

**Tesis para la obtención del título de Doctor de la Universidad
de Buenos Aires, área Ciencias de la Atmósfera**

**PRECIPITACIONES DE
GRANIZO EN EL ALTO VALLE
DE RIO NEGRO Y NEUQUEN,
SU INFLUENCIA EN LA
FRUTICULTURA REGIONAL**

**Por
Jorge Luis Lassig**

**Directora
Dra. Alicia de Garín**

**Universidad de Buenos Aires
Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Océanos
Abril 2006**

INDICE

	Página
Indice	I
Indice de Figuras	III
Indice de Tablas	VI
Indice de Fotografías	VIII
Indice de Mapas	X
Resumen	XI
Summary.....	XIII
Capítulo 1: Introducción	1
Capítulo 2: Física de las Precipitaciones de Granizo	23
Capítulo 3: Red de Impactómetros del Alto Valle de Río Negro y Neuquén	41
Capítulo 4: Sensibilidad Física a Impactos de Granizo en Frutos de Manzanas	67
Capítulo 5: Evaluación de Pérdidas de Producción Debido a las Precipitaciones de Granizo	87
Capítulo 6: Conclusiones	100
Referencias	105
Anexo 1: Base de Datos Días Granizo en Países del Cono Sur	111
Anexo 2: Metodología del Control de Calidad de las Placas Impactométricas	117
Anexo 3: Base de Datos de la Red de Impactómetros	129
Anexo 4A: Base de Datos Granny Smith 1987-88	143
Anexo 4B: Base de Datos Granny Smith 1988-89	146
Anexo 4C: Base de Datos Red Delicious 1987-88	151

Anexo 4D: Base de Datos Red Delicius 1988-89	155
Anexo 5A: Evaluación de Daños Económicos Modelo 1	159
Anexo 5B: Evaluación de Daños Económicos Modelo 2	164
Anexo 5C: Evaluación de Daños Económicos Modelo 3	167

INDICE DE FIGURAS

Página

<i>Figura.1: Red de Impactómetros del Proyecto Grossversuch IV</i>	3
<i>Figura 2: Número de días-granizo en función del área de observación</i>	3
<i>Figura 3: Precipitación puntual de granizo en EE.UU</i>	4
<i>Figura 4: Zonas de granizo en Europa año 1968</i>	5
<i>Figura 5: Zonas de granizo en Europa año 1969</i>	5
<i>Figura 6: Zonas de granizo en Europa año 1970</i>	6
<i>Figura 7: Frecuencia anual media de granizo en un punto para Africa</i>	7
<i>Figura 8: Distribución de días/granizo (puntual) para el Sur de Brasil</i>	9
<i>Figura 9: Distribución de días/granizo (puntual) para Chile</i>	9
<i>Figura 10: Distribución de días/granizo (puntual) para Uruguay</i>	10
<i>Figura 11: Distribución de precipitaciones de granizo en Argentina</i>	11
<i>Figura 12: Distribución de días/granizo (puntual) para Argentina</i>	12
<i>Figura 13: Días promedio anual/granizo, su variación con el área de medición para Mendoza</i>	13
<i>Figura 14: Marcha mensual de precipitación sólida por provincia Argentina</i>	14
<i>Figura 15: Frecuencia horaria de caídas de granizo en la República Argentina</i>	15
<i>Figura 16: Imagen Satelital y Mapa de la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén</i>	16
<i>Figura 17: Típica situación sinóptica en superficie, cuando graniza en el Alto Valle</i>	18
<i>Figura 18: Porcentaje de ocurrencia de precipitaciones de granizo en el Alto Valle por mes</i>	19
<i>Figura 19: Impactómetro cúbico utilizado en Italia</i>	25
<i>Figura 20: Impronta de un granizo esférico cayendo verticalmente con viento</i>	26
<i>Figura 21: Coeficiente de Arrastre (Cd) de la esfera vs. Número de Reynold (Re)</i>	27
<i>Figura 22: Curvas de calibración de placas de Estisol, Aluminio y Roofmate</i>	30

<i>Figura 23: Diferencia de Energía Cinética entre 2 impactómetros ubicados uno junto al otro</i>	35
<i>Figura 24: Precipitación de granizo ocurrida el 16/6/79 en Napf, Suiza</i>	36
<i>Figura 25: Esquema de la distribución de granizos en una granizada</i>	37
<i>Figura 26: Precipitación de granizo del 26/1/88 ocurrida en Centenario, Neuquén</i>	38
<i>Figura 27: Distribución esquemática de la energía cinética puntual E_i en una tormenta</i>	39
<i>Figura 28: Imagen Satelital en falsos colores de la región del Alto Valle</i>	43
<i>Figura 29: Dibujo del porta placa con detalles para su fabricación</i>	44
<i>Figura 30: Precipitaciones de granizo en una década en el Alto Valle (Provincia de Neuquén)</i>	52
<i>Figura 31: Precipitaciones de granizo en una década en el Alto Valle (Provincia de Río Negro)</i>	53
<i>Figura 32: Distribución normal de frecuencia relativa del Log E_g, período 1987-1991</i>	56
<i>Figura 33: Porcentajes acumulados decrecientes de E_g</i>	57
<i>Figura 34: Distribución del logaritmo de la energía cinética puntual E_t</i>	58
<i>Figura 35: Acumulada de los valores de E_t para las cuatro temporadas de estudio</i>	59
<i>Figura 36: Regresión entre la superficie global y la energía cinética global de la granizada</i>	59
<i>Figura 37: Frecuencia de la distribución de superficies granizadas</i>	60
<i>Figura 38: Regresión entre la E_g y la $E_{t_{máx}}$</i>	60
<i>Figura 39: Distribución espacial (modelo 1 D) de Energía Cinética para una granizada</i>	61
<i>Figura 40: Tamaños de granizo en la temporada 1987-88</i>	62
<i>Figura 41: Tamaños de granizo en la temporada 1988-89</i>	62
<i>Figura 42: Tamaños de granizo en la temporada 1989-90</i>	62
<i>Figura 43: Tamaños de granizo en la temporada 1990-91</i>	62
<i>Figura 44: Distribución de tamaños de granizo, registrada en 4 temporadas en el Alto Valle</i>	63
<i>Figura 45: Distribución de tamaños de granizo, correspondientes a Napf</i>	64
<i>Figura 46: Distribución de tamaños de granizo, correspondientes a Mendoza</i>	64
<i>Figura 47: Precipitación Tipo I</i>	65

<i>Figura 48: Precipitación Tipo II</i>	65
<i>Figura 49: Precipitación Tipo III</i>	66
<i>Figura 50: Sensibilidad a Impactos de Granizo, variedad Granny Smith</i>	85
<i>Figura 51: Sensibilidad a Impactos de Granizo, variedad Red Delicious</i>	85
<i>Figura 52: Sensibilidad a Impactos de Granizo para 2 variedades de Manzanas</i>	86
<i>Figura 53: Distribución espacial de manzanas en un árbol en conducción espaldera</i>	89
<i>Figura 54: Vista desde arriba de frutos de manzanas en conducción espaldera</i>	90
<i>Figura 55: Vista de frente de manzanas en un árbol en conducción espaldera</i>	90
<i>Figura 56: Trayectoria de un granizo definida por los ángulos de Acimut y Elevación</i>	91
<i>Figura 57: Simulación de distribución de manzanas y trayectorias de granizos</i>	91
<i>Figura 58: Lógica del software para simular impactos de granizos sobre una planta</i>	92
<i>Figura 59: Porcentaje de manzanas afectadas según el número de granizos precipitados</i>	93
<i>Figura 60: Manzanas afectadas por número de granizos precipitados (semi-logarítmica)</i>	93
<i>Figura 61: Daños porcentuales, versus el número de granizos (clasificación comercial)</i>	94
<i>Figura 62: Esquema de la penetración de la bolilla en el material a ensayar</i>	119
<i>Figura 63: Sectores donde se aplicaba el ensayo de dureza para control en las placas</i>	121

