los usuarios de la red puedan sentirse parte de ésta mediante la personalización del sistema.



Figura 32b: Imagen del sitio para el apoyo a la toma de decisiones de la Asociación de Canalistas del Embalse Recoleta.

4.6.7 Descripción de actividades para los resultados 7, 8 y 9.

Resultados	Actividades
Empresas de los distintos sectores productivos y el sector público incorporan información de la red www.CEAZA-Met.cl , para mejorar la gestión y toma de decisiones para su productividad	Convenios de vinculación (ver anexo 9)
	Actividades de transferencia y capacitación a usuarios del sitio www.ceazamet.cl (ver anexo 10)
	Charlas anuales sobre el panorama hídrico al Consejo Regional y Gobierno Regional.
	Presentación al consejo de subsecretarios para decretar zona de catástrofe.
	Distribución del boletín CEAZA a 1706 usuarios aproximadamente. Ver anexo 12.
	Incorporación de la retroalimentación de usuarios en el boletín y sitio web.
	Taller Hacienda Santa Cristina (ver anexo 10)
	Instalación de televisores inteligentes (ver anexo 10)
	Taller exclusivo para los tomadores de decisión del sector público (anexo 10)
	Encuesta para levantar requerimientos desde los sectores productivos de la Región de Coquimbo (ver anexo 13)
	Divulgación de información a público general (ver anexo 10)

En general este resultado está enfocado a la difusión y transferencia de los productos terminados de CEAZA-Met. Parte de estas actividades están basadas en la generación de instancias públicas (e.g., charlas, talleres, envío de correos) para informar a los diferentes sectores sobre los productos y servicios brindados por la red.

Otras actividades fueron más directas con los usuarios, como la instalación de pantallas informativas en lugares de interés. Así, en general, estas actividades dieron paso a la firma de convenios que permiten dar un marco más formal a la relación entre CEAZA y los receptores de la información.

4.7 Descripción del resultado 10

Resultado 10: Laboratorio de Calibración de sensores.				Presupuesto	\$6.571.656
Fecha de inicio	1/12/2013	Fecha de término	02/07/2014	Avance	100%

CEAZA – Met, con el propósito de entregar un servicio a los sectores productivos de la Región de Coquimbo, ha implementado en dependencias de la Universidad de La Serena, un laboratorio el cual permite calibrar los siguientes sensores meteorológicos:

- Temperatura del Aire
- Presión Atmosférica
- Dirección de viento
- Velocidad de viento
- Humedad Relativa

Los equipos adquiridos fueron:

- Paroscientific Inc. Calibrador de Barómetros para laboratorio, Modelo: 745-16B (calibrar sensores de Presión Atmosférica)
- RM Young²: 188802H Anemometer Drive; 18881H Anemometer Drive; 18112 Vane angle bench stand; 18212 Vane Angle Fixture; 18301 Vane Alignment rod; 18310 Propeller torque disc; 18312 Cup Wheel torque Disc; 18331 Vane Torque Gauge. (Equipos de calibración de velocidad y dirección del viento)
- Novalynx Digital Sling Psychrometer 225-SAM. (Equipo para calibrar Temperatura del Aire y Humedad Relativa)

Los dispositivos descritos a continuación, están diseñados para la calibración de algunos modelos de monitores de vientos de la marca RM Young:

² Los equipos de calibración descritos en esta sección fueron adquiridos en diciembre de 2013. Por lo tanto, las fotografías y detalles de la adquisición se pueden hallar en el informe técnico respectivo.



Figura 33: dispositivos para la calibración de monitores de vientos

Ángulo de veleta

El ángulo de veleta, consiste en un compás base, donde se monta el anemómetro y permite orientar manualmente la veleta para corroborar la lectura electrónica del dispositivo, a través de un registrador de datos. Esto permite conocer el margen de error del dispositivo y ajustarlo, si lo requiere.



Figura 34: ángulo de torque para calibración de anemómetro.

El disco de torque, se monta en el eje de la hélice del monitor de viento y permite chequear rotación. En caso de detectar fallas es necesario reemplazar piezas.



