

Programa de Mitigación de Daño por Granizo  
de Mendoza y resultados operativos de 3 años  
de gestión. Resultados científicos de su Comité  
Asesor

A. de la Torre y M. Cavagnaro





**PRONOSTICO**

Conozca el pronóstico extendido para Mendoza.



**RADAR**

Información obtenida a través de radares meteorológicos.



**ALERTA DE  
HELADAS**

Alerta para prevenir el riesgo y disminuir los efectos dañinos.



**FONDO  
SOLIDARIO  
AGRICOLA**

Imprima su Factura Temporada 2015-2016



**RUT**

Identificación de las propiedades rurales de uso agrícola.

[RIESGO AGRÍCOLA](#) [AGROMETEOROLOGÍA](#) [LUCHA ANTIGRANIZO](#) [WRF MOD. NUMÉRICO](#) [PEDIDO DE INFORMACIÓN](#) [NOTICIAS](#)

**Pronóstico para Mendoza**

Temperaturas Máximas y Mínimas

Datos Ciudad de Mendoza	Salida y puesta del sol		
Fecha: 27-08-2015 16:01 Temperatura: 22.7 °C Punto de Rocio: -1.8 °C Humedad: 19% Dirección Viento: Norte Velocidad Viento: 12 m/s	Fecha 27-08-2015	Hora Salida 07:58:00	Hora Puesta 19:15:00

Pronóstico WRF

Imprimir Pronóstico

	<b>Jueves 27-08-2015</b>	Parcialmente nublado con poco cambio de la temperatura y vientos del noreste, inestable en cordillera. Máxima: 22°C Mínima: 8°C
		Parcialmente nublado con ascenso de la temperatura y viento zonda en precordillera. Viento zonda en el llano a partir de la tarde abarcando sectores del Valle de Uco.

**La mitigación del daño producido por granizo se basa en 4 aspectos fundamentales:**

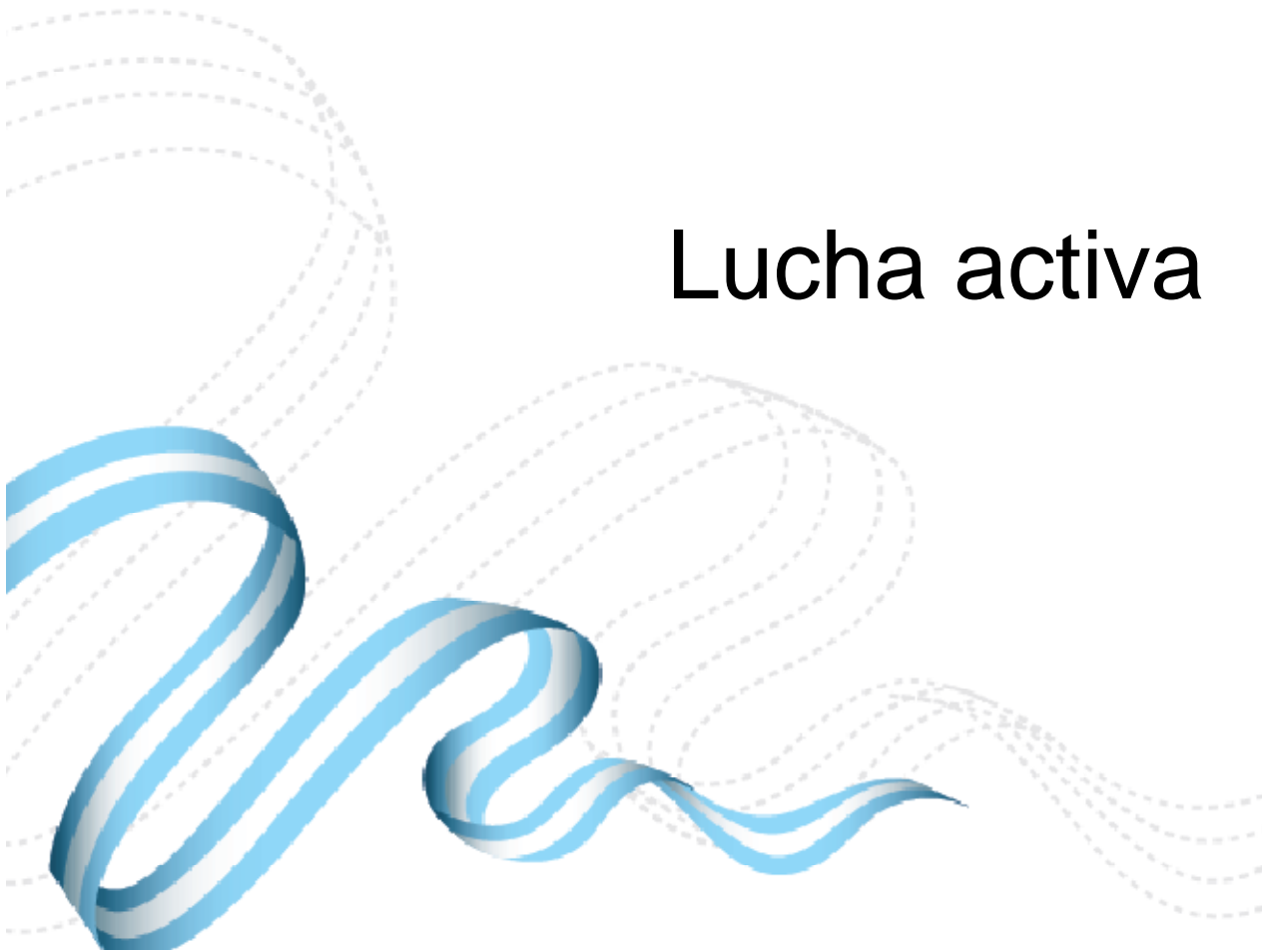
- Seguro Agrícola
- Lucha Activa
- Investigación e información científica
- Malla Antigranizo

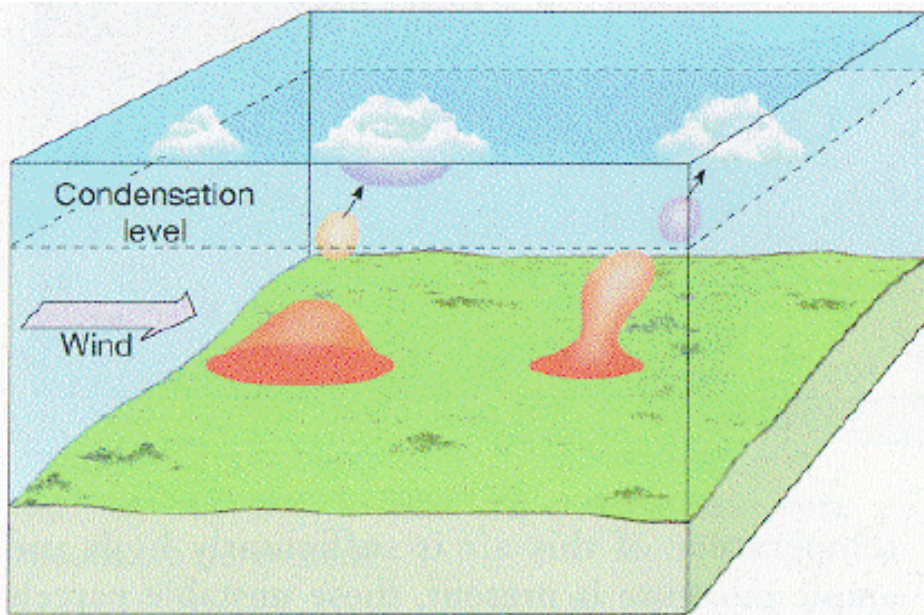


Dirección de  
**AGRICULTURA Y  
CONTINGENCIAS CLIMÁTICAS**

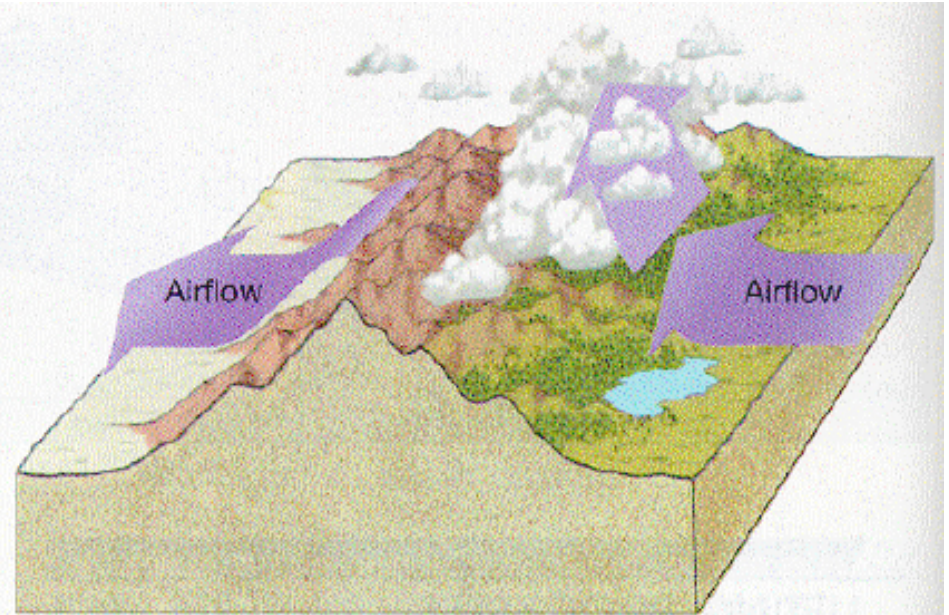
Ministerio de  
**Mendoza** **AGROINDUSTRIA  
Y TECNOLOGÍA**