INDICE DE TABLAS

Página

<i>Tabla I: Porcentaje del origen de inestabilidad en días con granizo en el Alto valle</i>	18
<i>Tabla II: Velocidad terminal según el diámetro del granizo</i>	28
<i>Tabla III: Intervalo de tamaños de granizo</i>	31
<i>Tabla IV: Datos de la Red de Impactómetros instalada en el Alto Valle</i>	51
<i>Tabla V: Valores globales y extremos de la energía cinética de las granizadas por temporadas</i>	55
<i>Tabla VI: Promedios y desvío standard de la distribución de Eg y el estadístico calculado</i>	56
<i>Tabla VII: Diámetros de las bolillas de acero para impactar</i>	71
<i>Tabla VIII: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 1, y sus resultados</i>	79
<i>Tabla IX: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 2, y sus resultados.</i>	81
<i>Tabla X: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 3, y sus resultados</i>	82
<i>Tabla XI: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 4, y sus resultados</i>	84
<i>Tabla XII: Porcentaje de fruta afectada, el tipo de daño económico en las frutas</i>	95
<i>Tabla XIII: Modelo de Potencial de Potencial Frutícola por Localidad</i>	96
<i>Tabla XIV: Pérdida económica a nivel productor (las tres bases de datos)</i>	98
<i>Tabla XV: Pérdidas anual a nivel productor para una década (según Modelo a industria)</i>	99
<i>Tabla 1.1: Datos días granizo/año puntuales de Argentina, periodo 1951-1990</i>	112
<i>Tabla 1.2: Datos días granizo/año puntuales del Sur de Brasil, periodo 1970-1974</i>	114
<i>Tabla 1.3: Datos días granizo/año puntuales de Chile, periodo 1921-1950</i>	114
<i>Tabla 1.4: Datos días granizo/año puntuales de Uruguay, periodo 1979-1995</i>	116
<i>Tabla 2.1: resultados de la placa 1 de Styrofoam</i>	123
<i>Tabla 2.2: resultados de la placa 2 de Styrofoam</i>	124
<i>Tabla 2.3: resultados de la placa 3 de Estisol</i>	125

<i>Tabla 2.4: resultados de la placa 4 de Estisol</i>	126
<i>Tabla 3.1: datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1987-88 ...</i>	130
<i>Tabla 3.2: Tormentas con precipitación de granizos temporada 1987-88</i>	131
<i>Tabla 3.3: datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1988-89 ...</i>	133
<i>Tabla 3.4: Tormentas con precipitación de granizos temporada 1988-89</i>	134
<i>Tabla 3.5: datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1989-90</i>	136
<i>Tabla 3.6: Tormentas con precipitación de granizos temporada 1989-90</i>	138
<i>Tabla 3.7: datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1990-91 ...</i>	140
<i>Tabla 3.8: Tormentas con precipitación de granizos temporada 1990-91</i>	141
<i>Tabla 4.1: Base de datos de daños, variedad Granny Smith, primer temporada de ensayos</i>	144
<i>Tabla 4.2: Base de datos de daños, variedad Granny Smith, segunda temporada de ensayos</i>	147
<i>Tabla 4.3: Base de datos de daños, variedad Red Delicious, primer temporada de ensayos</i>	152
<i>Tabla 4.4: Base de datos de daños, variedad Red Delicious, segunda temporada de ensayos</i>	156
<i>Tabla 5.1: Evaluación de Daños Económicos operando la Red de Impactómetros</i>	161
<i>Tabla 5.2: Evaluación de Daños Económicos: Octubre de 1991 hasta Marzo de 1998</i>	165
<i>Tabla 5.3: Evaluación de Daños Económicos, a partir de información periodística</i>	168

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Página

<i>Foto A: Típicas placas impactométricas construidas con Telgopor y una lámina de Aluminio</i>	24
<i>Foto B: Tres placas de Estisol que han sufrido deterioros</i>	25
<i>Foto C: Impactómetros que se utilizaron en Grossversuch IV</i>	25
<i>Foto D: Aparato construido en la Universidad Nacional del Comahue, para calibrar las placas</i>	27
<i>Fotos E1 y E2: El aparato empleado por la empresa Francesa SZA para calibrar placas</i>	29
<i>Fotos F: Improntas según el diámetro de bolilla lanzada, simulando un granizo equivalente</i>	29
<i>Foto G: Placa impactada con granizos pequeños, inferiores á 15 mm de diámetro</i>	30
<i>Foto H: Placa impactada con granizos grandes, superiores á 15 mm de diámetro</i>	30
<i>Foto I: Aspecto de las 4 placas impactadas por granizo en la tormenta del 26/1/88</i>	39
<i>Foto J: Placas de Tergopol con láminas de Aluminio, construidas y ensayadas por el autor</i>	118
<i>Foto K: Durómetro construido en la Universidad Nacional del Comahue para control de placas ...</i>	120
<i>Foto L: cuatro placas distintas</i>	122
<i>Foto M: Stocks de placas, próximas a ser instaladas en los porta impactómetros</i>	128
<i>Foto N: Cinco porta impactómetros listos para ser instalados en chacras del Alto Valle</i>	48
<i>Foto O: Otro tipo de impactómetro de los empleados en la Red del Alto Valle de RNyN</i>	48
<i>Foto P: El porta placa se hallaba a 1,50 m sobre el suelo</i>	49
<i>Foto Q: Granizada en la ciudad de Neuquén, del día 21/11/1994</i>	50
<i>Foto R: Granizos para su estudio cristalográfico</i>	50
<i>Foto S: Impactando frutos de manzana con bolillas</i>	72
<i>Fotografía T: Etiqueta identificatoria con la fecha y diámetros del impacto</i>	72
<i>Foto U: Marcas en manzanas producidas por una precipitación real de granizos</i>	73
<i>Foto V: En la planta luego de impactar al fruto, se colocaba una etiqueta identificatoria</i>	73

<i>Foto W: En el laboratorio con un calibre se mide el tamaño de la impronta en la manzana</i>	<i>74</i>
<i>Foto X1: Manzana marcada por una bolilla de 9.8 mm, con su etiqueta identificatoria</i>	<i>74</i>
<i>Foto X2: Manzanas con marcas debido a impactos producidos en el mes de Diciembre</i>	<i>75</i>
<i>Foto X3: Manzanas Red Delicious con marcas de 5, 12, 15 y 17,5 mm en Noviembre</i>	<i>75</i>
<i>Foto X4: Manzanas impactadas con bolillas de 5 mm, en Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero</i>	<i>76</i>
<i>Foto X5: Manzanas impactadas con bolillas de 10 mm, en Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero ..</i>	<i>76</i>