Figura 35: Disco de torque para la calibración de la hélice del monitor de viento.

Conductor de anemómetro

El conductor de anemómetro, provee una forma de rotación para el anemómetro a una velocidad conocida y variable. La velocidad de rotación se controla a través de una pantalla-control (figura 36, izquierda), que modifica las velocidades de un motor instalado frente al eje del anemómetro. La señal de salida se puede verificar mediante la lectura de un lector de datos o un osciloscopio (ver figura 36, derecha)

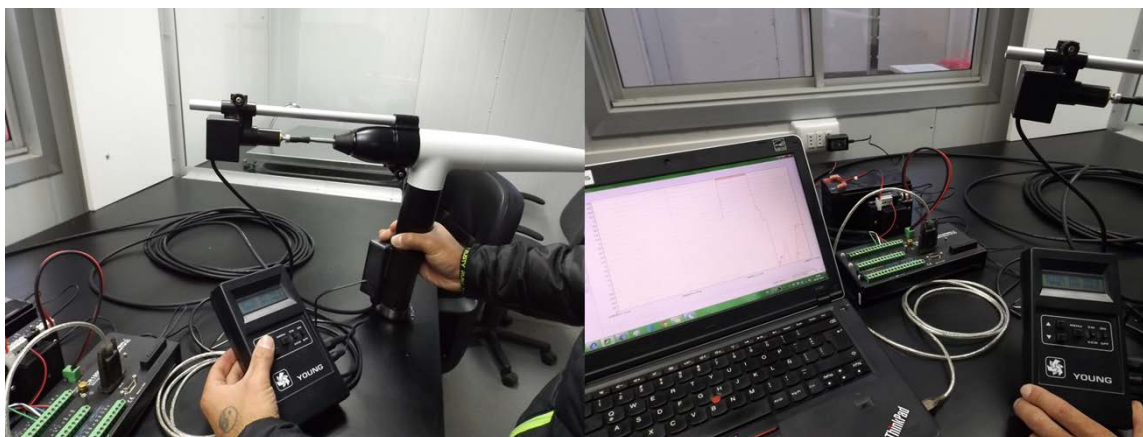


Figura 36: proceso de calibración de un monitor de viento.

Cabe destacar que el presente laboratorio es único a nivel regional, el cual permitirá entregar servicio de calibración de sensores a todo tipo de entidades o personas naturales que tengan estaciones meteorológicas y que deseen saber si sus equipos están en orden y registrando como se debe.

Estas dependencias se encuentran proyectadas de manera de multiplicar algunas capacidades científicas existentes y transformar las instalaciones actuales a un nivel superior a lo solicitado, sin incurrir en mayores costos. Esta iniciativa permite dotar a la región de un laboratorio de alto nivel científico donde se pueda verificar con gran precisión el correcto funcionamiento de equipos meteorológicos sensibles y raramente verificados. Al margen de esta labor central, está la sinergia en el uso de las instalaciones: el diseñar y perfeccionar instrumentación que permita estudiar con más detención los fenómenos meteorológicos particulares de la región (e.g., la formación de penitentes o de cambios micro-meteorológicos relevantes para la agricultura), construyendo

modelos empíricos en el nuevo laboratorio. Estas actividades científicas-tecnológicas, generarán estudios y resultados que sin duda contribuirán a aumentar el grado de competitividad y la capacidad de innovación de la región.

Este laboratorio ya está siendo usado por el equipo de técnicos de la red, por un lado para el trabajo de mantención y pruebas de equipos oceanográficos y por otro, para calibrar algunos sensores de temperatura dados de baja.