# Lucha activa

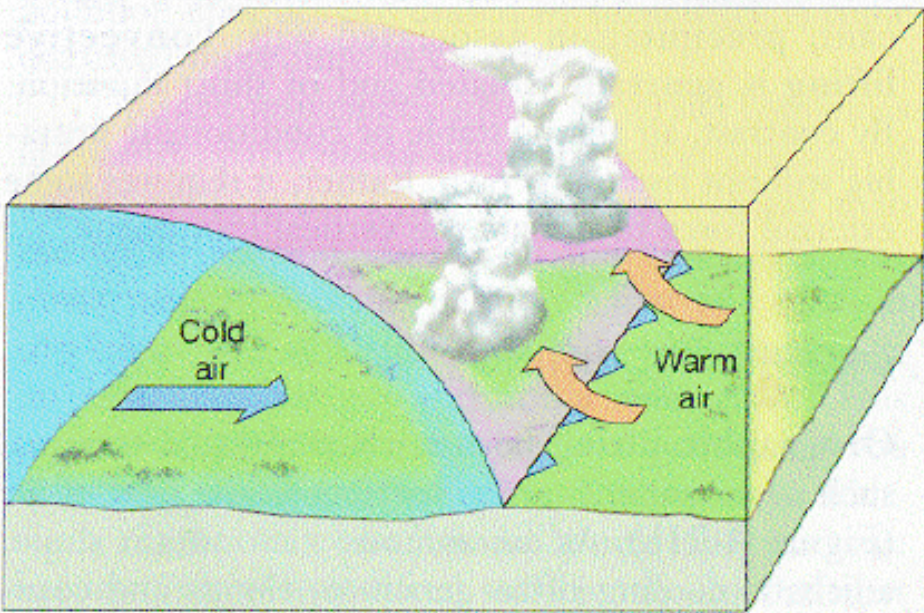




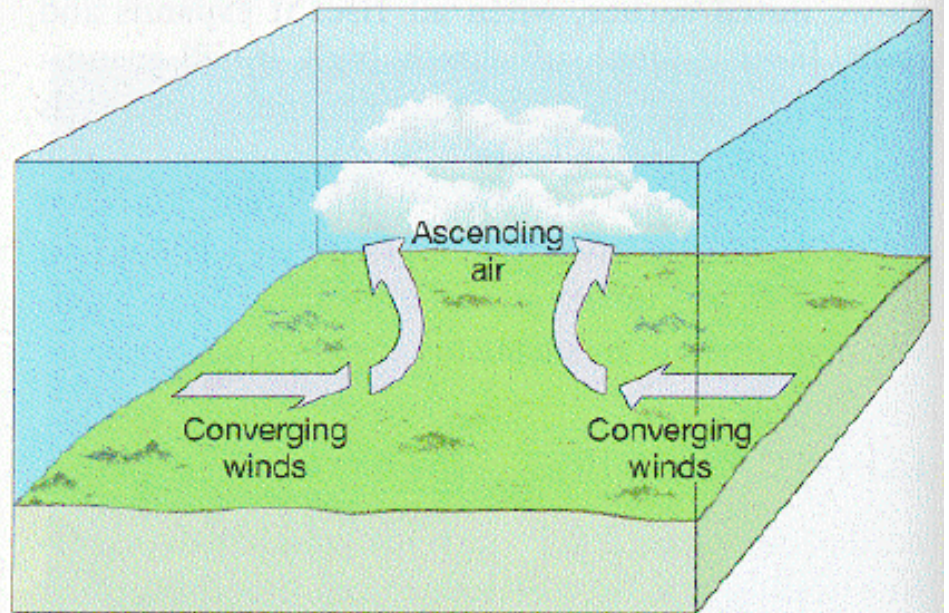
(a) Convective lifting



(b) Orographic lifting



(c) Frontal wedging

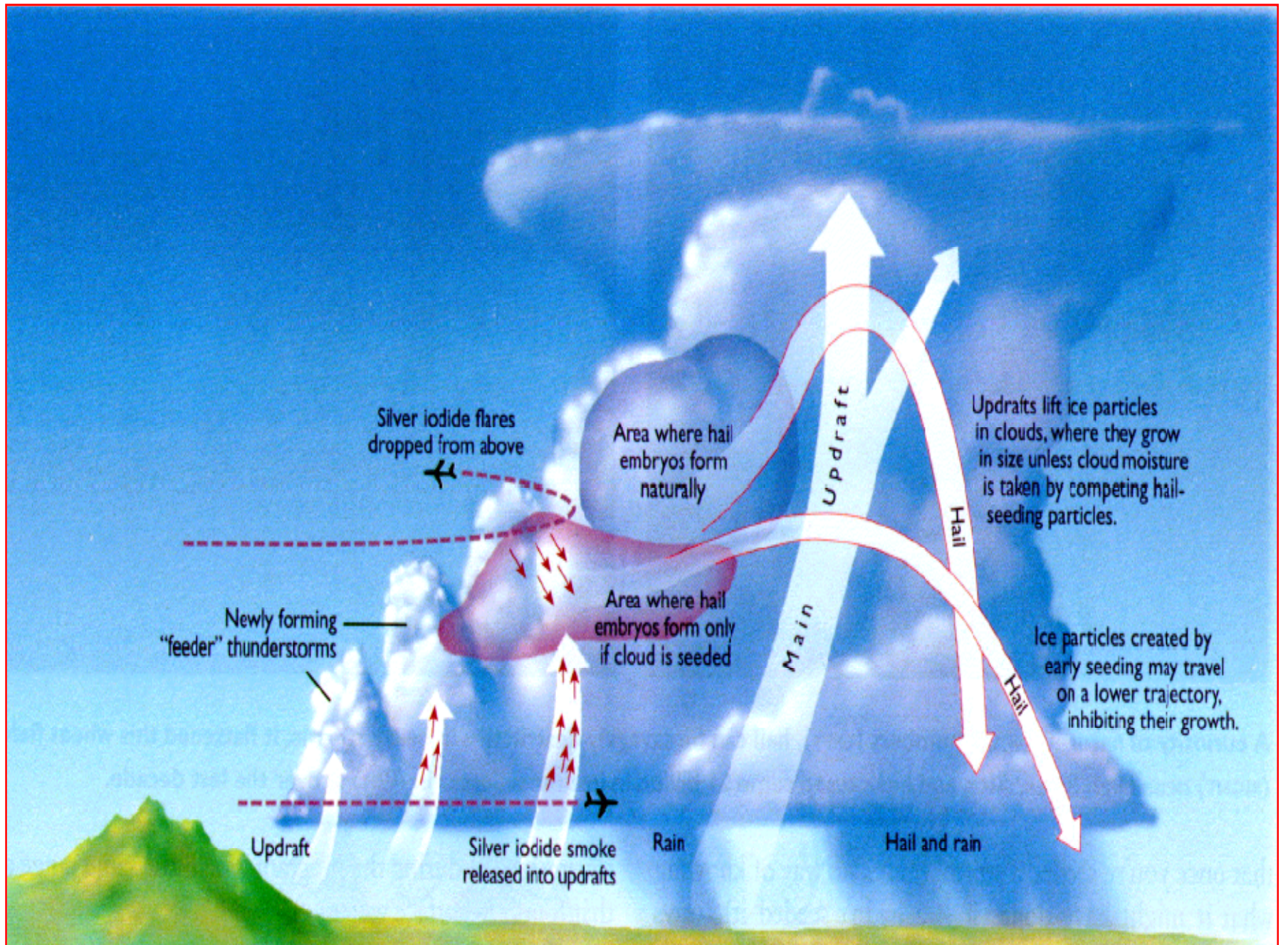


(d) Convergence

# AERONAVES



ra  
y Contingencias Climáticas



# LUCHA ANTIGRANIZO

## DEPARTAMENTO DE AERONÁUTICA

MATERIAL DE SIEMBRA



BASE MENDOZA

CARTUCHOS = 102

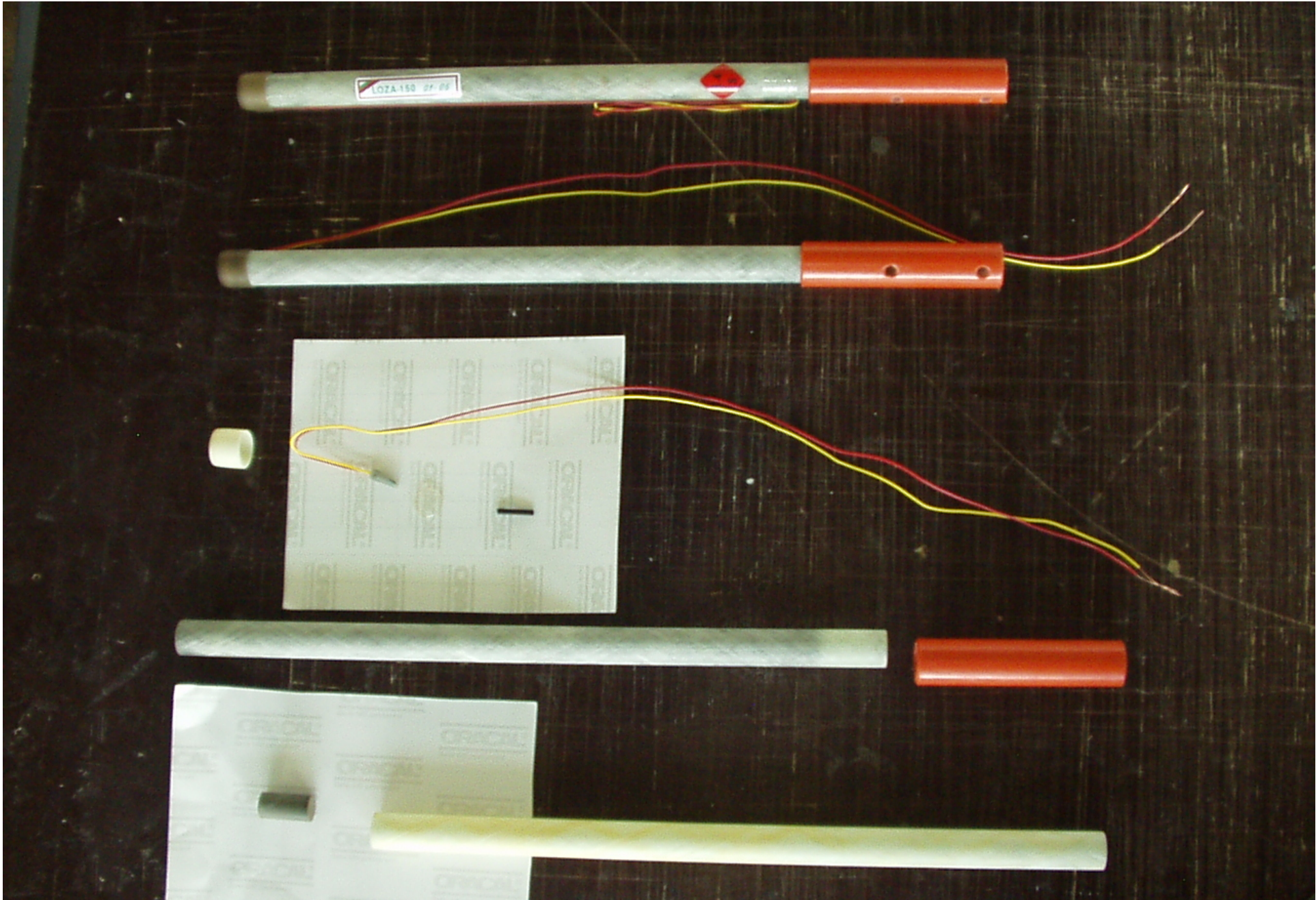


HANGAR 7 - IV BIGADA

Los aviones son  
Piper Cheyenne II,  
el mejor avión  
adecuado para  
efectuar



operaciones de  
lucha antigranizo  
DACC  
Dirección de Agricultura  
y Contingencias Climáticas



ENSAMBLE de BENGALAS

# MATERIAL DE SIEMBRA (102 Cartuchos Ejectables)

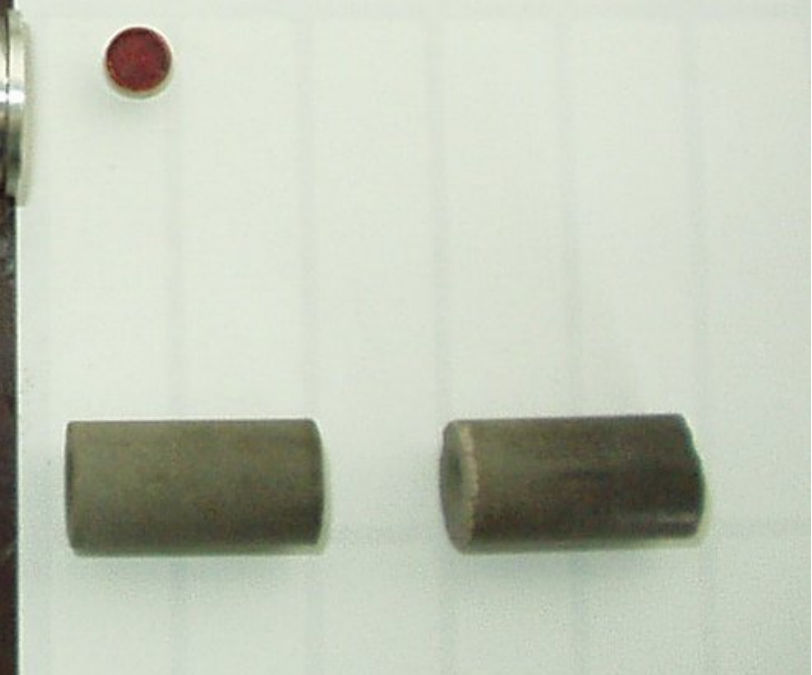


# MATERIAL DE SIEMBRA (102 Cartuchos Ejectables)





# ENSAMBLE DE CARTUCHOS



# RADARES



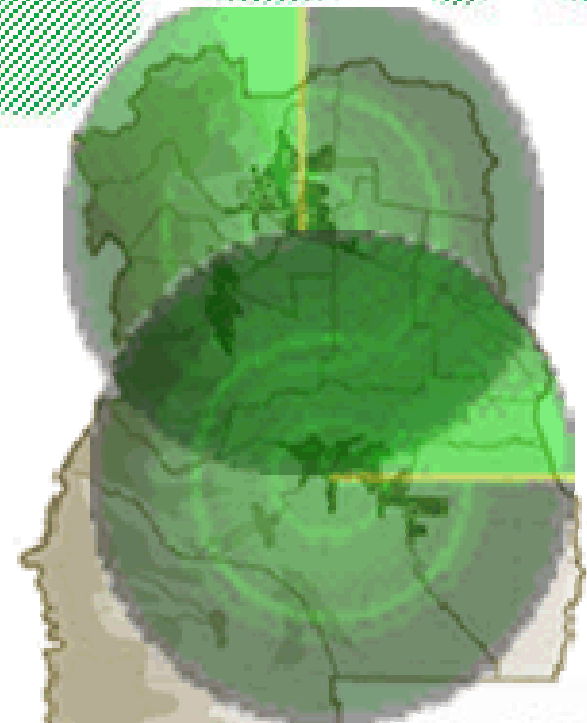


**San Martín**

## 2 Radares Meteorológicos fijos (Bandas S y X)



**La Llave,  
San Rafael**



**DACC**  
Dirección de Agricultura  
y Contingencias Climáticas

# 2 radares adicionales (también MRL-5 pero móviles) en Cruz Negra y Bowen

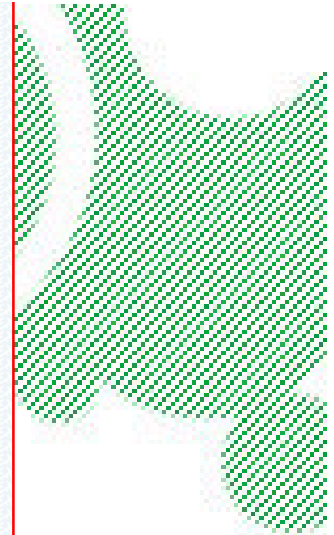
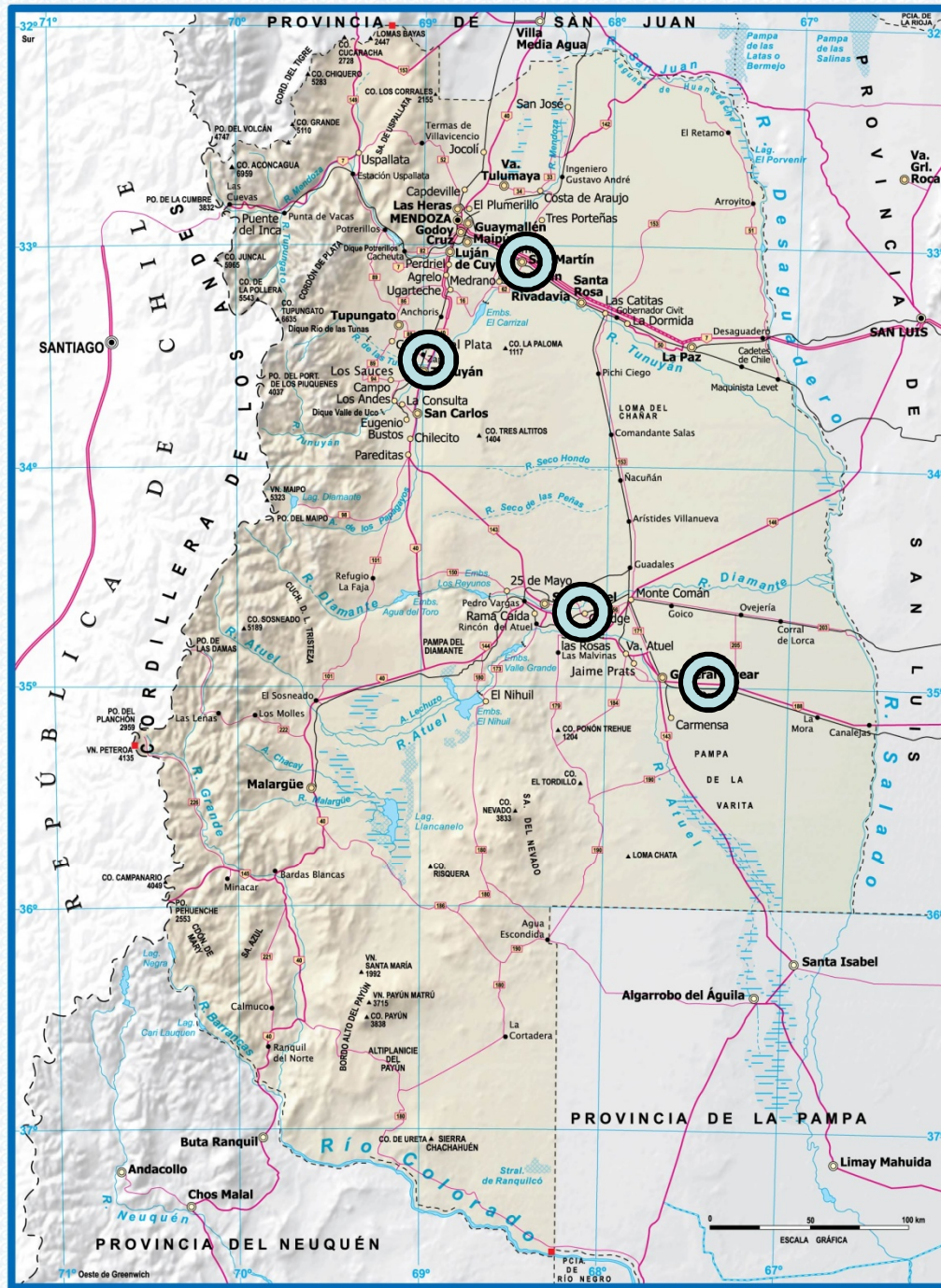