INDICE DE MAPAS

Página

<i>Mapa 1: Sector Oeste del Alto Valle, zona de la Confluencia de los ríos Neuquén y Limay</i>	45
<i>Mapa 2: Sector central del Alto Valle en la Provincia de Río Negro</i>	46
<i>Mapa 3: Sector Este del Alto Valle</i>	46
<i>Mapa 5: Ubicación geográfica de 9 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1987-88</i>	131
<i>Mapa 6 : Ubicación geográfica de otras 4 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1987-88</i>	132
<i>Mapa 7 : Ubicación geográfica de 1 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1987-88</i>	132
<i>Mapa 8: Ubicación geográfica de 11 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1988-89</i>	134
<i>Mapa 9: Ubicación geográfica de 2 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1988-89</i>	135
<i>Mapa 10: Ubicación geográfica de 11 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1989-90</i>	138
<i>Mapa 11 : Ubicación geográfica de 3 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1989-90</i>	139
<i>Mapa 12: Ubicación geográfica de 1 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1989-90</i>	139
<i>Mapa 13 : Ubicación geográfica de 8 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1990-91</i>	141
<i>Mapa 14: Ubicación geográfica de 5 precipitaciones en el Alto Valle, temporada 1990-91</i>	142
<i>Mapas 4: Riesgo de Precipitaciones de Granizo en el Alto Valle</i>	54

RESUMEN

Las precipitaciones de granizos representan, a menudo, un azote social y económico, los daños producidos van desde la pérdida de vidas humanas, pasando por la destrucción de viviendas, hasta el desastre agrícola regional, debido a la existencia de zonas geográficas propensas a la ocurrencia de dichas tormentas, asociadas a actividades regionales sensibles a su impacto.

La región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén presenta frecuentes granizadas durante la etapa fenológica sensible de frutos, como la manzana, la pera, la vid y otras frutas de carozo, que son el pilar fundamental de la economía de la zona.

El presente trabajo trata de la problemática de una región del país, pero además aporta al conocimiento global de las precipitaciones de granizo a nivel mundial.

El estudio sistemático de las características físicas de las precipitaciones se realiza a través de redes de trabajos con impactómetros (network), y éstas no son muchas en el mundo.

En el hemisferio sur sólo existen experiencias en Sudáfrica y Argentina. En nuestro país la experiencia de Mendoza en las tres zonas en las cuales existieron redes con impactómetros, han permitido caracterizar este fenómeno en una región altamente influenciada por la Cordillera de los Andes.

Para realizar parte del presente trabajo, se instaló en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén una Red de Impactómetros con 100 puestos de medición, cubriendo unas 90.000 hectáreas. Funcionó desde 1987 á 1991, cubriendo 4 temporadas, cada temporada se la considera desde el mes de octubre al de marzo siguiente. Se obtuvieron para la red el número de días granizo por temporada, la distribución mensual y geográfica de estas precipitaciones.

Se realizó el estudio estadístico de: placas impactadas por temporada y total; distribución de tamaño de granizos y cantidad por precipitación, por temporada y por el total; se analizó la correlación existente entre la energía cinética global y la superficie global, como también la energía cinética de la placa más castigada y la superficie global. Se hizo un análisis de varianza entre energía global, energía puntual, diámetro máximo de granizo, número de granizos y superficie global.

Con todo ello se determinaron tres patrones de superficies granizadas: A, B y C; caracterizando cada uno por su superficie global, el espectro de tamaños y cantidad de granizos, y la energía cinética puntual máxima. Se calculó la distribución de energía cinética dentro de la superficie granizada, primero en forma unidimensional, y luego bidimensional.

El estudio del Alto Valle nos permito cuantificar otra zona más al sur (latitud próxima a los 40 grados) y que está equidistanciada de la Cordillera de los Andes y el Océano Atlántico, siendo hasta el momento la Red de Impactómetros más Austral del mundo.

Sobre la base de los datos de la red de impactómetros se realizó el estudio estadístico de las condiciones sinópticas que favorecieron la ocurrencia de granizo. En 30 días con granizos la situación sinóptica en superficie fue de un 67,5% por convergencia, 7,5% por convección, 15% por frente frío, 5% por frente caliente y 5% por convergencia más frente frío.

Durante el desarrollo de la tesis no solo se trató el conocimiento de la física de la precipitación, sino también otro aspecto muy importante que es el impacto del daño que causa el granizo en la fruticultura. Esto es muy importante, pues la magnitud de las pérdidas económicas condiciona el interés práctico del fenómeno.

Se realizaron estudios de sensibilidad a impactos por granizo en frutos de manzanas (variedades Red Delicious y Granny Smith), ya que estas representan casi el 80% de la producción de frutas en la región.

La metodología consistió en impactar a cada fruto individualmente con una bolilla de acero o plomo que al momento de impactar el fruto tuviera la misma energía cinética que un granizo de igual diámetro, manteniendo así una semejanza cinética y geométrica con la realidad. Esto se realizó a distintos estadios de crecimiento de los frutos, siendo evaluados todos ellos al momento de la cosecha. Así se construyeron curvas en las cuales se representan el daño físico en función de los días posteriores a fin de la floración.

Con estos datos se determinó la relación entre cantidad de granizos por metro cuadrado, y daños a frutos de manzanos. Así, conocida la cantidad de granizos precipitados por metro cuadrado se puede determinar la cantidad de manzanas impactadas y con que grado de daño comercial.

También se realizó una estadística de las precipitaciones de granizo en el Alto Valle, cubriendo el periodo 1966 hasta 1996. Habiendo dos fuentes de información: (a) aquellas que provienen de la Red de Impactómetros (conteniendo información de la distribución del tamaño y cantidad de granizos en cada puesto de observación, además de contar con cálculos de la energía cinética de la precipitación, del número total de granizos por metro cuadrado, y una evaluación del daño), y (b) las que provienen del análisis de otras fuentes como: información periodística, de la Secretaría de Estado de Fruticultura de Río Negro, de averiguaciones personales, etc., (estas sólo contienen la información referida al puesto de observación y al daño estimado y/o evaluado en los frutales, y la fecha de ocurrencia).

Con toda esta información se procedió a evaluar el impacto económico de las Precipitaciones de Granizo causan en la Producción de Manzanas a Nivel Productor en la mencionada Región.

Se realizaron 3 hipótesis económicas y el daño promedio arrojó un valor mayor a 6.000.000 U\$.

Por último, se confeccionó un Mapa de Riesgo a las Precipitaciones de Granizo, consistente en definir la cantidad de precipitaciones anuales promedio, que ocurren en el Alto Valle, con una resolución de 9 Km².

En las décadas de los 60 y 70 se hizo mucho hincapié en experimentar métodos que lleven a la supresión del granizo. Hoy en día la tendencia es estudiar más el fenómeno en una determinada región y cuantificar el problema de los daños, para así diagnosticar el impacto económico y luego elegir alternativas para su disminución, enfocadas mayoritariamente a sistemas de protección pasivos. En definitiva, esto es lo que se intentó realizar durante el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.

SUMMARY

Hail precipitation's pose a serious economic and social threat. They may cause an incredible amount of damage ranging from death, injuries and house destruction to regional agricultural devastation, due to the performance of hail-sensitive industrial activities in geographical areas prone to hailfalls.

The Alto Valle of Río Negro and Neuquén is frequently lashed by hailstones during the phonologic stage of fruit development, namely of apples, pears, grapes, and other stone fruits, which are the mainstays of economic growth within the region.

This study focuses on the problematic situation of a specific region of the country, but provides an overall understanding of hail precipitation's worldwide.

The systematic analysis of the physical features of precipitation's has been conducted via a network of hailpads, which are very limited in number throughout the entire world. Only South Africa and Argentina, in the Southern Hemisphere, have accomplished this type of researches. In our country, the study in Mendoza included hailpads deployed in three areas and enabled hail characterization in a region highly influenced by the Andes Mountain Range.