4.7.1 Descripción de actividades para el resultado 10.

Resultados	Actividades
Laboratorio de Calibración de sensores.	Adquisición de los equipos
	Análisis experto del equipo de CEAZA-Met: se refiere al análisis que hacen los profesionales de CEAZA-Met para determinar las principales necesidades que existen para la construcción de un laboratorio de calibración de sensores meteorológicos. Por tanto, se definen los aspectos básicos para definir qué sensores se adquirirán para la calibración.
	Ingeniería del inmobiliario donde estarán instalados los equipos, para lo cual se hizo un bosquejo en el que se definieron los términos técnicos de referencia para la solicitud de cotizaciones a las empresas que trabajan en el rubro de la construcción o implementación de laboratorios.
	Adquisición de los equipos que servirán para el análisis de calibración de instrumentos. Para ello, lo primero fue solicitar cotización al único proveedor en Chile que provee de estos equipos para calibrar (i.e., Tecnología Omega Ltda.)
	Puesta en marcha de la construcción de la obra gruesa del laboratorio, la que se inició el 15 de abril de 2014. Este periodo se inició con la licitación de la construcción y posterior recepción de la sala de calibración.
	Término de la construcción del laboratorio y la instalación de los equipos respectivos en los lugares determinados por la ingeniería del laboratorio.

Tabla 8: Descripción de actividades para el resultado 10: Laboratorio de Calibración de sensores.

5 Impactos y otros resultados del proyecto

5.1 Apoyo con antecedentes meteorológicos y capacidad de pronóstico e interpretación de información al Gobierno Regional de Coquimbo, ante la situación de escasez hídrica en la Región de Coquimbo.

En marco del asesoramiento a tomadores de decisión, tanto de autoridades públicas como gremios y empresas privadas, el proyecto y los profesionales contratados por CEAZA, apoyaron técnicamente algunas de las políticas regionales y nacionales para enfrentar la situación de sequía que aqueja a la Región de Coquimbo por más de ocho años.

En este escenario, se destaca la participación de profesionales de CEAZA en la elaboración de la propuesta técnica –ver anexo 14– para el programa de estimulación de precipitaciones, iniciativa liderada por el Ministerio de Agricultura, el Gobierno Regional de Coquimbo, la Sociedad Agrícola del Norte, y las Juntas de Vigilancia de las 3 cuencas de la Región de Coquimbo, y ejecutada por el Instituto de Investigaciones Agropecuaria, INIA Intihuasi.

Dentro del marco de la sequía, se realizaron diversas actividades tales como informes técnicos, propuestas de trabajo, asistencia a la comisión de sequía – emergencia– de la Región de Coquimbo, entre otras. Se adjunta anexo 14, con informe técnico sobre el bombardeo de nubes

Parte del impacto logrado con este apoyo, fue lograr el financiamiento público y privado para este programa, además de dar seguimiento y entrega de antecedentes para orientar la ejecución y estimulación efectiva de precipitaciones, y de esta manera reducir riesgos por pérdida de insumos.

Con estudios, el Ceaza apoyará la ejecución del proyecto de bombardeo de nubes

ARTÍCULO | 4 FEBRERO 2012 - 12:57AM



La entidad llevará a cabo acabados análisis que permitan medir los efectos de este procedimiento en la región

El director del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (Ceaza), Bernardo Broitman informó que apoyarán el proyecto de bombardeo de nubes que se está llevando a cabo en la región y cuya gestión

técnica está a cargo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

El especialista explicó que la idea de la colaboración del Ceaza es medir los efectos de estos bombardeos “que es bastante complicado, de hecho hay poca literatura disponible y el consenso científico al respecto es de que se debiese estudiar más el tema para obtener mejores resultados o modificar la manera en cómo se hace”, precisó.

En este sentido, manifiesta que su participación radicarán básicamente la implementación del avión que va a ejecutar el proceso “o alguno asociado para estar monitoreando qué pasa al interior de la nube, vamos a hacer un estudio del efecto in situ del procedimiento, que es algo que se ha hecho muy poco en el mundo”, sostuvo.

En todo caso, dice que han estado muy atentos a este tema y que durante todo el año han trabajado con el Gobierno Regional entregándole pronósticos para que anticipen las medidas por los efectos de la sequía.