**Bowen**

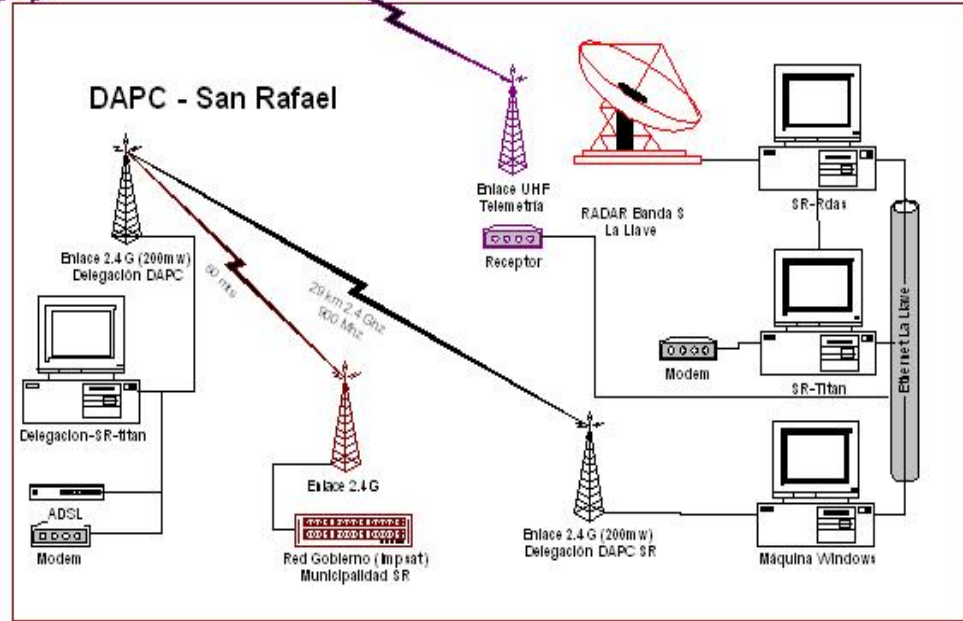
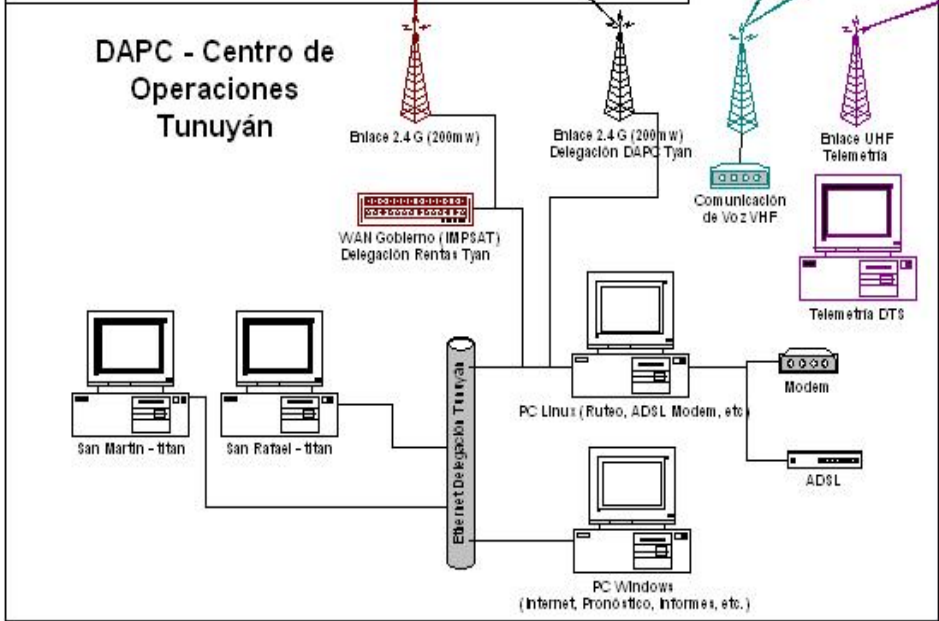
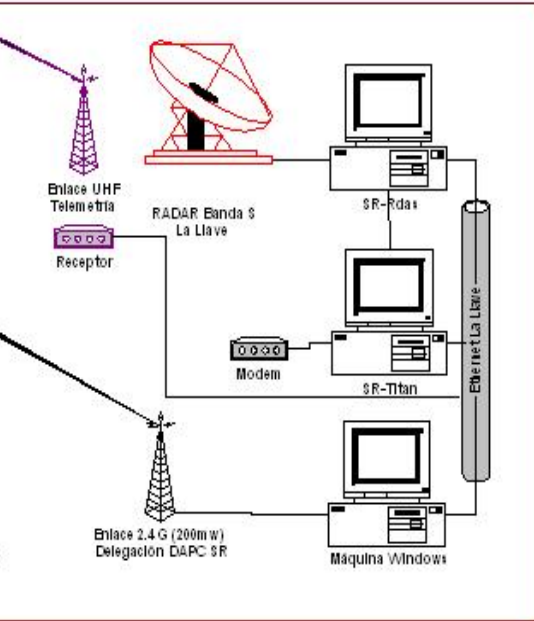
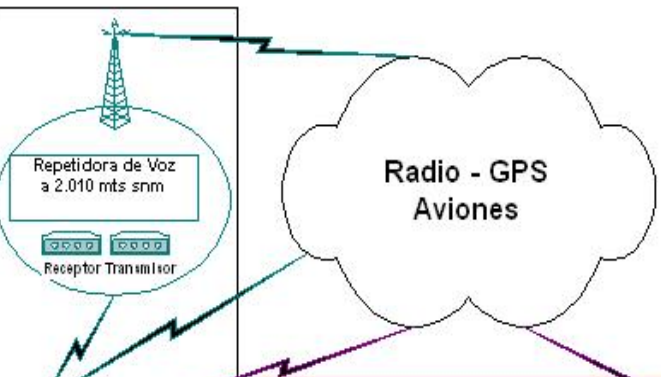
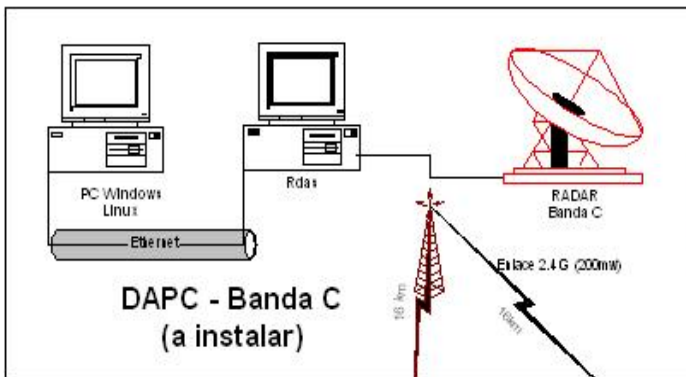
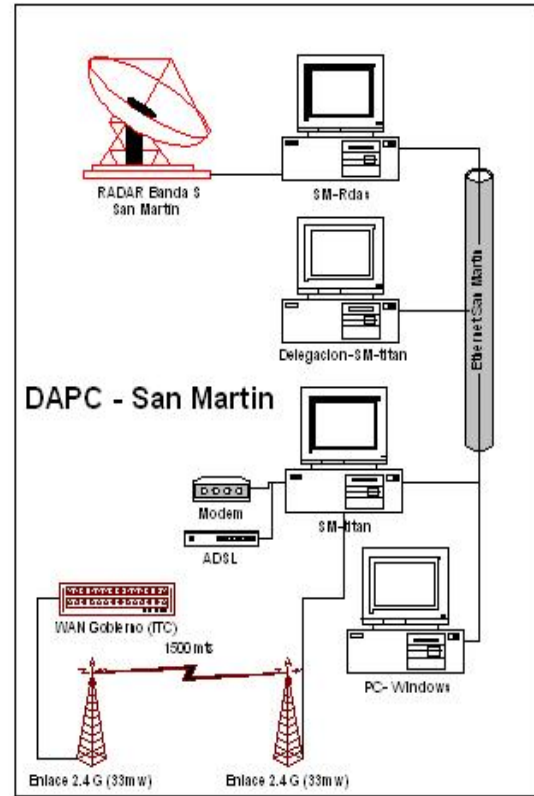
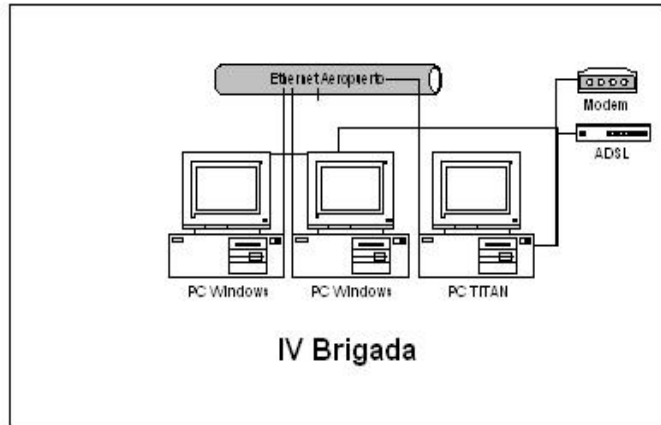
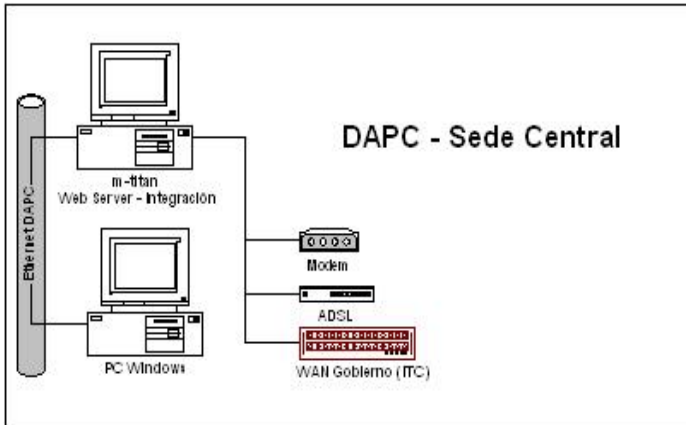
**Cruz Negra (Tunuyan)**



Provincia de  
**MENDOZA**  
Mapa  
Proyección Cartográfica de Gauss  
Copyright  
Instituto Geográfico Nacional



**DACC**  
de Agricultura  
las Climáticas



8/11/25 17:57:44 Composite

check data not available

Uspallata

Hora UTC  
hora local=Hora UTC-3 hs

generadores de loduro  
plata ubicados en  
precordillera

Ecos de Radar  
de montaña

OASIS CULTIVADO  
NORTE-ESTE

Radial 190

Nueva California

Mendoza

Avión sembrando a  
una nube

Lujan

11472 San Martin

Las Catitas

OASIS CULTIVADO CENTRO  
(VALLE DE UCO)

La Paz

Altitud de vuelo medida  
en "Pie" (f)

Turkeyan

12463  
Avión dirigiéndose  
a una nube

Nacunan

Avión sembrando  
a una nube

San Rafael

Monte Coman

OASIS CULTIVADO  
SUR

El Juncalito

El Nihuil

Meridiano 069 o

Paralelo 035 s

Bowen

### Interpretación de la reflectividad del Radar

Reflectividad  $\geq 57$  dbz  
indica Granizo en Preci-  
pitación

Reflectividad  $\geq 45$  dbz  
indica Precipitación de  
lluvia y formación de  
embriones de granizo  
en la nube

Reflectividad entre  
30 a 40 dbz indica llu-  
vias débiles a modera-  
das

Reflectividad  $< 20$  dbz  
indica formación de nu-  
bes o lloviznas

### Escala de dbz

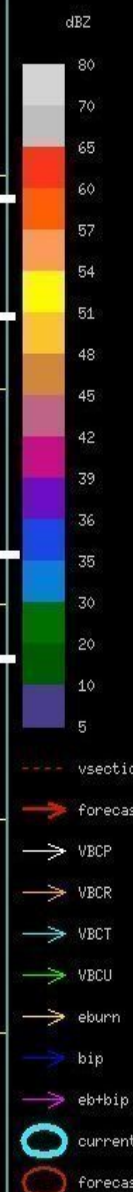


Imagen de  
Radar con  
programa  
TITAN



## En el Centro de Operaciones:

- Elaboración del pronóstico de granizo.
- Actividades de siembra de nubes aplicando la metodología preestablecida ("*Manual de Fundamentos Científicos y Procedimientos de Siembra para Lucha Antigranizo*").
- Encendido y apagado de los Generadores de Superficie.
- Elaboración del Informe de Prensa después de cada tormenta.
- Organización de las recorridas a campo en la Red de Granizómetros y Red de Pluviómetros para la recolección de Placas, Muestras de Agua y Muestras de tierra para análisis.
- Organización de recorrida a campo para la tasación preliminar de daños en cultivos.
- Estudio y análisis de las placas de granizómetros recolectadas, confección de los mapas de daños en cultivos.
- Estudios estadísticos generales y específicos, teniendo como base la observación de tormentas por Radares Meteorológicos y software TITAN.

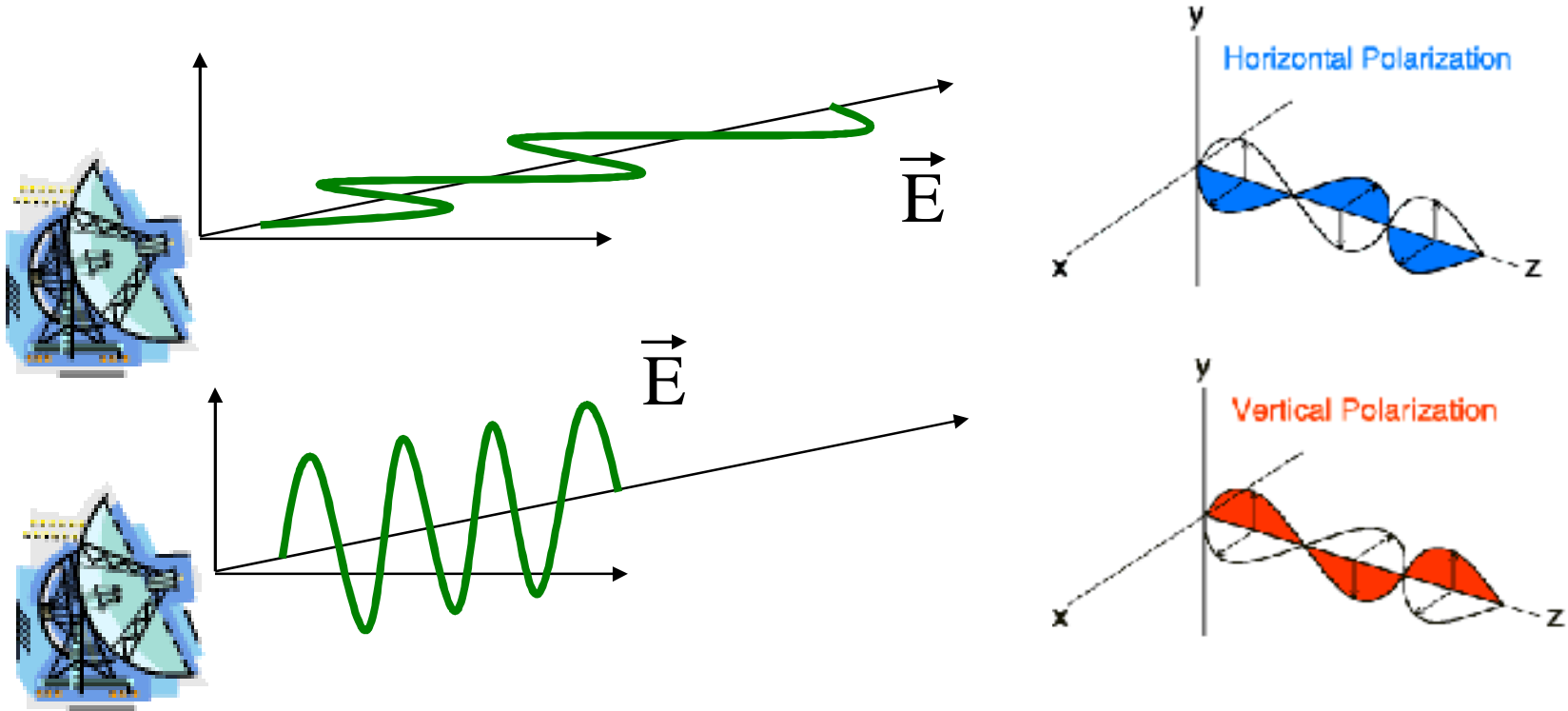
## Pronóstico y análisis de tormentas:

- Radares
- Radiosondeo
- Estaciones de Superficie,
- Modelo numérico WRF e
- Imágenes de Satélite.
- **Nowcasting**

- Se designa por el término Nowcasting todo pronóstico de tiempo de anticipación de 0-6 horas. Por definición incluye el diagnóstico de la situación presente.
- La importancia del Nowcasting reside en el hecho que estas previsiones son de alta precisión y de particular utilidad para la gestión de situaciones críticas tales como inundaciones urbanas, tormentas violentas, daños por granizadas, gestión de tráfico de aeropuertos, y todas las situaciones donde el estado del tiempo pueda ser crítico.
- Tres tipos de información que un radar provee:
- la **reflectividad**, que describe la distribución de la precipitación en las tres dimensiones espaciales así como en el tiempo. Es esta la información más importante. Permite pronosticar el movimiento de las tormentas y predecir de manera óptima su posición en el futuro. También da una buena medida de la severidad de las tormentas e indica si estas son portadoras de granizo y ofrece una idea del lugar dentro de la tormenta donde el granizo puede encontrarse y hacia donde esa región se dirige

- El segundo tipo de información que radares modernos (Doppler) proveen es la **velocidad del viento en la dirección de radar**. Con esta información se obtiene una serie de indicadores de severidad tales como la presencia de tormentas severas, su intensidad y movimiento. Reflectividad y velocidad Doppler son informaciones complementarias que hacen el diagnóstico y pronóstico más preciso y explícito.
- EL tercer tipo de informaciones de radar es dado por la **diversidad de polarización**. La gran ventaja de la diversidad de polarización es que permite identificar el tipo de precipitación que se está observando, en particular el granizo. Con esto la localización de la región de granizo es precisa y su seguimiento en el tiempo es posible.

# Doble polarización lineal



Estimación cuantitativa de la precipitación

Distribución del tamaño de las partículas e identificación de granizo

# GENERADORES AUTOMATICOS



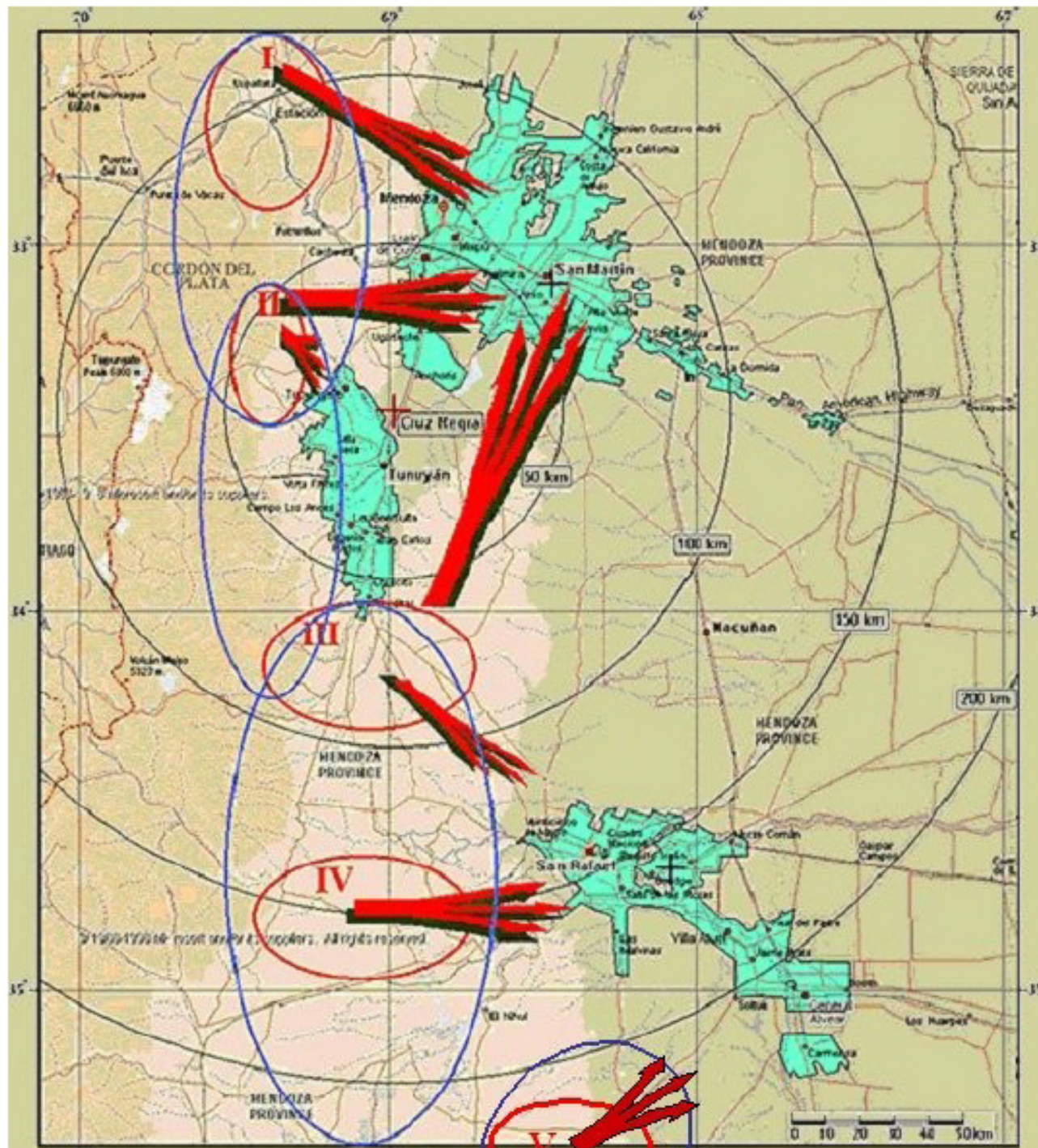
y Contingencias Climáticas

El Generador de Superficie de Agl es un dispositivo instalado a nivel de suelo, diseñado con el propósito de emitir a la atmósfera núcleos de congelación en la zona de formación y génesis de tormentas