This research demanded a Hailpad Network of a hundred measuring stations over 90,000 ha, approximately. It extended from 1987 to 1991, making up four seasons, each of which ran from October through March. Seasonal hail-day values and the monthly and geographical distribution of hail precipitation's were obtained.

The statistical analysis was performed on impacted hailpad, on a seasonal and global basis, and on hailstone size distribution and precipitation volumes, on a seasonal and global basis. Correlation was analyzed between total hail kinetic energy and total surface as well as between the kinetic energy of the most adversely impacted hailpad and total surface. A variance analysis was performed considering total kinetic energy, point kinetic energy, maximum hailstone diameter, number of hailstones and total surface.

Three hailed area patterns, A, B and C, were characterized considering total surface, number and size of hailstones and maximum hail kinetic energy. The kinetic energy distribution within the hailed area was obtained, first, on a one-dimensional mode and, secondly, on a bidimensional mode.

Being the most southern in the world, the Alto Valle hailpad network made it possible to quantify a more southerly area, located at an approximate 40-degree latitude and equally spaced from the Andes Mountain Range and the Atlantic Ocean.

Based on the hailpad data, a statistical analysis was conducted on the synoptic patterns that preceded hail events. Over a thirty-day hailfall period, the surface synoptic condition was 67.5% convergence, 7.5% convection, 15% cold front, 5% warm front and 5% convergence plus cold front.

In addition to the physics of hail precipitation's, a primary aspect associated to these weather occurrences was also the concern of this study, namely the negative impact it has on fruit production. The magnitude of the economic hail-related losses in the region extensively biases the pragmatic interest in this phenomenon.

A number of sensitivity analyses were conducted to study the impact hail has on apples (Red Delicious and Granny Smith), since they represent almost 80% of the regional fruit production. Each individual fruit was impacted with a steel or lead ball applying the same kinetic energy of a hailstone of the same size, so as to assure kinetic and geometric similarity with a real hailstone knock. Apples were knocked at different development stages, and this was considered for the evaluation at harvest time. The results were plotted on a graph to represent physical damage on subsequent days at the end of the blooming stage. The relationship between the number of hailstones per square meter and apple fruit damage was determined, which enabled the estimation of the number of impacted apple fruits and the associated economic loss.

A statistic analysis was carried of hailfall data recorded in the Alto Valle over the 1966 -1996 period. Two datasets were used: (a) hailpad network data, including information on hailstone number and size distribution at each observation site, hail kinetic energy calculations, total number of hailstones per square meter, and damage assessment; and (b) analytical data from journal and magazine articles, data from the Secretariat of State for Fruit Production of the Province of Río Negro, interviews (only about the observation site, estimated and/or observed damage and date of occurrence), etc.

Based on this information, the economic impact of hail precipitation's on apple fruit production, at a farmer level, was assessed for the Alto Valle area. To this end, three economic hypotheses were developed. The average damage was estimated above USD 6 million.

Finally, a Hail Precipitation Risk Map was generated to determine the average yearly number of hail events occurring in the Alto Valle, with a resolution of 9 square kilometers.

In the 60's and 70's decades, the emphasis was laid on hail suppression experiments. Nowadays, research is oriented to characterize the phenomenon in a given region and quantify damages, in order to diagnose economic losses and determine attenuation alternatives, consisting mainly in passive protection measures. This was the approach adopted for the present Thesis Research.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1.- CONSIDERACIONES GENERALES Y ANTECEDENTES

Las precipitaciones de granizo son un fenómeno caracterizado por la gran variabilidad espacio temporal de sus parámetros (superficie afectada, daños producidos, cantidad de granizos por unidad de área, energía cinética por unidad de área, tamaño de los granizos); ello hace que estudiarlas con mediciones obtenidas a través de puestos no homogéneamente distribuidos, se haga muy dificultoso.

Hasta 1950 los registros de precipitaciones de granizo se obtenían de las estaciones o puestos de observación meteorológicos con la sola mención de si granizó o no, la fecha y la hora de la misma. Luego se le agregaron otros datos para caracterizar su intensidad, tamaño, forma y estado (blanco o transparente).

Durante la década de 1950 se comienzan a estudiar dichas precipitaciones extendidas a un área y no solamente en un punto (estación). Para ello se crearon las llamadas "Redes de Trabajo con Impactómetros" (network) que consisten en dividir el área a estudiar en un reticulado cuadrado (generalmente de más de un kilómetro de lado), instalando en el centro de cada área de cuadrícula, placas sensibles a las precipitaciones de granizo, el que al caer graba en ellas su tamaño y cantidad.

A partir de estos datos se dio lugar al estudio de la "física de las precipitaciones de granizo a nivel de suelo", consistente en calcular la distribución de tamaños, su frecuencia relativa, la energía cinética granizada, la masa de hielo precipitada y la superficie abarcada por granizada.

Ejemplo de ello fue la Red del centro de Alberta (Canadá) que a través del proyecto ALHAS (Alberta Hail Studies) se instaló en 1956. Para 1968 [ref.1] la misma contaba con la siguiente organización:

a) Mediciones de Precipitaciones de Granizo: Cubrían 540 estaciones sobre un área de 31.000 km², con un promedio de un puesto cada 57 km². Tenía una zona de mayor densidad de registro con un impactómetro cada 12 km².

b) Observaciones Meteorológicas: Había 4 estaciones meteorológicas que proveían información cada hora por teletipos, realizándose en 2 estaciones (Edmonton y Penhold) dos radiosondeos diarios.

c) Observaciones con Radar: Poseían uno en la banda de 10,4 cm.

d) Observaciones con Aeronaves: Operaron un C-45H equipado con instrumental para obtener información en la base de la nube respecto a la velocidad vertical, el área de la corriente ascendente (up draft), temperatura y concentración de núcleos de congelación.

Otro ejemplo de ello es la Red que operó el grupo francés en el Proyecto GROSSVERSUCH IV que se realizó desde 1977 á 1982, consistente en 209 puestos cubriendo un área de 794 km² obteniendo una densidad de 3,8 km² por impactómetro (1986), [ref.2].

En la Figura 1 se observa el sector francés del citado proyecto, donde hay además 33 colectores de granizo fresco y un radar meteorológico de bandas de 3 y 10 cm.

A partir del uso de estas redes de impactómetros se observó que a medida que se incrementaba el área observada con respecto a un punto, la cantidad de días con granizo al año aumentaba. Shands en 1944 [ref.4]) la estimó en 5 veces, luego Beckwith en 1960 [ref.5] la

verificó con una red de 400 km² en Denver-Colorado durante 10 años de operación.

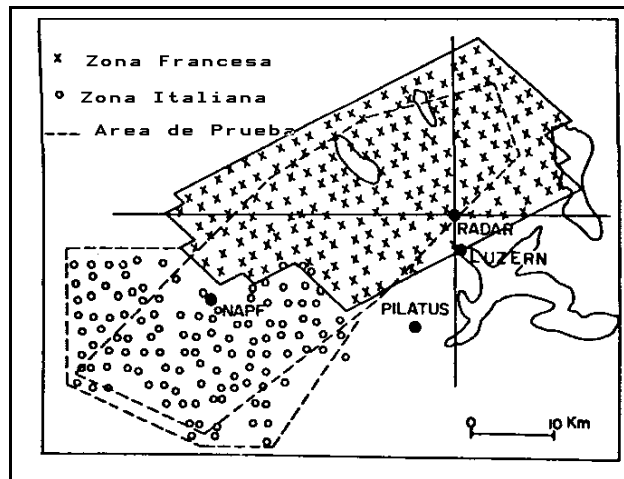


Figura.1: Red de Impactómetros del Proyecto Grossversuch IV (Suiza), extraído de J.F.Mezeix y N.Doras, 1981 [ref.3].