“El proyecto del bombardeo de nubes lo venimos estudiando desde el verano pasado que ya sabíamos que el invierno que ya pasó iba a ser seco. Es algo que se ha analizado con calma, el gobierno decidió apoyar la iniciativa y nosotros vamos a aportar con estudios sobre los efectos que esto tenga en la región”, enfatizó.

Finalmente, indica que los resultados que podría tener la estimulación artificial en la región han sido estudiados en base a la experiencia en otros países. 3703i

Figura 37: noticia sobre el Bombardeo de Nubes y el apoyo con información de CEAZA.

Por otra parte, se apoyó al Gobierno Regional de Coquimbo en la entrega de antecedentes para la gestión de levantamiento de recursos en la Subsecretaría del Interior, presentando estudios en torno a la sequía al comité conformado por los ministerios de Obras Públicas, Agricultura e Interior.

El impacto generado en esta instancia fue la provisión de recursos a la Región de Coquimbo, declarada como Zona de Catástrofe, para la entrega de subsidios a zonas afectadas por la sequía.

5.2 Instalación de infraestructura y capacidad informática, tanto de procesamiento como almacenamiento de datos, a través de adjudicación del proyecto anexo que permitió instalar un centro de datos en CEAZA.

Parte de los objetivos originales planteados fueron el consolidar en CEAZA la infraestructura física, informática y computacional que permitiera cumplir correctamente con los objetivos de modelación y pronóstico. Este objetivo involucró actividades de perfeccionamiento del personal de CEAZA a cargo de estas actividades en Chile y el extranjero, a cargo de centros que son líderes mundiales del área como IRI. Esta inversión ha resultado en la instalación en la región de un grupo humano con capacidades de punta en la modelación matemática de fluidos geofísicos, específicamente el océano y la atmósfera. De este modo, fue posible postular a nuevos fondos, específicamente la convocatoria de equipamiento mediano, FONDEQUIP, donde se adjudicaron recursos para la adquisición de recursos computacionales de punta. En este momento el centro computacional de CEAZA, aloja el único espejo para Sudamérica del Datalibrary de IRI, que es una plataforma informática que permite asimilar pronósticos computacionales y observaciones automatizados para su distribución masiva.

Gracias al nivel técnico de esta infraestructura, la más avanzada en modelación geofísica del norte de Chile, y el grupo humano que la soporta, hoy es posible ofrecer una plataforma donde múltiples instituciones pueden generar los pronósticos estadísticos de clima más avanzados de la región (<http://climatedatalibrary.cl/maproom/>), además otras instituciones nacionales

como la DMC y la DGA, quienes están publicando vía esta plataforma algunos de sus datos históricos y en línea.

Otro impacto de la consolidación de la ciber-infraestructura y el capital humano es que desde hace un par de años que existe en CEAZA un modelo operacional de la atmósfera de la región usando el modelo WRF, el estándar mundial en la materia. Este esfuerzo de modelación e interpretación permite generar pronósticos meteorológicos más certeros y de escala más pequeña que en el pasado. Como complemento, y en reconocimiento a la capacidad instalada, la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) entrega a CEAZA las salidas de su modelo WRF, el cual es generado para un área diferente de Chile, los cuales son incorporadas al repositorio Datalibrary y permiten mejorar la capacidad de pronóstico de la región en el sentido que se cuenta con más de un pronóstico y por lo tanto la información que tienen los expertos para hacer el pronóstico regional es más amplia.

5.3 CEAZA invitado a ser parte de instancias de discusión, decisión y definición sobre políticas regionales y territoriales.

A partir de las capacidades y competencias generadas en marco del proyecto, CEAZA pudo contribuir con información y nuevo conocimiento a diferentes instancias de toma de decisiones, tales como Consejo Regional, Directorio Regional de Energía, Directorio Regional de Agua, Concejos Municipales, Comisión de Sequía, Comisión de Emergencia y comité científico técnico de la ONEMI.

Este apoyo técnico a estas instancias se logra a través de distintos instrumentos como seminarios, charlas, informes técnicos, y otras acciones de vinculación y transferencia de conocimiento.