Valle de Uco y Oeste de Luján (seguridad aérea)



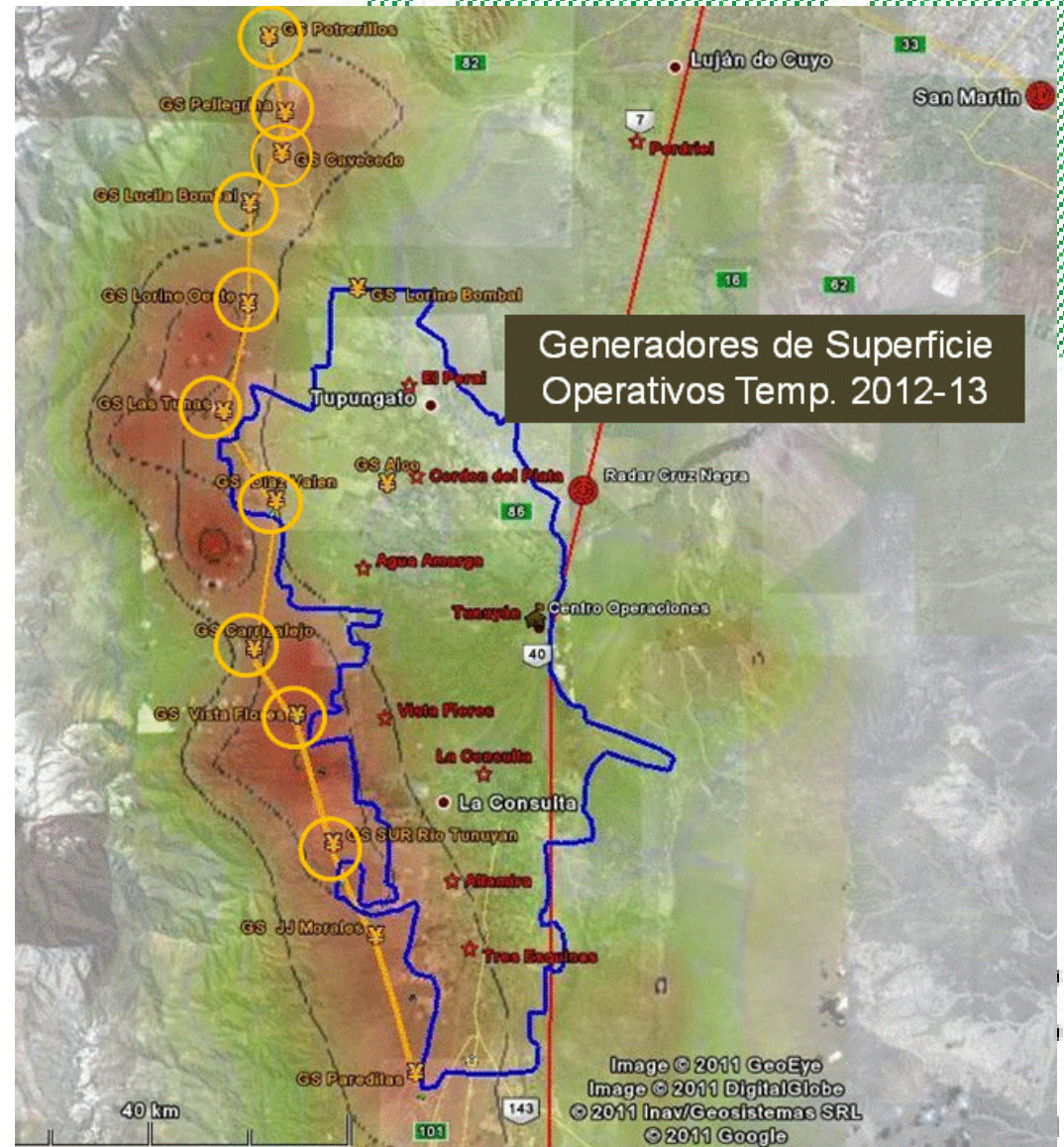
Dirección de Agricultura  
y Contingencias Climáticas



DACC

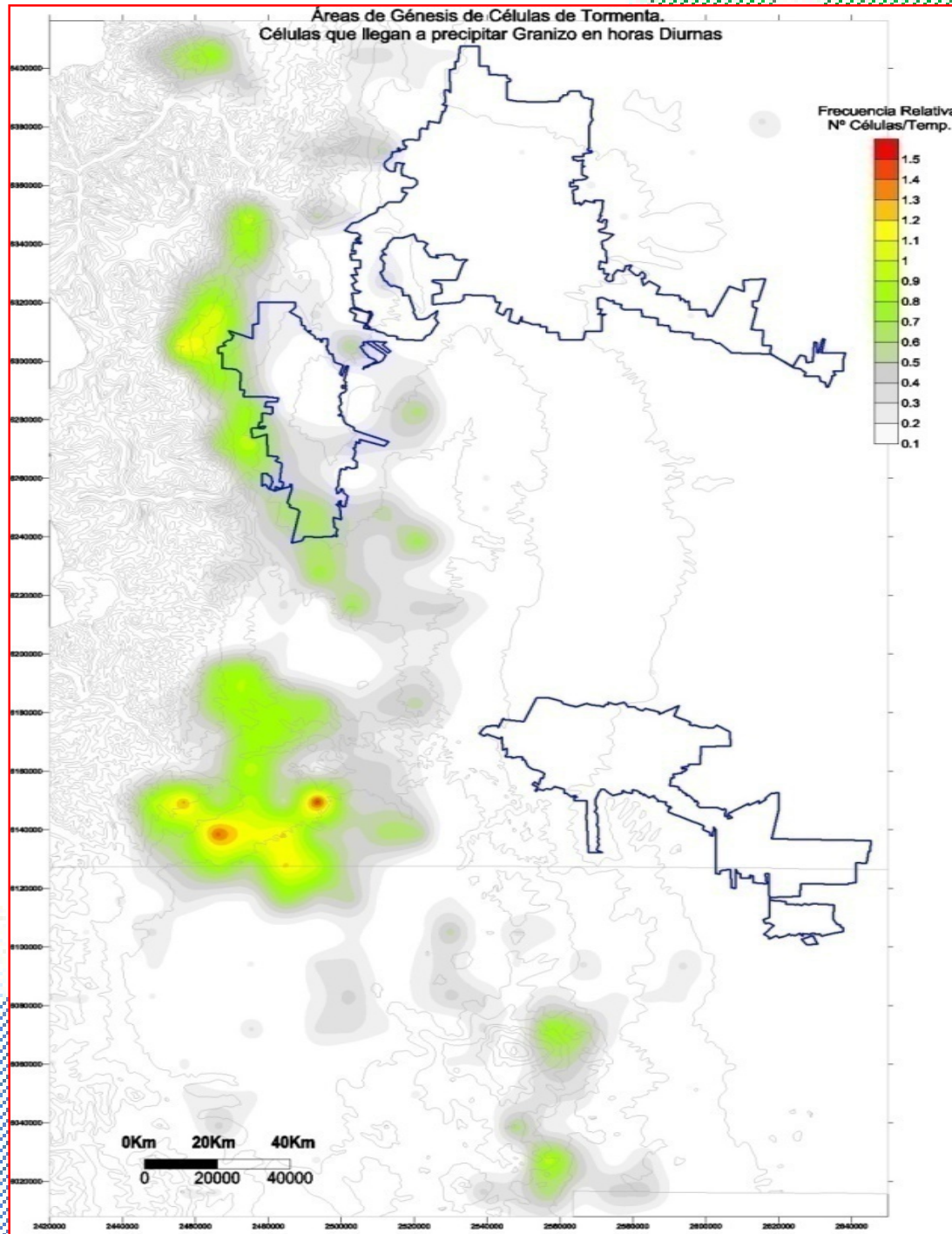
Agricultura  
Climáticas

- **15 Generadores**
- distribuidos en los departamentos de San Carlos, Tunuyán, Tupungato, y Luján de Cuyo



y Contingencias Climáticas

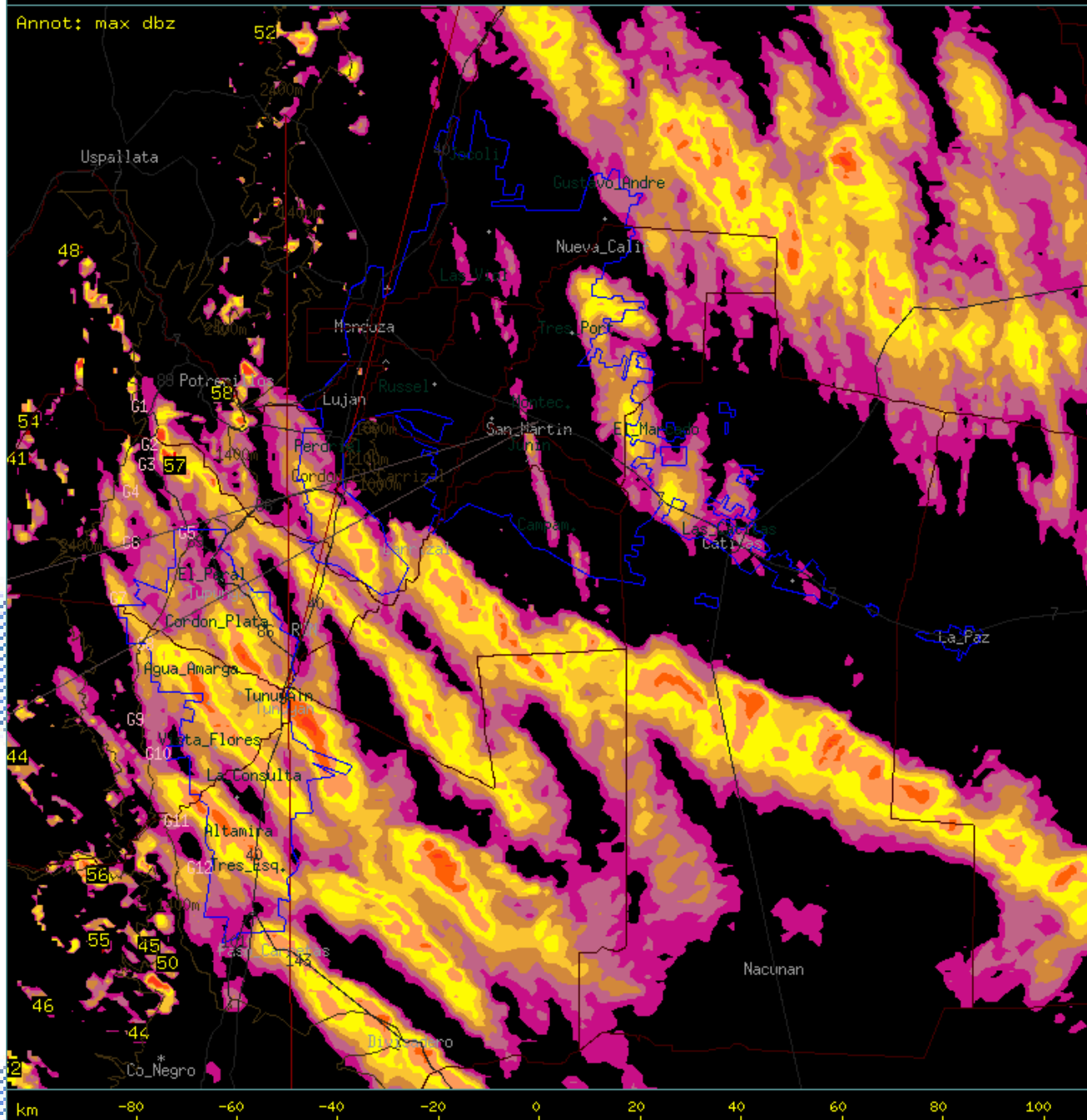
Áreas de Génesis de Células de Tormenta.  
Células que llegan a precipitar Granizo en horas Diurnas



Maxdbz\_24hr

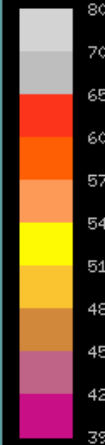
2012/10/15 08:04:22 Composite Tracks to 2012/10/15 08:04:22 Tz 35 Forecast 0.3(hr)

Annot: max dbz



km

dBZ



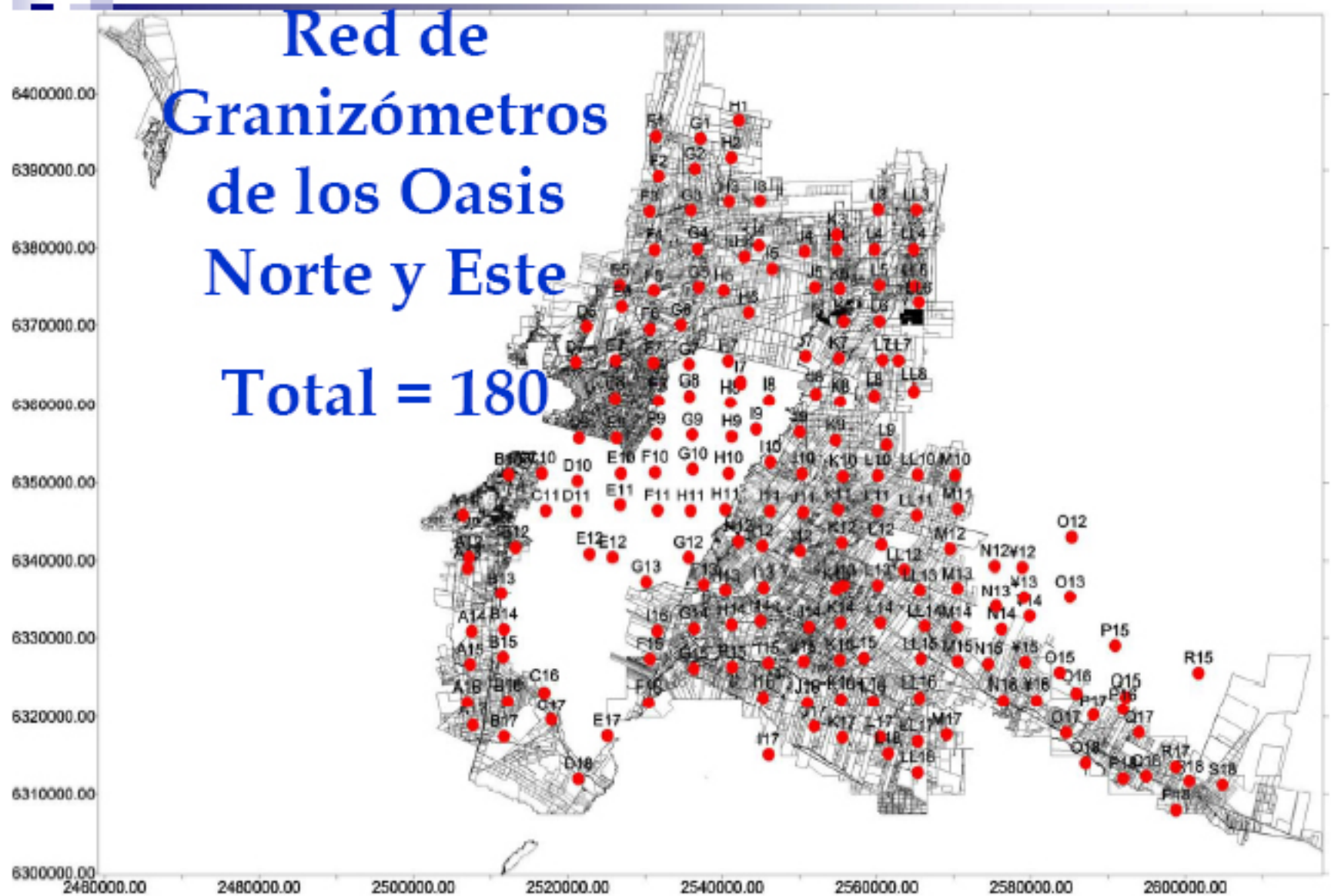
- vsection
- forecast
- VBCP
- VBCR
- VBCT
- VBCU
- 25AS
- eburn
- bip
- eb+bip