Carter en 1978 [ref.6] encontró para Pretoria una relación que se indica en la Figura 2, donde tomó varias parcelas de 2,8 km², promediándolas y las extendió a áreas mayores. Así, para la parcela en estudio la frecuencia era de 4,5 días al año, pero para un área de 1.000 km² la frecuencia fue de 60 días al año con precipitaciones de granizo.

Esto indica que cuando se hable de "días con granizo al año", se deberá especificar si ese dato es puntual (para una estación) o si es zonal (para una región de tantos km² de extensión). En el primer caso se hablará de frecuencia puntual de días con precipitación de granizo y en el segundo caso de frecuencia zonal o regional de días con caída de granizo.

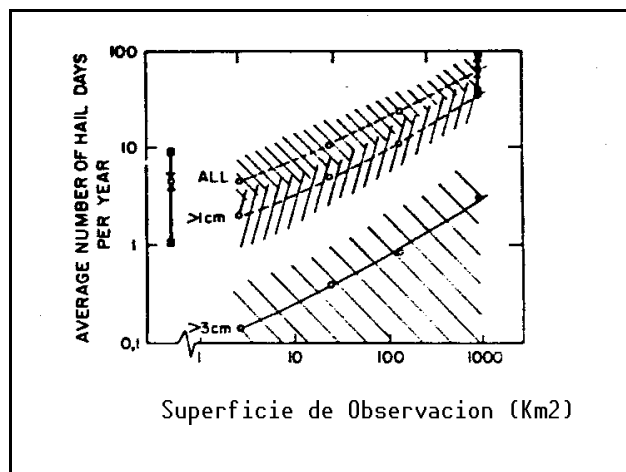


Figura 2: Número de días-granizo en función del área de observación, según Carter, 1978 [ref.6].

Esto conduce a que si se desea estudiar las características de las precipitaciones de granizo a nivel del suelo, para contrastarla con los daños que produce a bienes y cultivos, es necesario instalar en la región de estudio, una red de impactómetros.

1.2.- PRECIPITACIONES DE GRANIZO A NIVEL MUNDIAL

El granizo es un fenómeno meteorológico que ocurre preferentemente en latitudes medias. La importancia del mismo radica en la forma en que afecta a personas, bienes y/o productos agropecuarios.

A continuación se da una breve descripción de cómo son las precipitaciones de granizo en varios lugares del mundo, como una aproximación al problema, en función de los datos disponibles.

1.2.a.- Precipitación de Granizo en América del Norte.

En América del Norte, los trabajos de Changnon [ref. 7 y 8] son un buen indicador de lo que allí ocurre, abarca todo los EE.UU. y está resumido en la Figura 3. Son datos promediados en un período de 40 años.

Cubren prácticamente desde los 25° de latitud Norte (zona del Golfo de México y Península de La Florida) hasta los 49° de latitud Norte, límite con el Canadá. En dicha figura se observa la gran variabilidad zonal para una misma latitud, cuya regla general es: baja en la costa Este, se incrementa hacia el Oeste, en la Gran Planicie al Este de Las Rocallosas, decreciendo luego hacia el Oeste, hasta la costa del Pacífico donde se produce un nuevo aumento de actividad granicera, en particular en latitudes altas.



Figura 3: Precipitación puntual de días-granizo en EE.UU., según Changnon, 1977 [extraído de la ref.8].

1.2.b.- Precipitación de Granizo en Europa

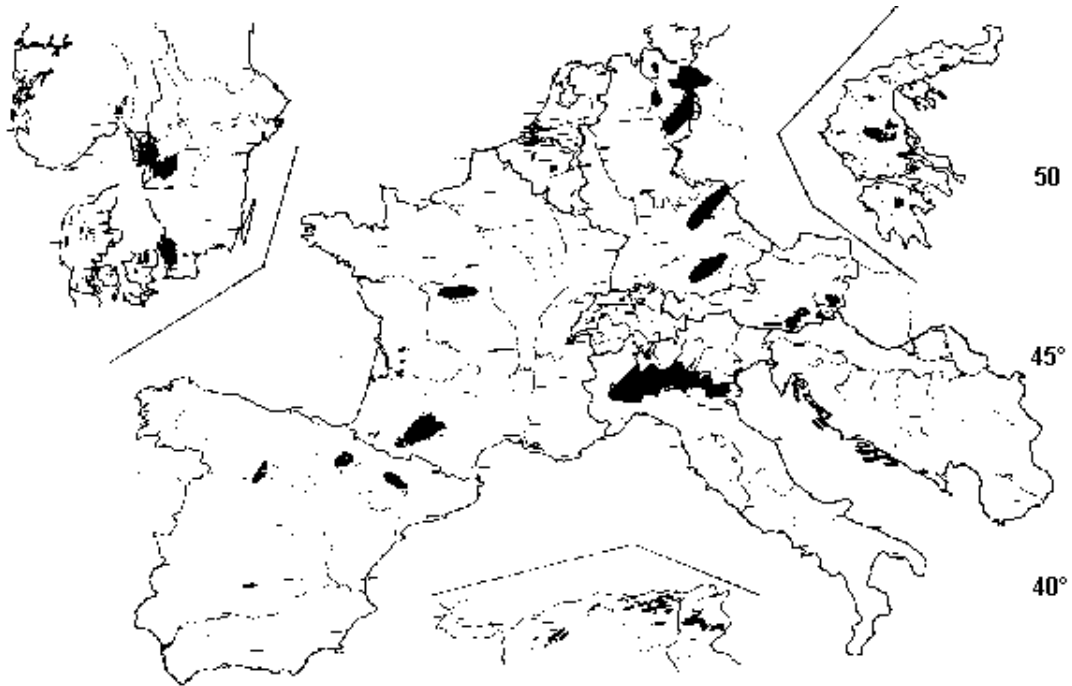


Figura 4: Zonas de granizo en Europa año 1968, según el Swiss Hail Insurance Company, Zurich [ref.9].