5.4 Formación de capital humano e instalación de capacidades para la Región de Coquimbo.

Se capacitaron los profesionales del laboratorio de meteorología del CEAZA-Met con el propósito de fortalecer el manejo, administración e instalación de la herramienta de administración de información “Data Library”. El curso se organizó

de modo de generar las capacidades para configurar y administrar una réplica de la librería y catalogo “Data Library” del IRI en los servidores del CEAZA en La Serena/Coquimbo, enlazada a la base de datos central ubicada en las dependencias del IRI, pero que incluirá nuestra información regional actualizada localmente desde la réplica.

La instalación de esta herramienta, permitirá a profesionales de CEAZA, realizar una mejor lectura y administración más eficiente de los datos generados por las estaciones, facilitando la disposición y uso de la información, lo cual permitirá generar productos científicos y tecnológicos de mayor aplicabilidad y pertinencia para actores regionales.

5.5 Adjudicación de nuevos proyectos de investigación y desarrollo.

Una factor relevante dentro de los resultados del proyecto, es que a partir de la instalación de equipos profesionales e infraestructura científica, CEAZA ha podido fortalecer la unidad CEAZA-Met, a través de la adjudicación de nuevos proyectos de investigación y desarrollo, publicaciones científicas, nuevas redes y nuevos recursos para el monitoreo y modelamiento de variables ambientales en la Región de Coquimbo. (e.g., FIC Solar, proyecto SPICE, entre otros).

5.6 Identificación de otros sectores productivos, privados y públicos (municipios, servicios públicos, sector minero, energía, etc.) interesados en acceder y hacer uso de los productos generados por el proyecto.

En marco de las actividades de vinculación del proyecto, fueron recogidos algunos de los comentarios que se hicieron para aprovechar de mejor forma la plataforma virtual en el apoyo a la toma de decisiones de otros sectores productivos de la Región de Coquimbo.

A continuación se describen productos que se visualizan en la plataforma web y que fueron desarrollados de acuerdo a la retro-alimentación desde los sectores vinculados y que son llamados productos en desarrollo.

5.7 Pronóstico del tiempo numérico experto.

En la figura 38 se puede observar una aplicación que apoya la toma de decisiones de meteorólogos de distintas instituciones al momento de pronosticar acerca de las condiciones ambientales en la Región de Coquimbo. Cabe destacar que esta es una herramienta de libre acceso y se puede acceder a través de la página www.ceazamet.cl, módulo pronóstico.

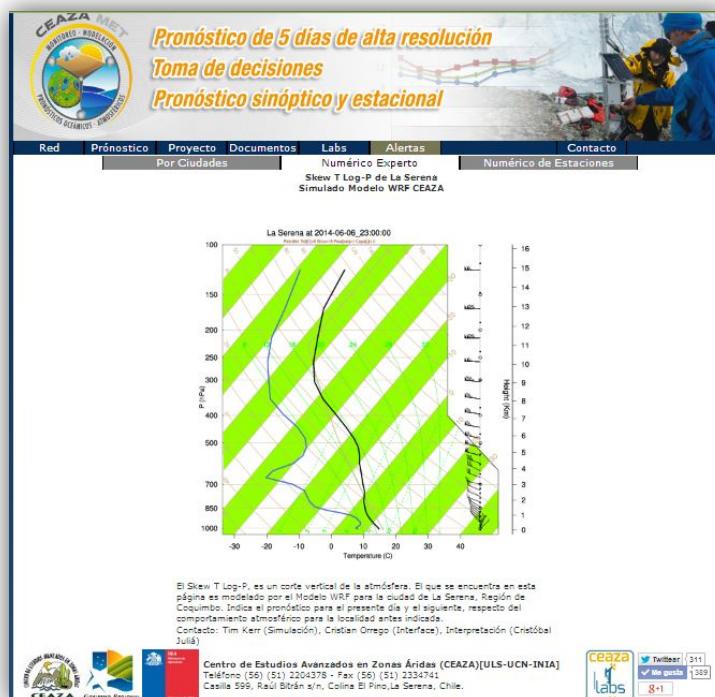


Figura 38: imagen del pronóstico numérico experto.