CC  
cultura  
máticas

- En los Oasis cultivados de la provincia están distribuidos **alrededor de 400 granizómetros**, dispuesta en una cuadrícula de 5 Km x 5 Km aproximadamente. Además se mantuvo una Red Testigo de 12 Granizómetros en la Zona de Ñacuñán, al sur de Santa Rosa.
- Finalidad, para determinar la eficiencia del Sistema de Lucha Antigranizo:
- correlacionar Energía Cinética por m<sup>2</sup>, con los daños en cultivos
- corroborar la manga de probabilidad de granizo
- correlacionar cada una de las variables medidas con los granizómetros con las variables medidas con los radares

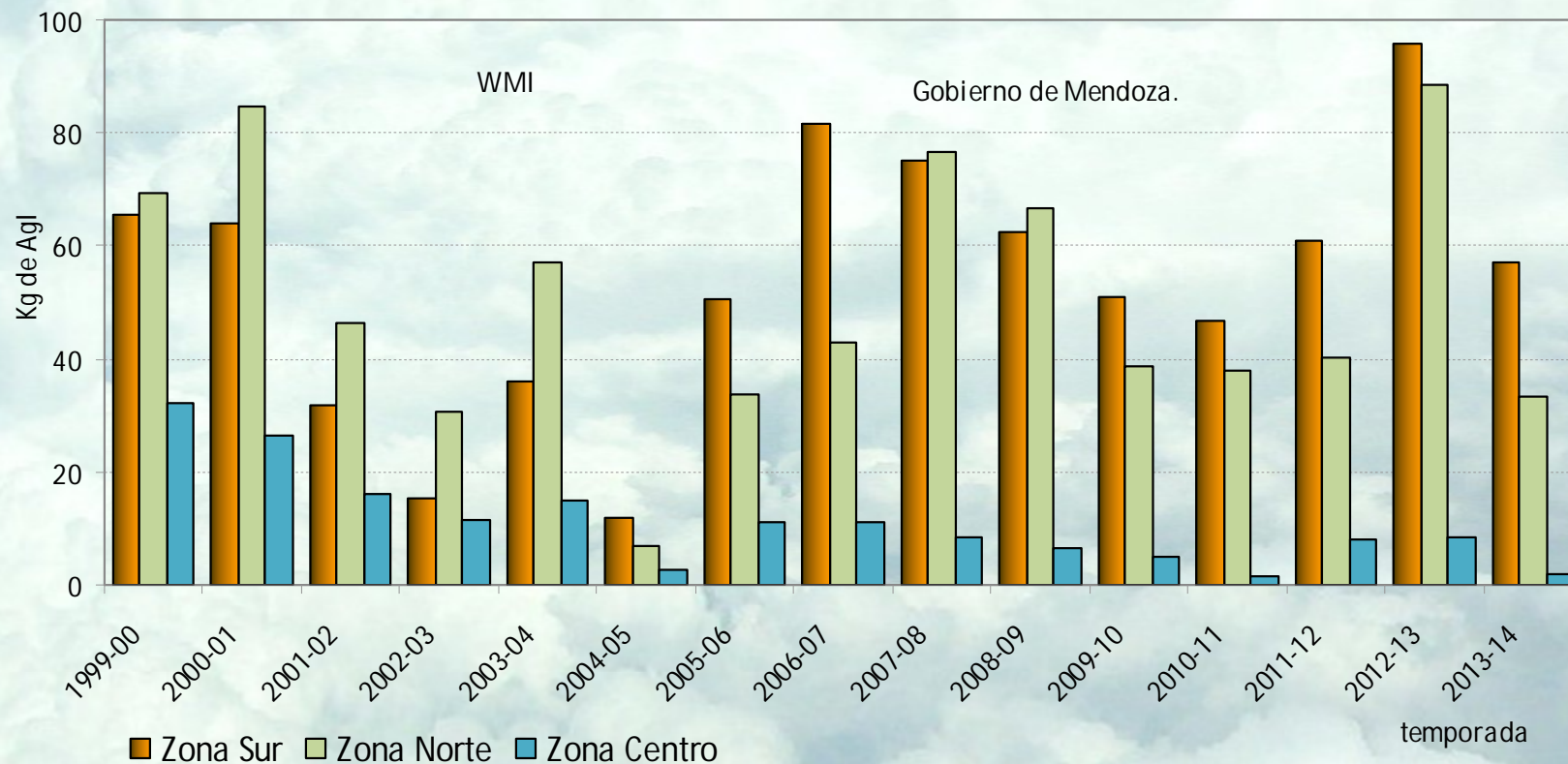


# Red de Granizómetros de los Oasis Norte y Este Total = 180



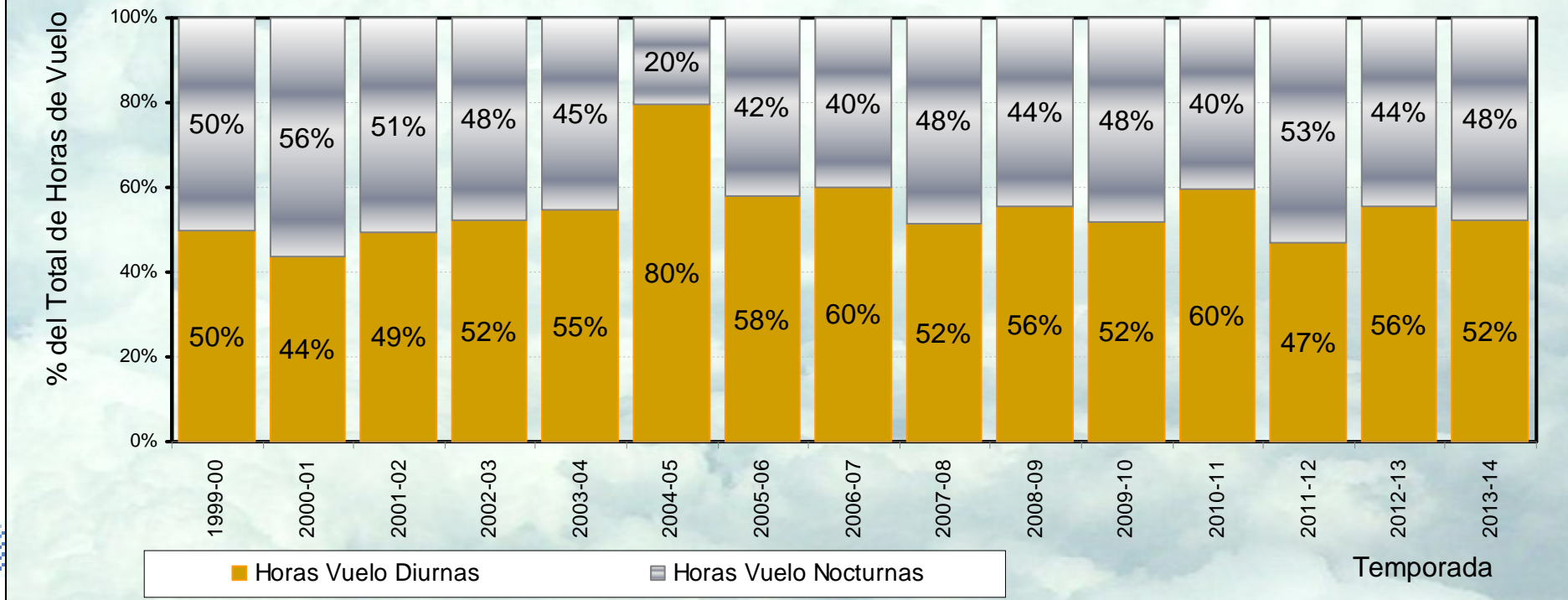
- Se mantuvieron operativos 28 pluviómetros en toda la provincia.
- **muestras de agua de lluvia** precipitada desde células de tormenta sembradas con AgI.
- **muestras de tierra** tomadas junto a cada pluviómetro.
- Resultados de las Temporadas 2004/05, 2005/06, 2006/07, 2007/08, 2008/09, 2009/10, 2010/11 y 2011/12: en todas las muestras se midieron **valores menores a: 1,0 µg de Ag/litro en agua y 0,2 µg de Ag/gr de muestra seca en tierra**
- **Son VALORES OBTENIDOS DE PLATA mucho menores AL MÍNIMO CONSIDERADO CRÍTICO POR EL STANDARD INTERNACIONAL ( 50 µg de Ag/litro en agua)''**.

## Kilogramos de Ioduro de Plata utilizados por Oasis (Kg de Agl) Temporadas de Lucha Antigranizo con Aviones 1999/2000 a 2013/2014

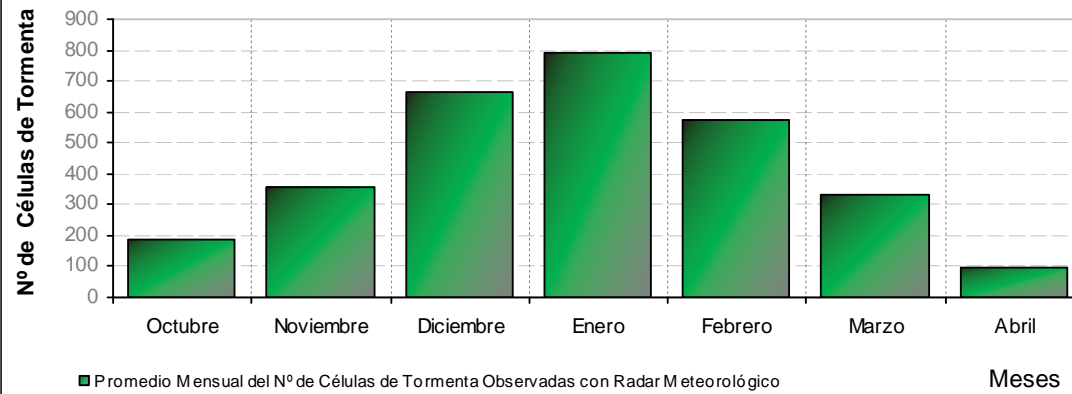


## Horas de Vuelo Diurnas y Nocturnas

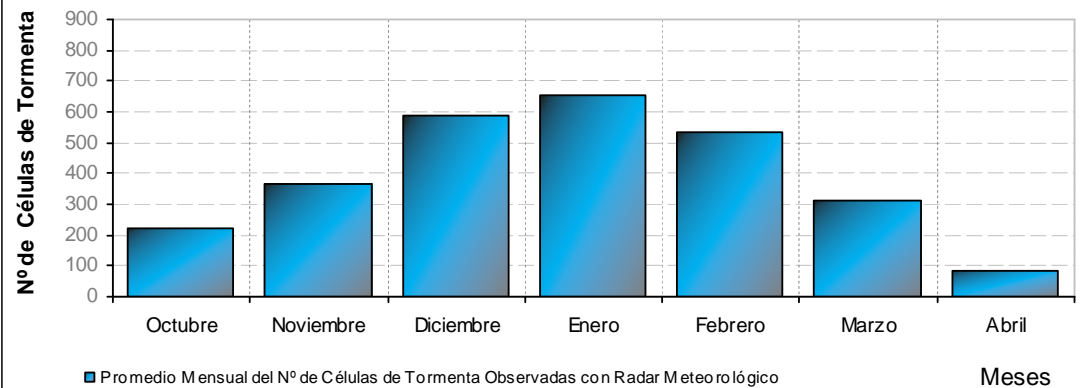
Temporadas de Lucha Antigranizo 1999-2000 a 2013-2014



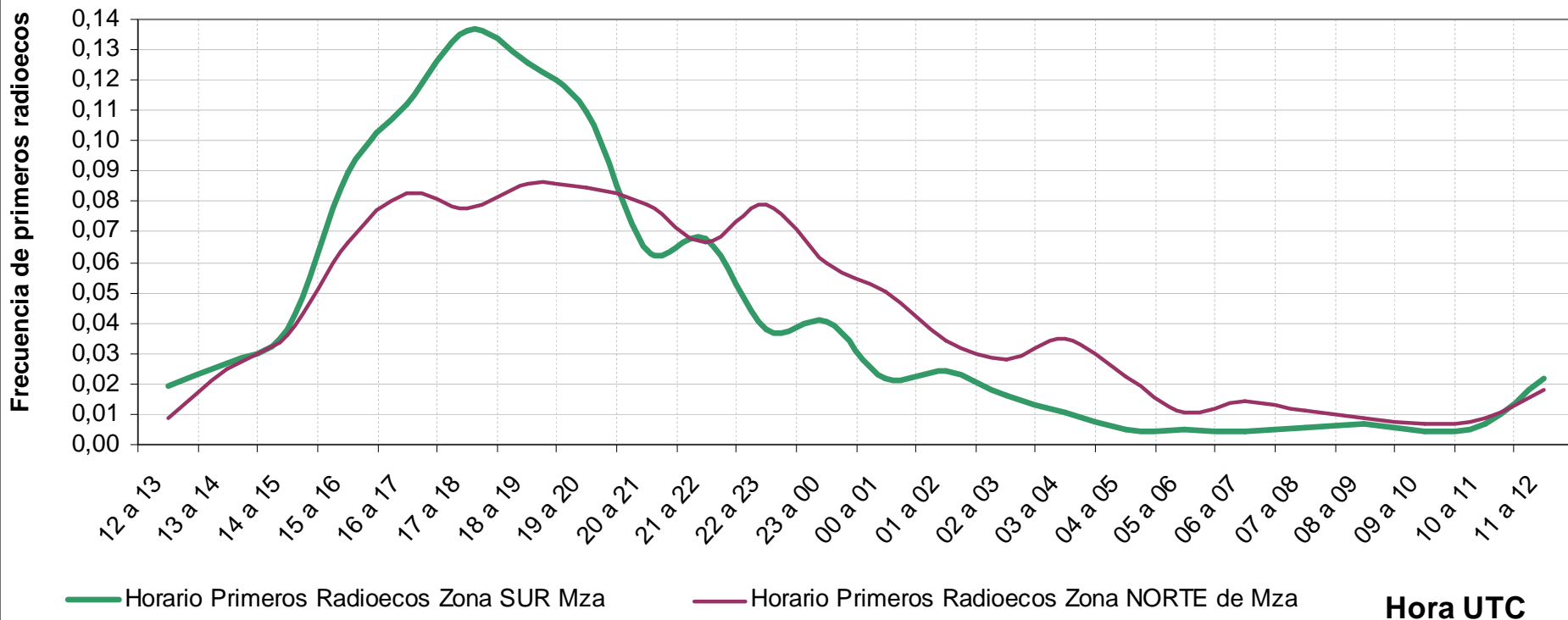
**Promedio Mensual del Número de Células de Tormenta Observadas con Radar Meteorológico en el NORTE de Mendoza.**  
Período 2004-2014



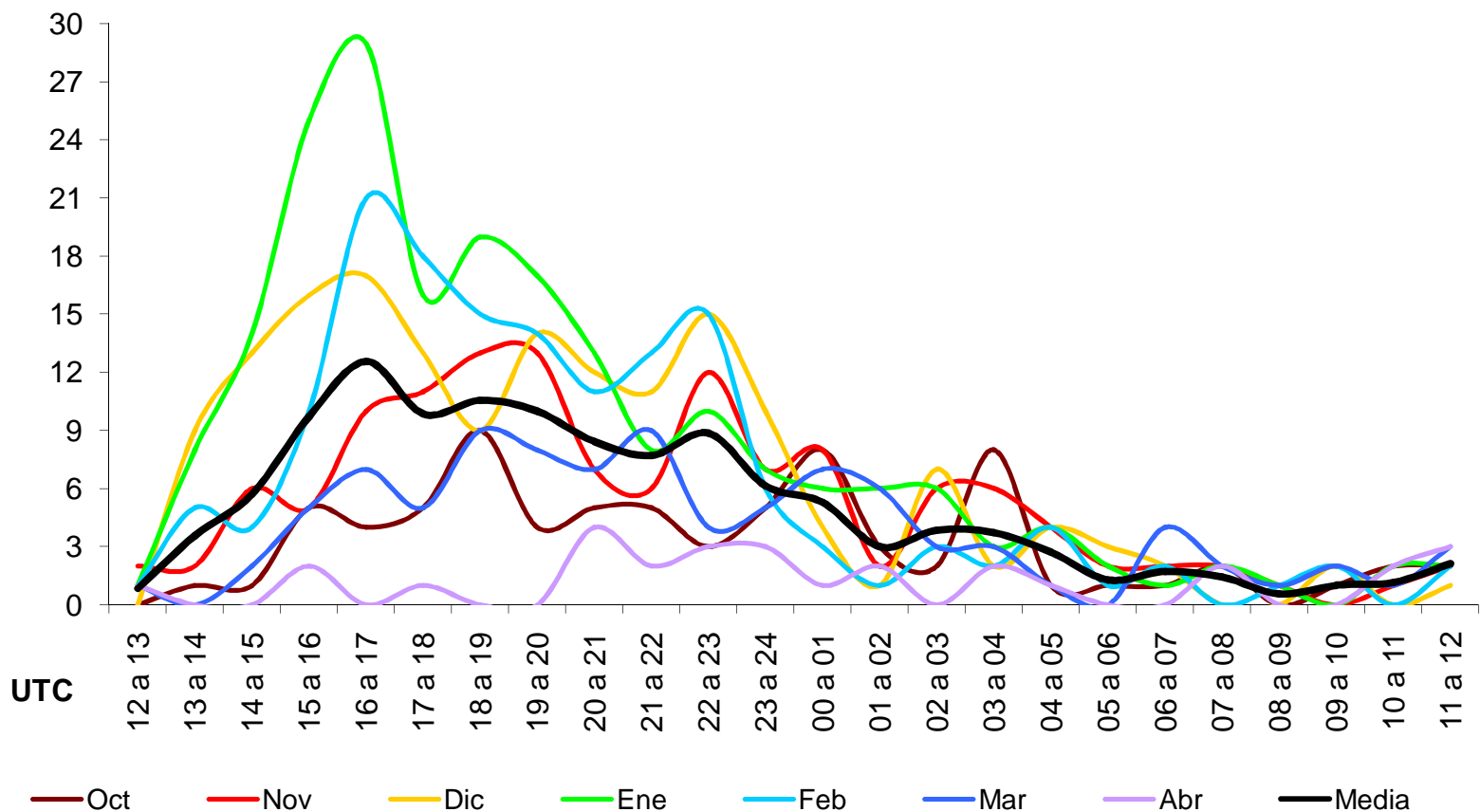
**Promedio Mensual del Número de Células de Tormenta Observadas con Radar Meteorológico en el SUR de Mendoza.**  
Período 2004-2014