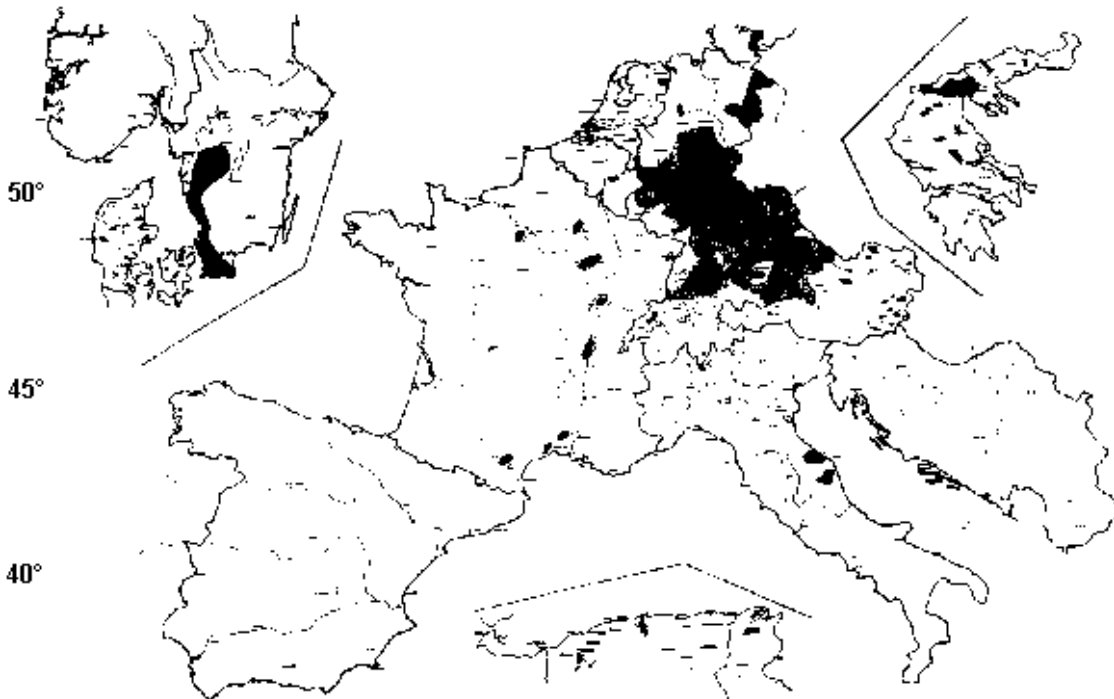


Figura 5: Zonas de granizo en Europa año 1969, según el Swiss Hail Insurance Company, Zurich [ref.9].

Para observar lo que pasa en Europa, nos referimos a Gokhale, quien en su libro (1974) [ref.9] publica 3 mapas de Europa figuras 4, 5, y 6 donde se presentan para 3 años consecutivos las zonas donde ocurrieron precipitaciones de granizo, observándose los máximos de actividad entre los 40° y 50° latitud Norte.

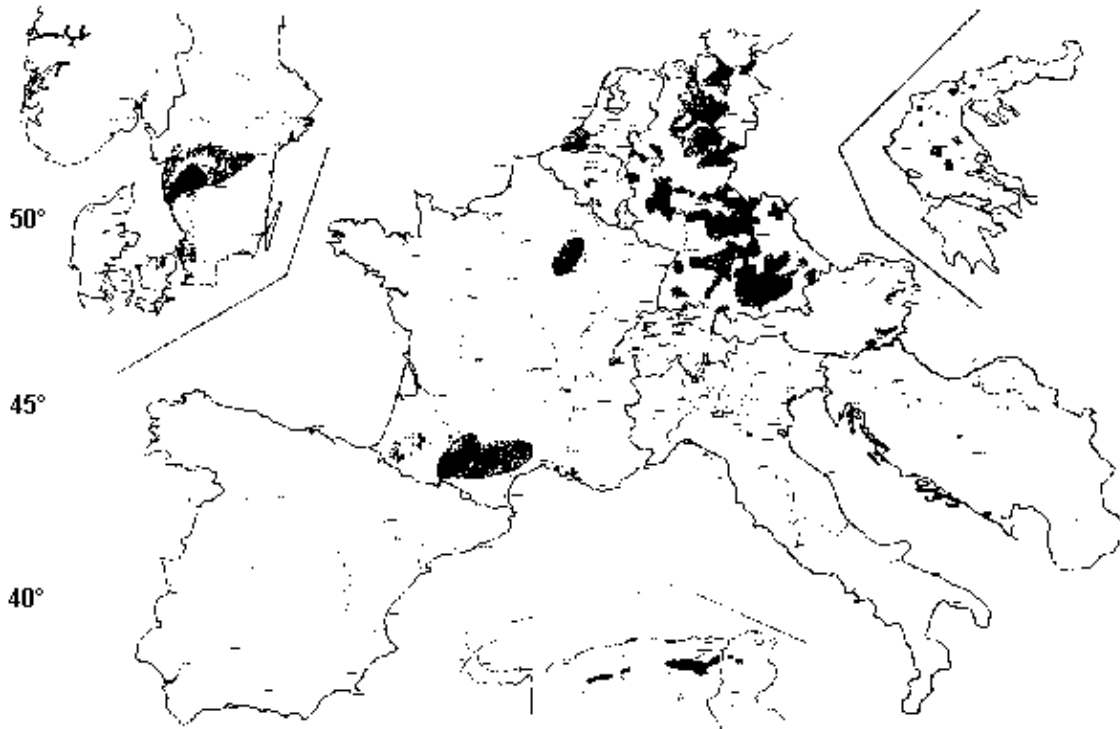


Figura 6: Zonas de granizo en Europa año 1970, según el Swiss Hail Insurance Company, Zurich [ref.9].

Las zonas europeas más afectadas por el granizo son: sur de Francia, norte de Italia, Alemania, Austria, Dinamarca, Suiza, Grecia, sur de Suecia, Polonia, la ex Checoslovaquia, Eslovenia, Armenia, Georgia, Azerbaidahan, Moldavia, Turkmenistan, Ucrania, Transcaucasia y el norte del Cáucaso.

1.2.c.- Precipitación de Granizo en Africa.

Para una visión general de Africa podemos citar el trabajo de Gokhale (1974) [ref.10]. Para trabajos más específicos, como en Sudáfrica, se pueden citar a Carter (1978, 1966, 1977) [ref.6, 11 y 12] y Basson (1970) [ref.13], y para Kenia a Henderson (1970) [ref.14].

En la Figura 7 se aprecia la escasez de precipitación de granizo entre el Ecuador y los 20° de latitud Norte en el continente Africano [ref.10].

En el Ecuador casi no existe granizo según Frisby y Sansom [ref.26], a excepción de Kenia, mostrando una gran variación en cuanto a la superficie de la granizada (de 1 á 25 veces). Allí precipita durante todo el año, teniendo dos máximos relativos: uno en Febrero-Marzo y otro en Agosto-Septiembre, coincidiendo con el inicio de los equinoccios [ref.10].

En los trópicos también existen algunas precipitaciones de granizo, pero sin duda son menos importante que en las latitudes medias, pues tanto la frecuencia como el tamaño del granizo, son más pequeños. Sin embargo, cuando ocurre, produce un gran daño en cultivos de alto valor como el tabaco, té y café.

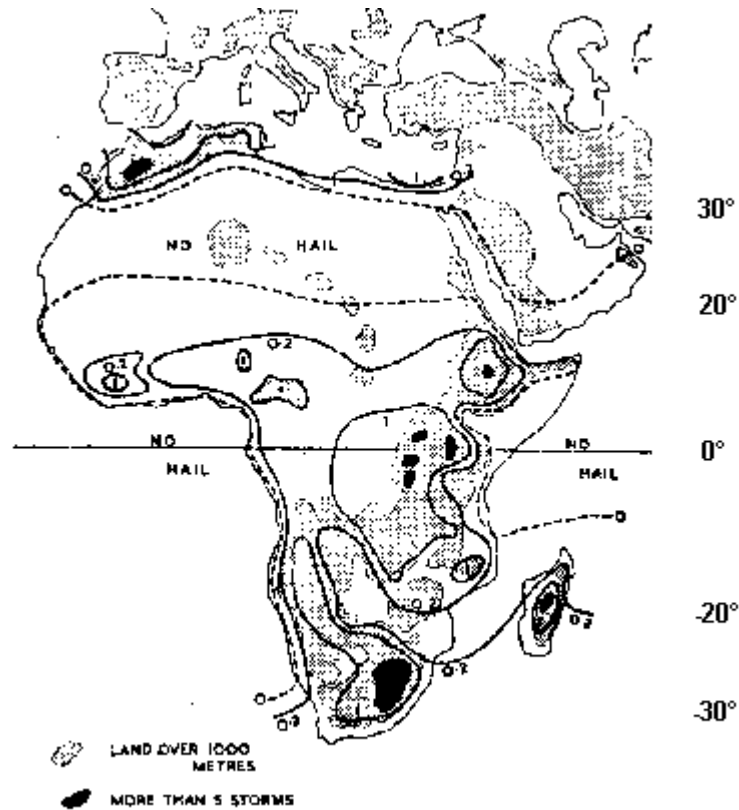


Figura 7: Días-granizo anual en un punto, para Africa, tomado del trabajo de Gokhale, 1974 [ref.10].