5.8 Pronóstico gráfico y animado de la dirección y velocidad del viento

A raíz del actual convenio de colaboración con la Ilustre Municipalidad de Andacollo y debido a la actividad minera que se concentra en dicha comuna, el alcalde Juan Caros Alfaro solicitó información gráfica para las condiciones de viento de la localidad. Así entonces, se realizaron modelaciones gráficas y animadas del pronóstico del viento para la comuna de Andacollo. Esta herramienta en un futuro se utilizaría, por una parte, para apoyar la toma de decisiones en cuanto a las actividades de fiscalización de la municipalidad hacia las faenas productivas de la minería que ahí se desarrolla y, por otra, también le

serviría a los tomadores de decisión del sector minero para apoyar las actividades operativas y buenas practicas del sector.



Figura 39: pronóstico gráfico y animado de la dirección y velocidad del viento.

Además, en la comuna de Punitaqui también se desarrolla la minería. Por ejemplo, la empresa Altos de Punitaqui, los cuales expresaron su intención de tener ellos también esta información para planificación operativa de sus faenas.

De este modo, el pronóstico de viento apoyaría las buenas prácticas del sector minero, sobre todo aquellas que colindan con los habitantes de dichas comunas.

Esta herramienta, tal como la de pronóstico de nubes por el momento es solo de uso interno y de usuarios expertos, por lo que sigue en marcha blanca o modo experimental. Próximamente, se implementará un sitio web para productos de este tipo, cuando las pruebas se lleven a cierto grupo de usuarios.

5.9 Pronóstico de nubosidad.

El pronóstico de nubes podría tener a futuro una utilidad directa para los operadores técnicos del aeropuerto, para los observatorios y para los operadores turísticos que desempeñan sus labores en la Región de Coquimbo.

Actualmente, es utilizada internamente por el meteorólogo de CEAZA para la confección del pronóstico en ciertas localidades. Además, esta herramienta constituye versiones beta y recientemente implementadas de futuros productos, cuyo inicio se da en el contexto del proyecto, pero su continuidad y evaluación de pertinencia, será llevada a cabo por CEAZA. Esta herramienta, tal como la de pronóstico de viento por el momento es solo de uso interno por estar en una versión beta, próximamente se implementará un sitio web para productos de este tipo cuando las pruebas se lleven a cierto grupo de usuarios experimentales.



Figura 40: versión beta del resultado de la modelación del comportamiento de la nubosidad en la Región de Coquimbo.

6 Problemas enfrentados.

1. Dificultad para identificar representatividad en las estaciones debido a la complejidad de la geografía en la región.

2. Los principales problemas se presentaron con las estaciones de alta cordillera, debido a la complejidad del acceso en gran parte del año, puesto que es altamente peligroso trabajar en zonas de monitoreo con condiciones extremas.

Los problemas específicos relacionados con las estaciones de alta cordillera son:

1. Operación técnica,
2. Falta de oxígeno,
3. Mal de altura,
4. Bajas temperaturas,
5. Caminos peligrosos.

Además:

- En caso de problemas, durante el invierno no se puede acceder a las estaciones de monitoreo, porque los caminos se cierran.
- Debido al tipo de comunicación (satelital vía GOES) no se puede acceder remotamente a la estación, ya que dicho sistema de transmisión de datos es unidireccional, es decir, solamente envía datos, pero no permite la conexión remota desde dependencias de CEAZA.
- A causa del frío extremo, elementos plásticos de sujeción se rompen o quiebran, por lo que las mediciones se pueden ver afectadas. Además, el frío afecta el funcionamiento de algunos dispositivos electrónicos como las cámaras fotográficas y baterías.
- Debido al viento que puede superar fácilmente los 100 km/h, en ciertos lugares, se puede hacer peligrosa la instalación de sensores, que en general se ubican por sobre los cinco metros desde el nivel del suelo, en un mástil o torre.