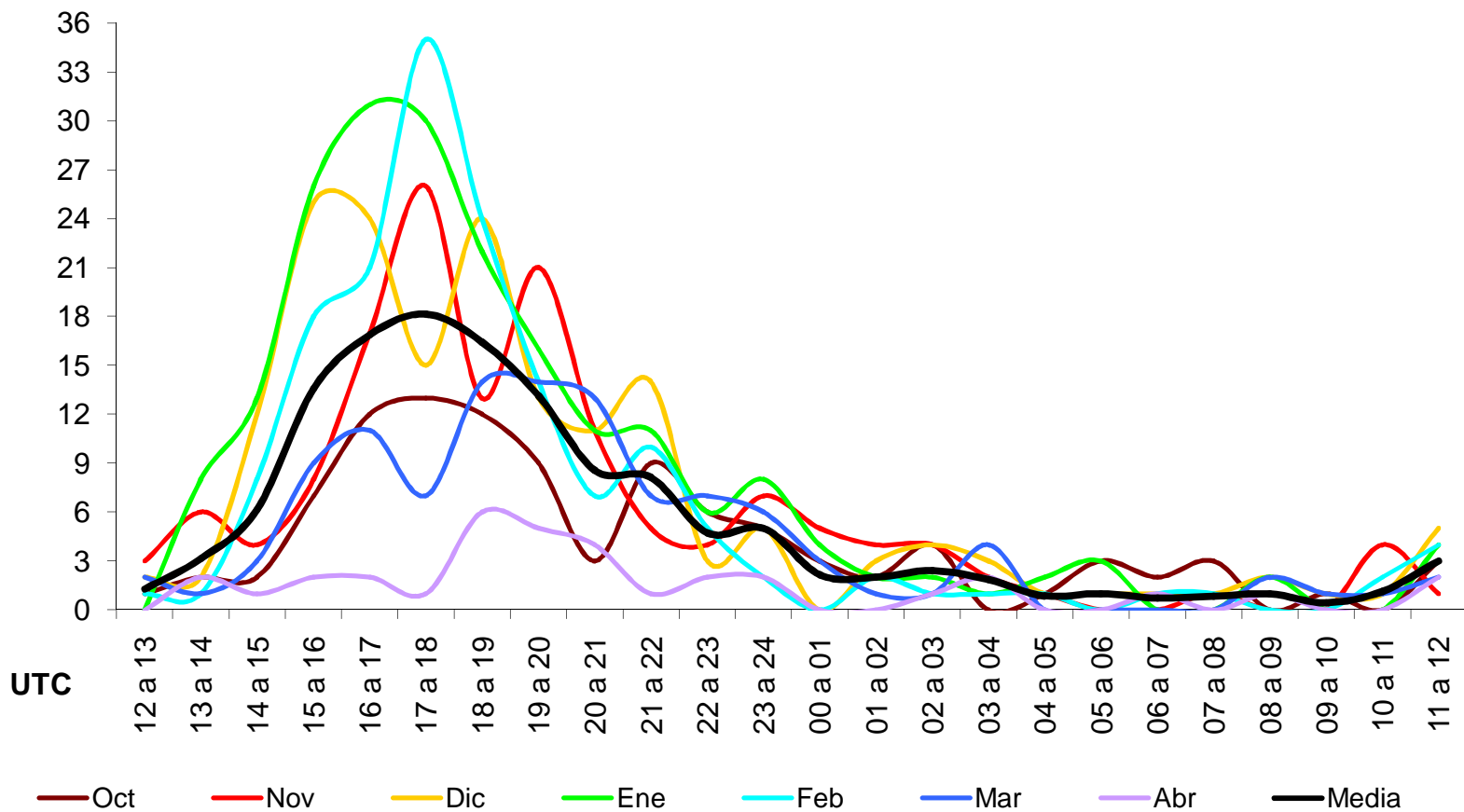
### HORARIO de DISTRIBUCIÓN de PRIMEROS RADIOECOS - SUR y NORTE de MENDOZA

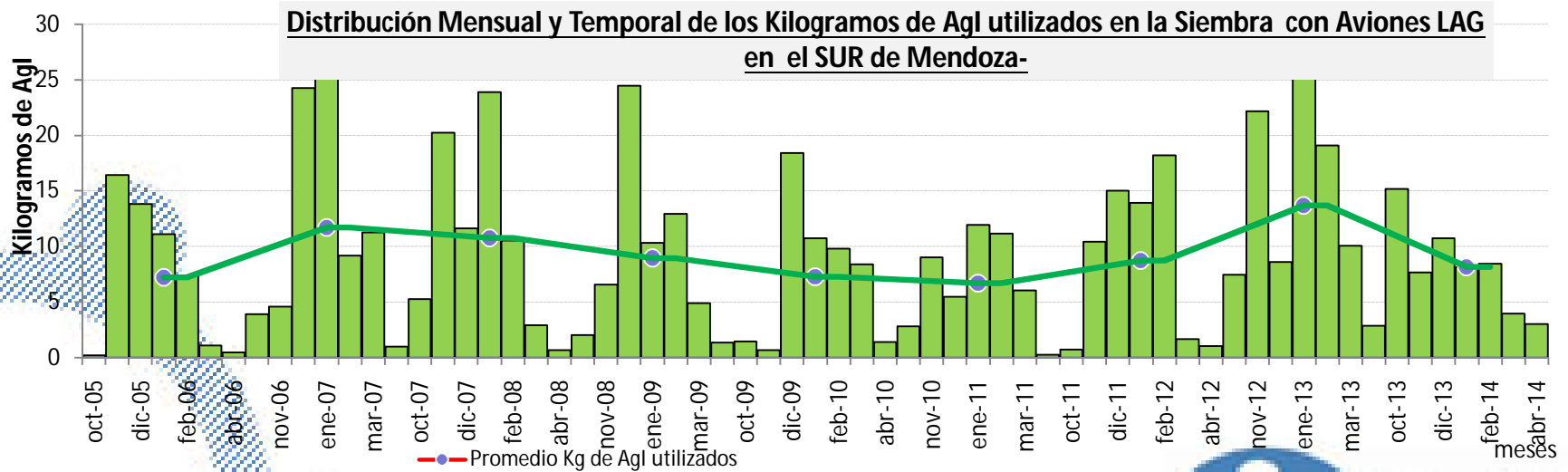
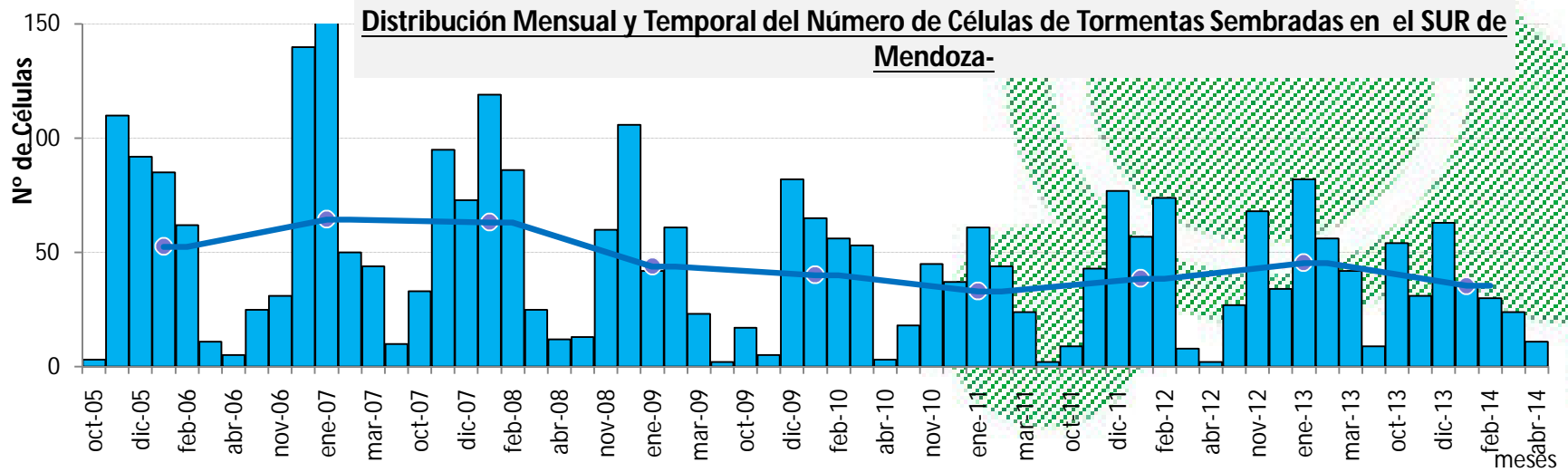


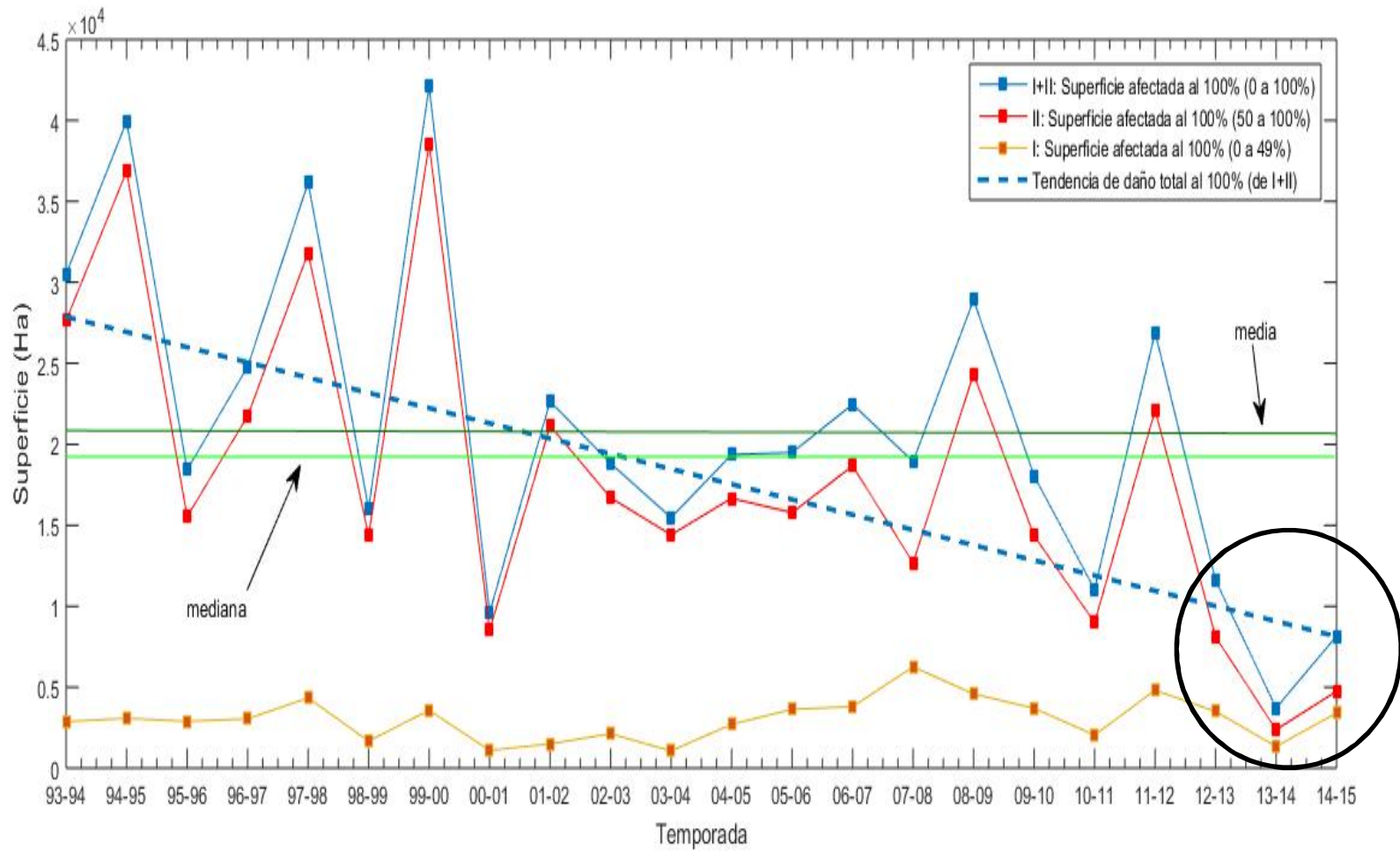
**Distribución Mensual de Aparición de PRIMEROS RADIOECOS - NORTE de MENDOZA**  
**Período de Estudio 2004-2014**



**Distribución Mensual de Aparición de PRIMEROS RADIOECOS - SUR de MENDOZA**  
**Período de Estudio 2004-2014**







# COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR DE LA DACC

Entre sus funciones: entender, asesorar y producir recomendaciones en relación específica a los temas de investigación y operativos afines al programa provincial

- Ing. Marcos Scipioni (Director de la DACC)
- Ing. Martín Cavagnaro (DACC)
- Lic. Carlos Andrés Odiard (DACC)
- Lic. Carlos Bustos (DACC)
- Dr. Rubén Santos (Instituto de Ciencias Básicas (ICB) - UNCuyo)
- Cte. Gerardo Gómez (DACC)
- Téc. Hugo Videla (DACC)
- Téc. Marcelo Peña (DACC)
- Dr. Federico Norte (Programa Regional de Meteorología - IANIGLA - CONICET CCT Mendoza)
- Dra. Silvia Simonelli (Servicio Meteorológico Nacional y Programa Regional de Meteorología - IANIGLA - CONICET CCT Mendoza)
- Dr. Diego Araneo (Programa Regional de Meteorología - IANIGLA - CONICET CCT Mendoza)
- Ing. Eduardo Martín (Ministerio Agroindustria y Tecnología)
- Ing. Horacio Pessano (DACC)
- Dr. Enrique Puliafito (Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales - FRM – Universidad Tecnológica Nacional)
- Dr. Pablo Cremades (Grupo de Estudios Atmosféricos y Ambientales - FRM – Universidad Tecnológica Nacional)
- Dr. Alejandro de la Torre (Universidad Austral y CONICET) (Coordinador)



# Áreas de trabajo del CC:

- Red de radares meteorológicos
- Sistemas de pronóstico y alerta temprana de tormentas de granizo
- Red de generadores de superficie y de supersebradores de yoduro de plata
- Líneas de investigación afines
- Asistencia a congresos y reuniones científicas y generación de publicaciones en revistas especializadas
- .....

## 7th European Conference on Severe Storms, ECSS, junio de 2013, Helsinki, Finlandia

1. Forecasting severe storms for Mendoza, Argentina. J.R. Santos, F. Norte, B. Nagarajan, D. Araneo, S. Simonelli, C. Bustos
2. Estimating the probability of convection events from statistical analysis of temperature and humidity vertical profiles, shear and helicity. Araneo D., S. Simonelli, F. Norte y J. Santos
3. Effects of hail damage mitigation on grapevines crop in Mendoza, Argentina, by atmospheric weather modification with cloud seeding. Cavagnaro, M.; Martín, E.; Araneo, D.; Insegna, L.; Carbonari, J.
4. A modelling study to evaluate the silver iodide dispersion from ground generators seeding flares. S. E. Puliafito, D. G. Allende, P. G. Cremades C. G. Mulena
5. Evaluation of Stability Indices for Thunderstorm Prediction in Mendoza – Argentina. C. Bustos, J. R. Santos, F. Norte, D. Araneo, S. Simonelli
6. Mountain waves forcing deep convection at the East of the highest Andes tops. R. Hierro, H. Pessano, P. Llamedo, A. de la Torre, A. Odiard, P. Alexander

## XXVII Congreso de la Asociación de Geofísicos y Geodestas, San Juan, 2014

1. El sistema de mitigación de granizo en la Provincia de Mendoza. Parte I: Descripción general de operaciones
2. El sistema de mitigación de granizo en la Provincia de Mendoza. Parte II: Génesis y desarrollo de tormentas
3. El sistema de mitigación de granizo en la Provincia de Mendoza: Parte III: Actividad convectiva observada durante la última década y resultados estadísticos

Araneo, D., Araujo, V., Bustos, C., Cavagnaro, M., Cremades, P., de la Torre, A., Guiretti, G., Insegna, L., Maron, G., Martin, E., Norte, F., Odiard, C.A., Peña, M., Pessano, H., Piedrafita, D., Puliafito, E., Santos, R., Scipioni, M., Simonelli, S. y Videla, H..