1.2.d.- Precipitación de Granizo en Países Limítrofes.

Se recopiló información de precipitaciones puntuales de estaciones meteorológicas del Sur del Brasil, Chile y Uruguay, recurriendo a las Estadísticas Meteorológicas de estos países. La principal dificultad fue no encontrar un período común para los 3 países en cuestión.

1.2.d.1.- Sur de Brasil: se consultaron los Boletines Climatológicos [ref.16], donde sólo se encontraron 5 años de datos (1970-74); si bien es muy poco para realizar un estudio climatológico de este fenómeno, se decidió incluirlo, pues es mejor tener una aproximación, que ninguna información, en esa parte del continente.

Así, se han utilizado 14 estaciones que cubren desde los 22°11' a los 33°19' latitud Sur, y desde los 46°22' hasta los 55°19' longitud Oeste. En la Tabla 1.2 del Anexo 1 se muestra dicha información.

Se utilizó el software SURFER que calcula líneas de igual nivel a partir del método de las "inversas de las distancias al cuadrado", para obtener un mapa de distribución de precipitaciones de granizo (puntuales) para el Sur de Brasil.

El máximo de precipitación de granizos se localiza en el estado de Río Grande Do Sul, siendo mayor al Oeste y decreciendo hacia la costa Este.

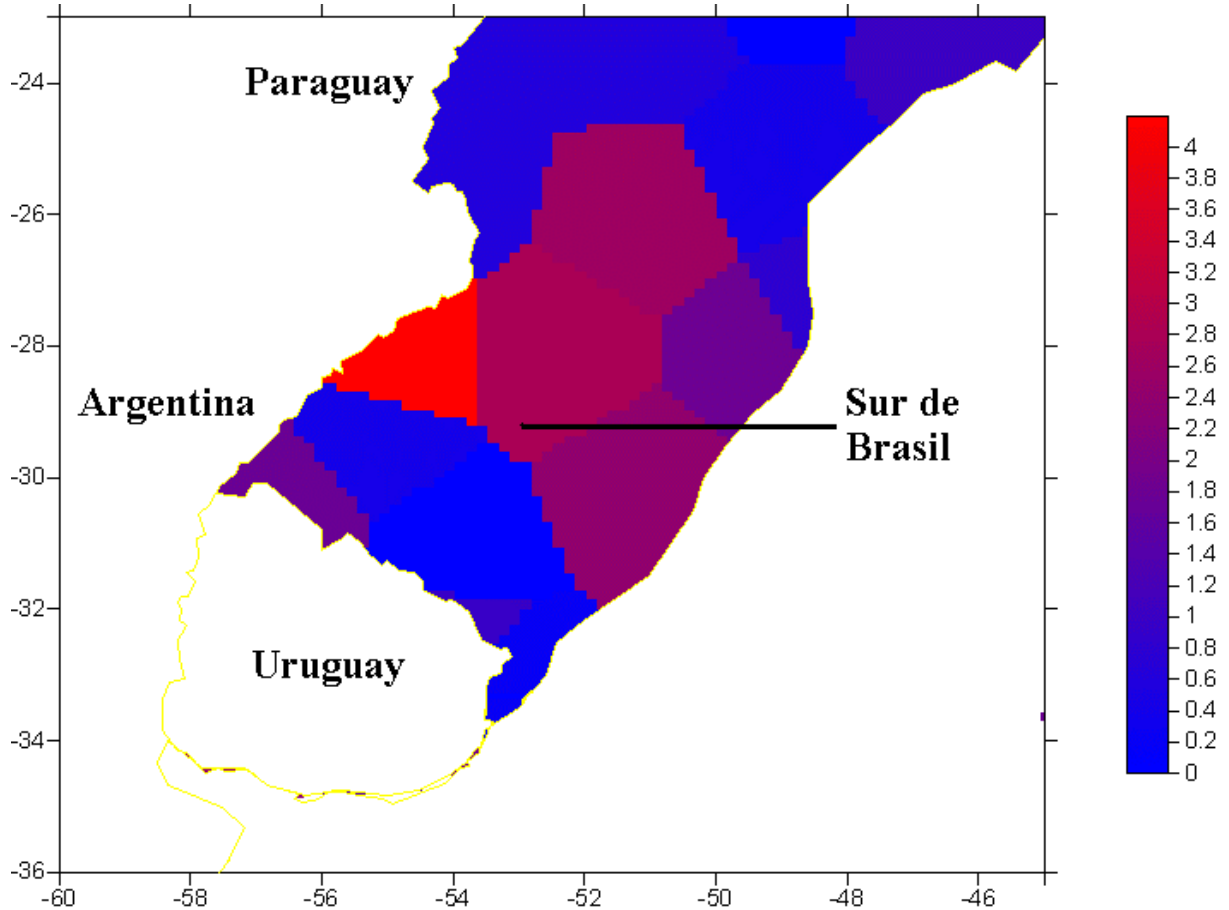


Figura 8: Distribución de días/granizo (puntual) para el Sur de Brasil

1.2.d.2.- Chile: se han consultado los registros de los Anuarios Meteorológicos [ref.17], de la Oficina Meteorológica de ese país. De ellos se seleccionó el período que va desde 1921 hasta 1950. Se tomaron 42 estaciones meteorológicas con registros desde 12 años (1 estación) hasta 30 años (5 estaciones), cubriendo latitudes desde Arica (18°17' Sur) hasta Cabo San Isidro (53°28' Sur). En la Tabla 1.3 del Anexo 1 se indican los resultados.

En la figura 9 se puede observar que el máximo de días/granizo al año está ubicado en la costa sur de Chile con 20 días/granizo, habiendo otro máximo relativo de 11 días/granizo un poco más al Norte pero dentro de lo que es la Patagonia Chilena. Estos máximos se deben al pasaje de frentes fríos que se desplazan en el Océano Pacífico Sur y al llegar al continente, la elevación orográfica genera fuertes ascensos favoreciendo la precipitación de granizo. Se observa un decrecimiento de la frecuencia hacia el Norte del país.

Se utilizó el software SURFER que calcula líneas de igual nivel a partir del método de las "inversas de las distancias al cuadrado", para obtener un mapa de distribución de precipitaciones de granizo (puntuales) para Chile.