- Debido a que el trabajo en altura depende del buen clima los planes pueden fallar, incluso estando en terreno por las condiciones climáticas cambiantes, lo que implica hacer nuevas y más campañas de terreno.

3. La Red meteorológica de INIA no siempre está transmitiendo en línea lo cual no responde a las necesidades del CEAZA-Met, por lo tanto, en incontables ocasiones en el mes, las estaciones de Algarrobo Bajo, El Palqui y Camarico permanecen sin conexión, imposibilitando ver los datos en tiempo real lo que además afecta la elaboración del pronóstico diario para el meteorólogo.

7 Conclusiones y recomendaciones

La ejecución de este proyecto, uno de los FIC más cuantioso adjudicado por el Gobierno Regional de Coquimbo, marca un antes y un después respecto a cómo la región y sus habitantes son capaces de entender, conocer y enfrentar la variabilidad climática en la que estamos inmersos. Esta variabilidad es un elemento definitorio de nuestra identidad regional, donde los periodos lluviosos y de bonanza están indisolublemente ligados a periodos de sequía, escasez y migración. En este momento la región cuenta con una de las mejores redes de observación regional océano-atmosférica del país, lo cual nos ubica en una posición de liderazgo, donde los fenómenos naturales cobran especial relevancia para la vida cotidiana de las personas y la protección civil. Esta capacidad se traduce, por ejemplo, en que año tras año de sequía, el Consejo Regional y el Gobierno Regional contará con información precisa y acertada para la toma de decisiones con más de 9 meses de anticipación. Este es un resultado de enorme impacto: un buen ejemplo es que la presentación de estos antecedentes por su Director al Consejo de Subsecretarios en La Moneda, durante diciembre del 2012 ayudó a definir la extensión del decreto de Zona de Catástrofe a la totalidad de las comunas de la región, anticipando los efectos que tendría la prolongación de la sequía el 2013. Es importante destacar que la Región de Coquimbo, se mostró como una de las regiones mejor informada para enfrentar el tema de la sequía en el consejo.

Las recomendaciones son en tres sentidos:

1. Es necesario continuar y profundizar el financiamiento de la capacidad de observación y modelación océano-atmosférica de la región. Además, extender esta capacidad hacia más instituciones de la región que dependen de tan vital información y que actualmente están desatendidas de un análisis con un marco científico potente, como el que aporta CEAZA-Met en relación a los recursos hídricos.
2. Esfuerzos adicionales también deben ser puestos en acercar aun más a los sectores productivos público-privados al uso de esta información, de manera tal que cuenten con productos basados en la red, los que son fáciles de aplicar en sus rubros como pronósticos, alertas de heladas, entre otros.
3. Esta capacidad instalada puede ser proyectada hacia otras regiones de Chile, en particular la zona norte, pudiendo convertir a la Región de Coquimbo en un polo de desarrollo asociado, como modelo a replicar, capaz de generar información compleja, pero a la vez útil para los habitantes, gobierno y sectores productivos.

8 Cuadro de antecedentes financieros al 30.05.2014 (última rendición financiera)

Nro.	Ítem presupuestario	Presupuesto actividad	Monto ejecutado	Saldo por ejecutar	% Saldo por ejecutar
1	Recursos Humanos	\$109.720.000	\$109.634.086	\$85.914	0%
2	Subcontratos	\$29.784.000	\$29.784.000	\$0	0%
3	Capacitación	\$12.185.000	\$11.684.639	\$500.361	4%
4	Gastos de difusión	\$10.600.000	\$10.599.579	\$421	0%
5	Gastos de operación	\$75.215.000	\$75.214.711	\$289	0%
6	Inversión y equipamiento	\$316.113.000	\$316.093.920	\$19.080	0%
7	Gastos de administración	\$27.681.000	\$27.681.000	\$0	0%
	Totales	\$581.298.000	\$580.691.935	\$606.065	0%

Claudio Vásquez Pinto
Gerente Corporativo
CEAZA