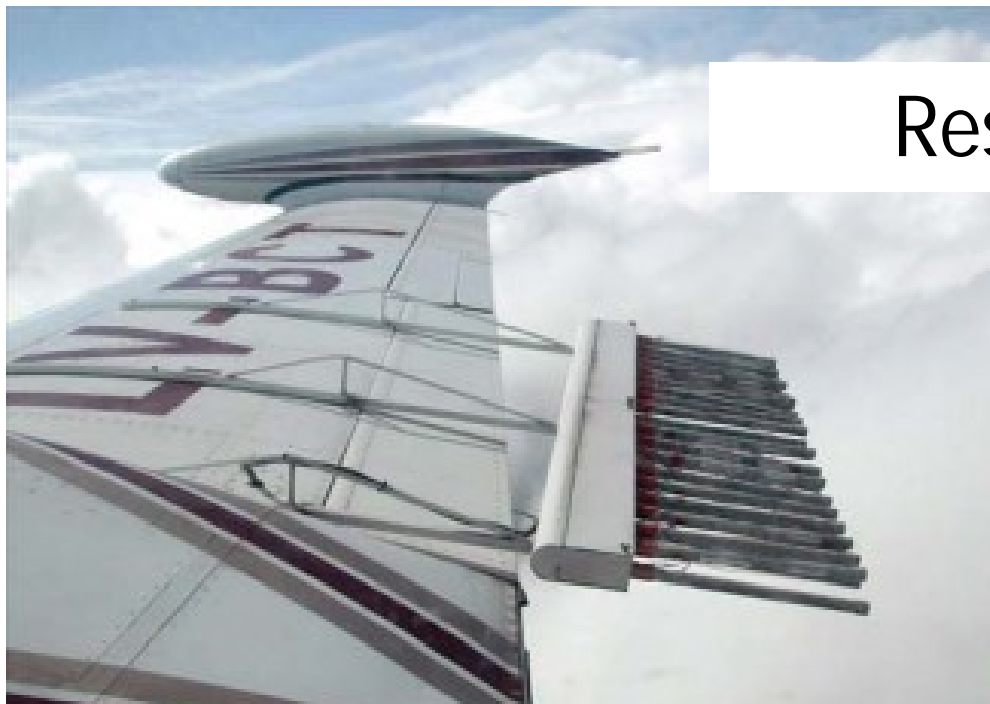
## 8th European Conference on Severe Storms, ECSS, sept 2015, Wiener Neustadt, Austria

1. Evolution of atmospheric humidity flux from the SIRGAS-CON Network during five consecutive severe storms near to the Andes Range. Calori, C. Brunini, J.R. Santos, R. Hierro, M. Blanco, P. Llamedo, H. Pessano, P. Alexander y A. de la Torre.
2. Topography and vertical velocity of air in relation to severe storms near the Southern Andes Mountains. A. de la Torre, H. Pessano, R. Hierro, R. Santos, P. Llamedo, P. Alexander.

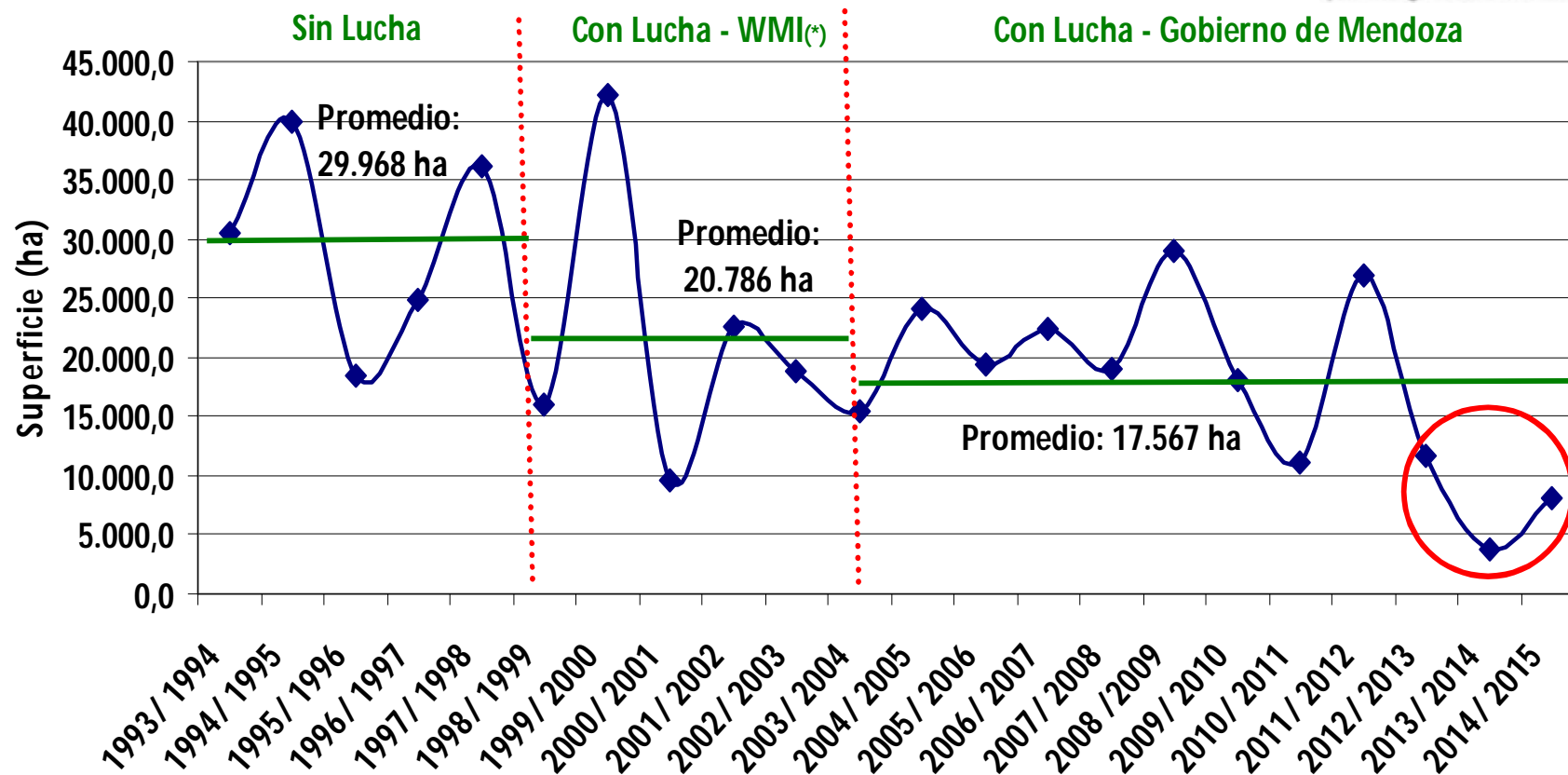
# ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

- Coordinar acciones con el Comité Científico Asesor de la DACC y con el Sr. Director Científico de la Lucha Antigranizo.
- Coordinar las propuestas de investigación que surjan dentro de la DACC y tiendan a mejorar su funcionamiento.
- Articular proyectos de investigación, convenios y programas con otras instituciones, municipios u organismos, tanto públicos como privados, que posean algún tipo de relación de trabajo en conjunto.

# Resultados - Estadísticas



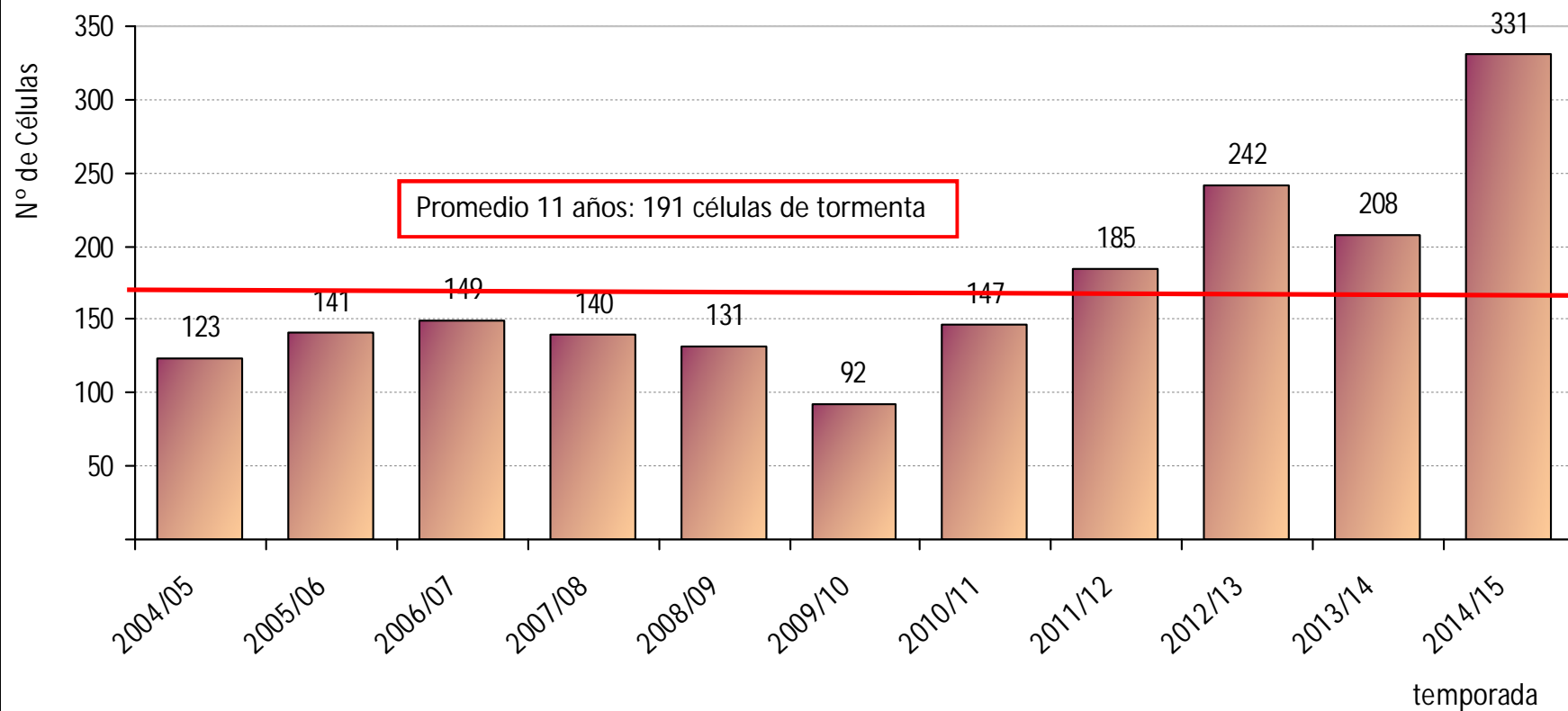
Evolución de superficie afectada por granizo (al 100%)  
Provincia de Mendoza



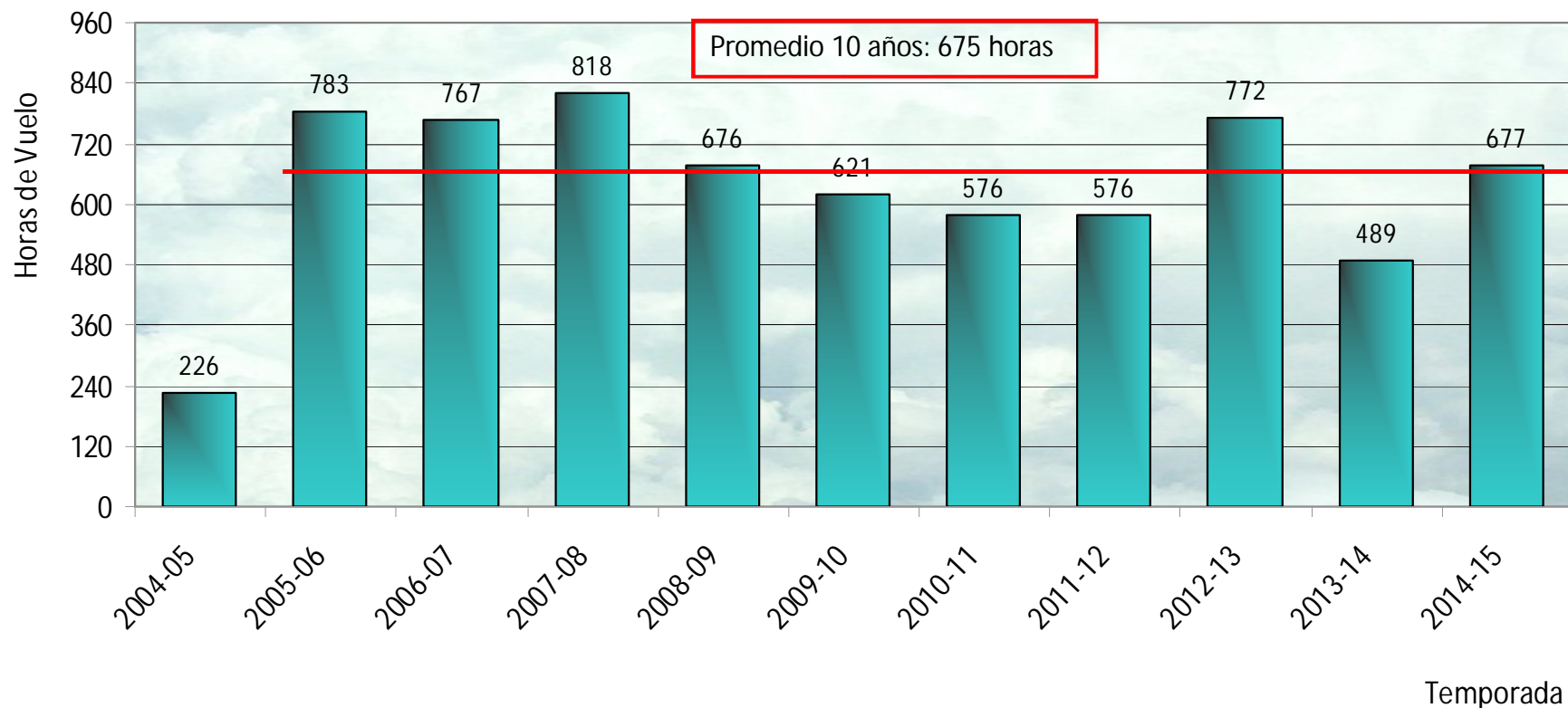
(\*) WMI: Weather Modification Inc. Empresa contratada por el Gov. de Mendoza para la Operación de la Lucha Antigranizo.

Temporada agrícola

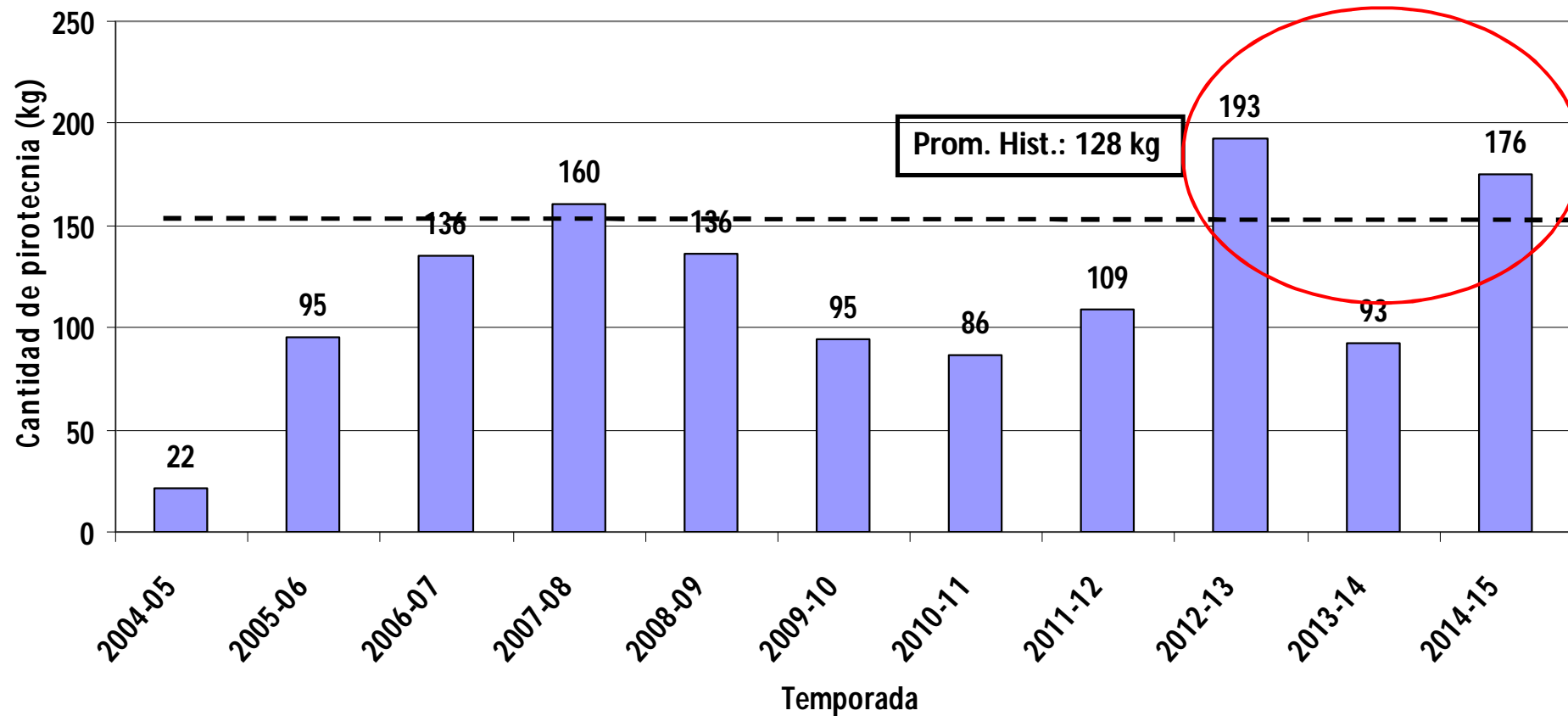
## Número de Células de Tormenta Severas en Áreas Cultivadas de Mendoza. Periodo 2004-2005 a 2014-2015.



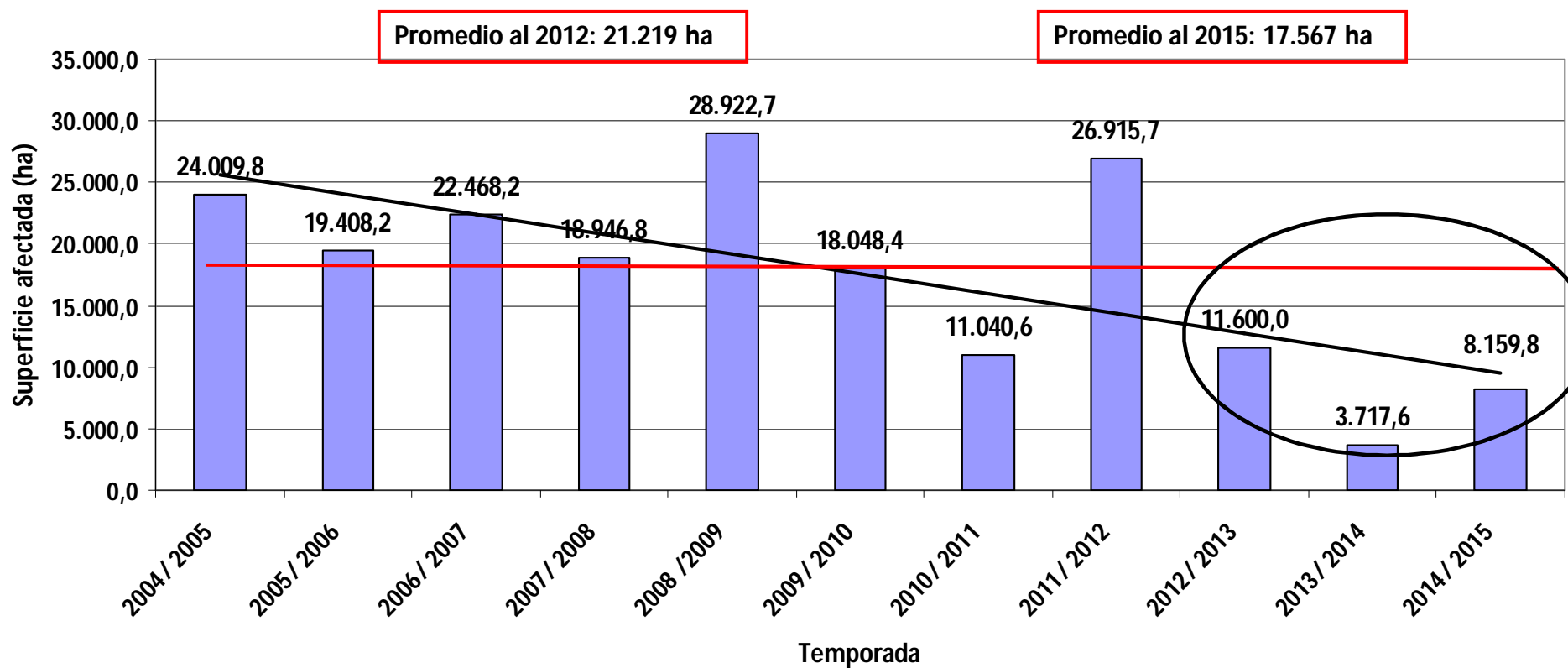
### Cantidad de Horas de Vuelo en Siembra y/o Patrulla- Temporadas de Lucha Antigranizo con Aviones 2004-2005 a 2014-2015.



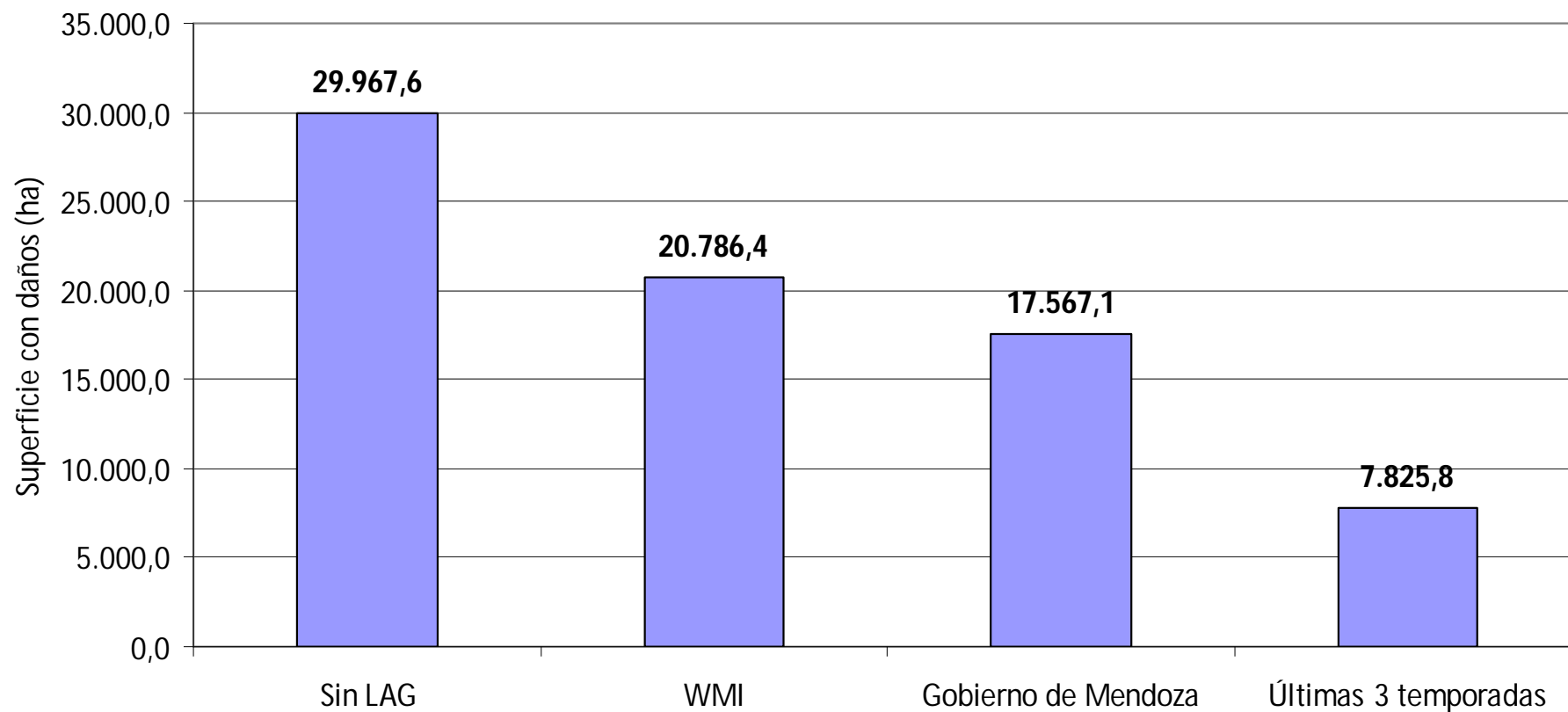
### Histórico Cantidad de Material de Siembra (bengalas + cartuchos) Total Provincia



## Evolución de superficie afectada con granizo (al 100%) en la Provincia de Mendoza Últimas 11 temporadas



### Comparativo promedios de Superficie con Daños por Granizo al 100%



## Análisis Económico – Ejemplo asociado al cultivo de vid con daños al 100%

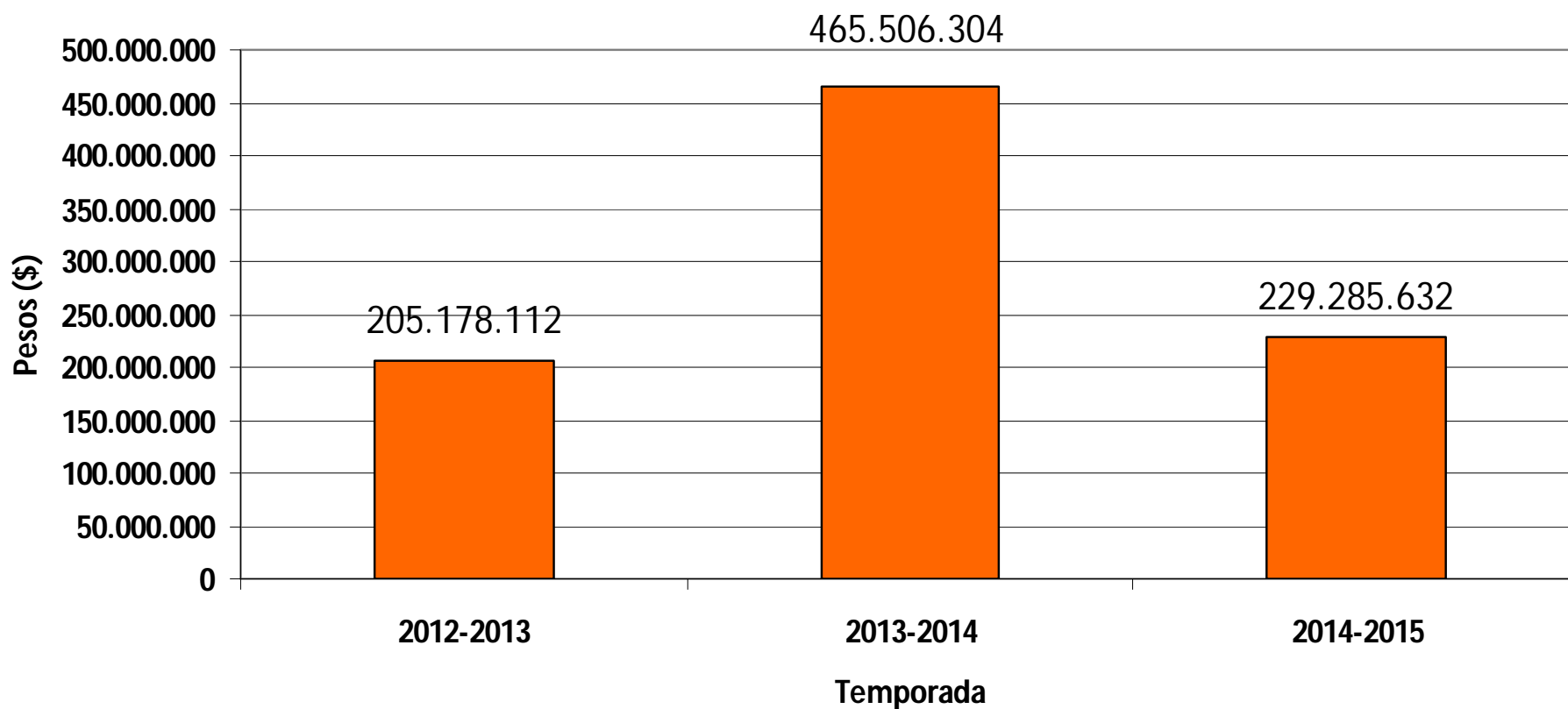
Superficie que deja de tener daño (ha)	Rendimiento promedio (qq/ha)	Precio promedio pagado al productor (\$/qq)	Dinero que deja de perderse (\$)
11.246	128	258	371.387.904

Fuentes: Fondo Solidario Agrícola, Bolsa de Comercio de Mendoza y Observatorio Vitivinícola Argentino

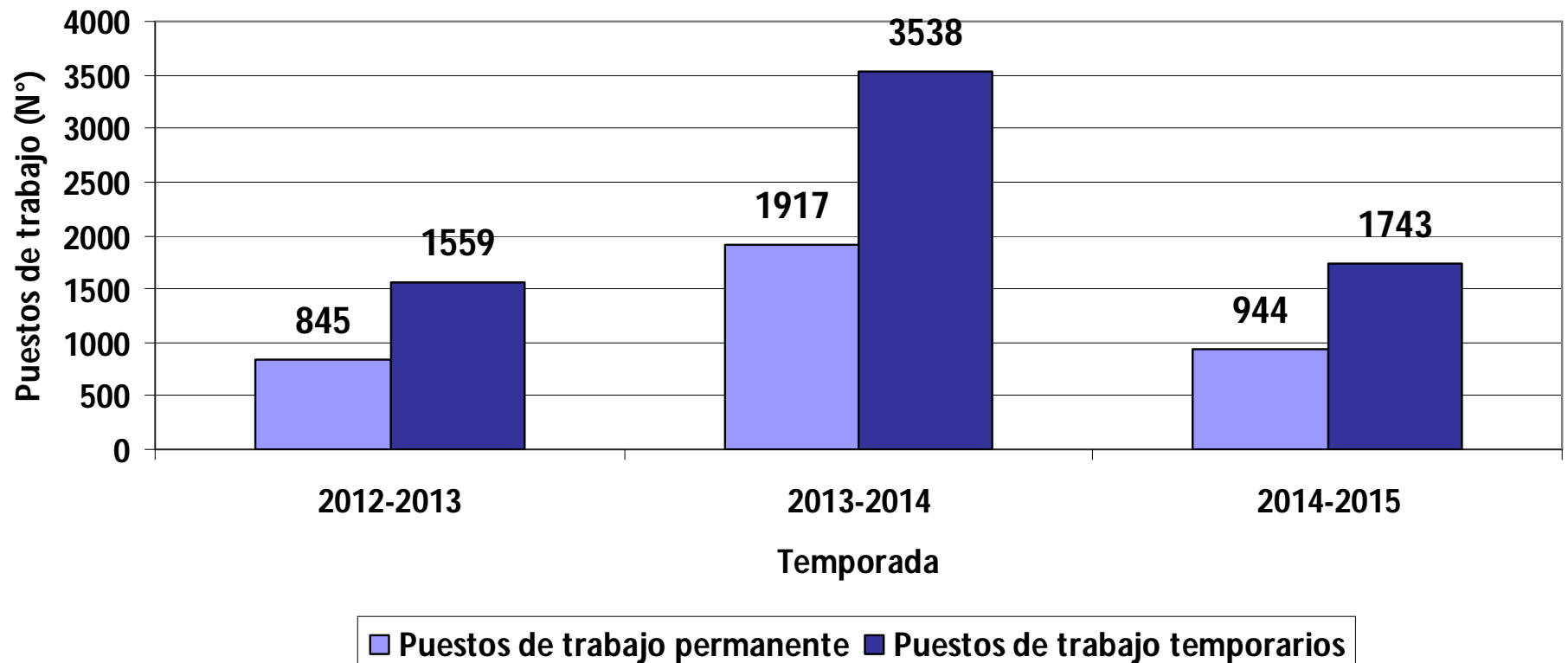
Costo Anual del Sistema	\$ 40.000.000
Superficie cultivada Mendoza	315.100 ha
Costo por hectárea cultivada	\$ 127

Superficie cultivada (ha)	Dinero que deja de perderse por hectárea (\$/ha)
317.012	1.172

## Dinero que deja de perderse en Mendoza por actuación de la Lucha Antigranizo (en valor producto) - Últimas temporadas



## Puestos de trabajo que no se pierden por acción de la Lucha Antigranizo Últimas Temporadas - Provincia de Mendoza



... y muchas gracias  
por vuestra atención!