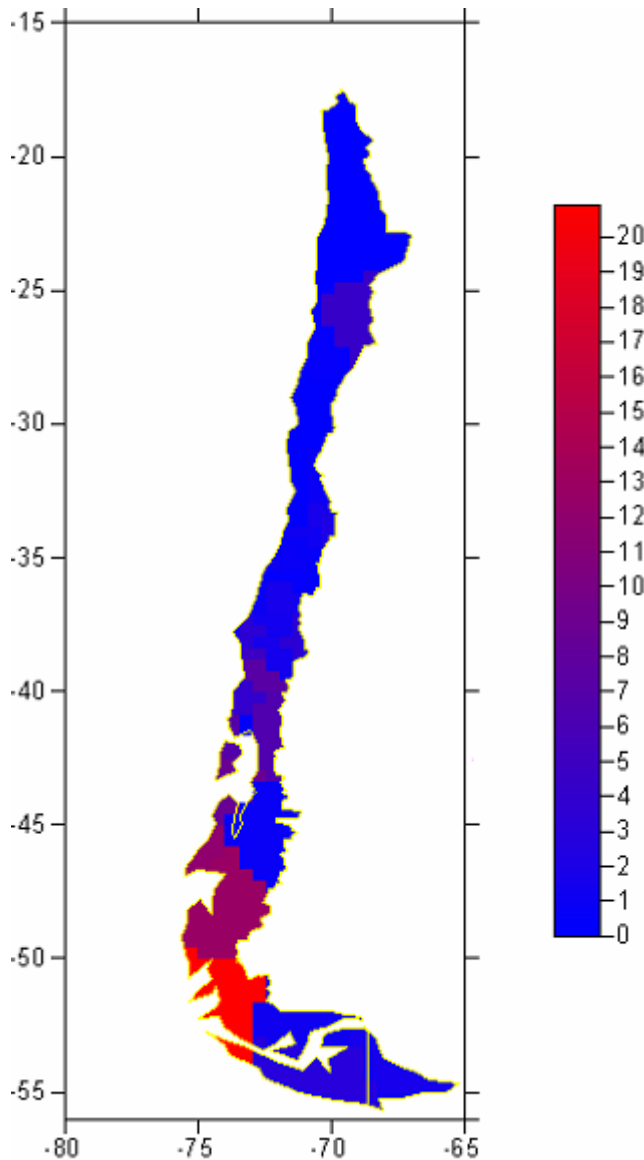


Figura 9: Distribución de días/granizo (puntual) para Chile.

1.2.d.3.- Uruguay: las estadísticas de la Dirección Nacional de Meteorología [ref.18] aportaron 12 estaciones meteorológicas con registros en el período que va desde 1979 hasta 1995, cuya serie son 16 años, excepto 2 estaciones con registros de 11 y 12 años respectivamente, cubriendo todo el territorio Uruguayo. La Tabla 1.4 del Anexo 1 muestra dichos datos.

Se utilizó el software SURFER que calcula líneas de igual nivel a partir del método de las "inversas de las distancias al cuadrado", para obtener un mapa de distribución de precipitaciones de granizo (puntuales) para Uruguay.

En la figura 10 se puede observar que el máximo se ubica en el centro del país con 4 días/granizo al año.

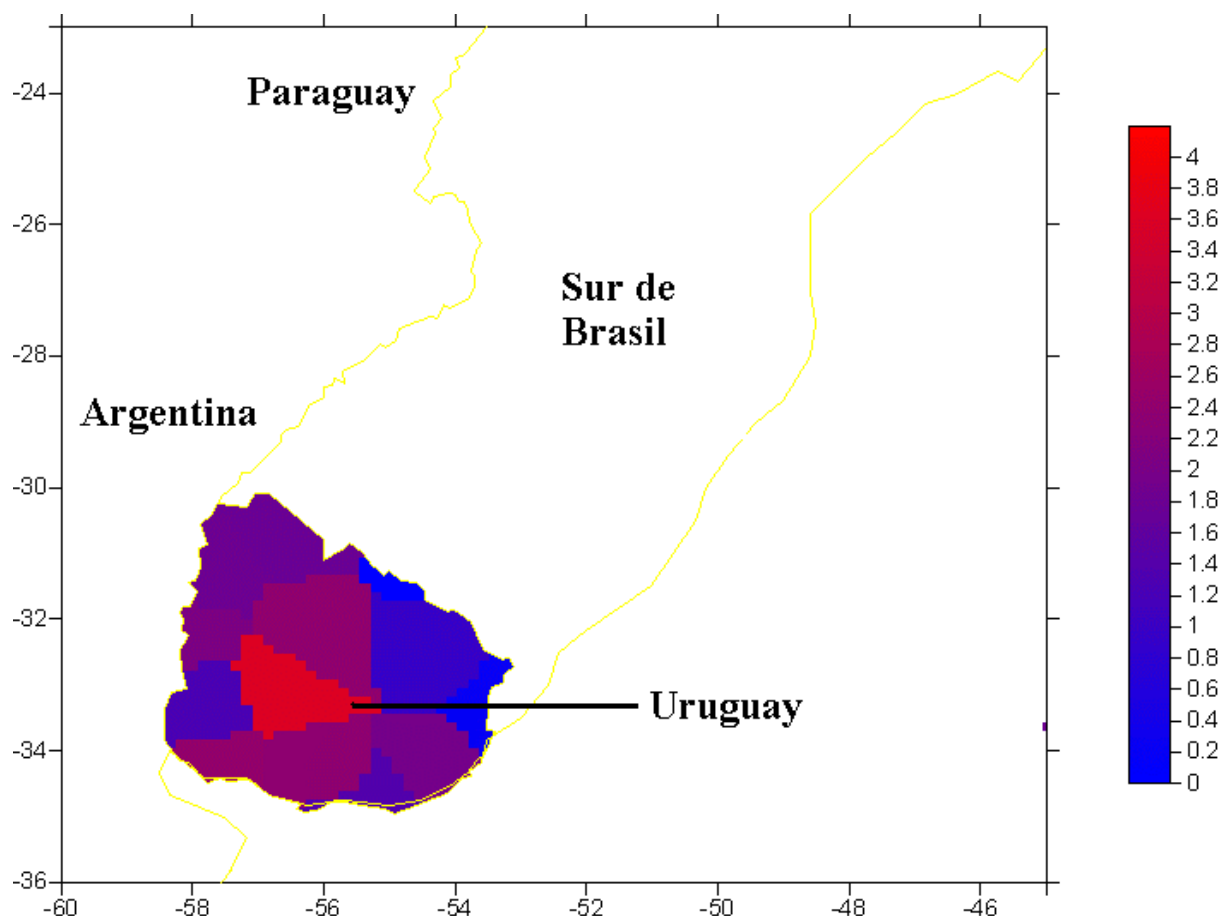


Figura 10: Distribución de días/granizo (puntual) para Uruguayl

1.3.- EN ARGENTINA

El fenómeno del granizo es conocido en Argentina desde su independencia y aún antes durante la colonia [ref.55 y 56].

El estudio sistemático del mismo en el país comienza en las primeras décadas del siglo XX, dentro de las actividades de la Dirección de Meteorología del Ministerio de Agricultura de la Nación, que a través de sus estaciones meteorológicas registraban la ocurrencia del mismo.

El primer trabajo que caracterizó globalmente el fenómeno de granizo en Argentina, fue el de Hoxmark realizado en 1927 [ref.20], la figura 11 fue elaborado con datos puntuales de estaciones meteorológicas a principio del siglo XX.

Para comparando con datos más recientes, se tomaron las Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional de 4 décadas: 1951-60; 1961-70; 1971-80 y 1981-90 [ref.15]. De estos datos se seleccionaron aquellas estaciones meteorológicas que al menos cubrieran tres décadas de registros.

Con este criterio se seleccionaron 82 estaciones, de las cuales 65 tienen 30 años de registros, 16 entre 25 y 29 años, y sólo una con 24 años. En la Tabla 1.1 del Anexo 1 está la

síntesis de los datos. El puesto más al norte es La Quiaca (22°07' latitud Sur) y el más austral es Islas Orcadas (60°45' latitud Sur).

Se utilizó el software SURFER que calcula líneas de igual nivel a partir del método de las "inversas de las distancias al cuadrado", para obtener un mapa de distribución de precipitaciones de granizo (puntuales) para la República Argentina.

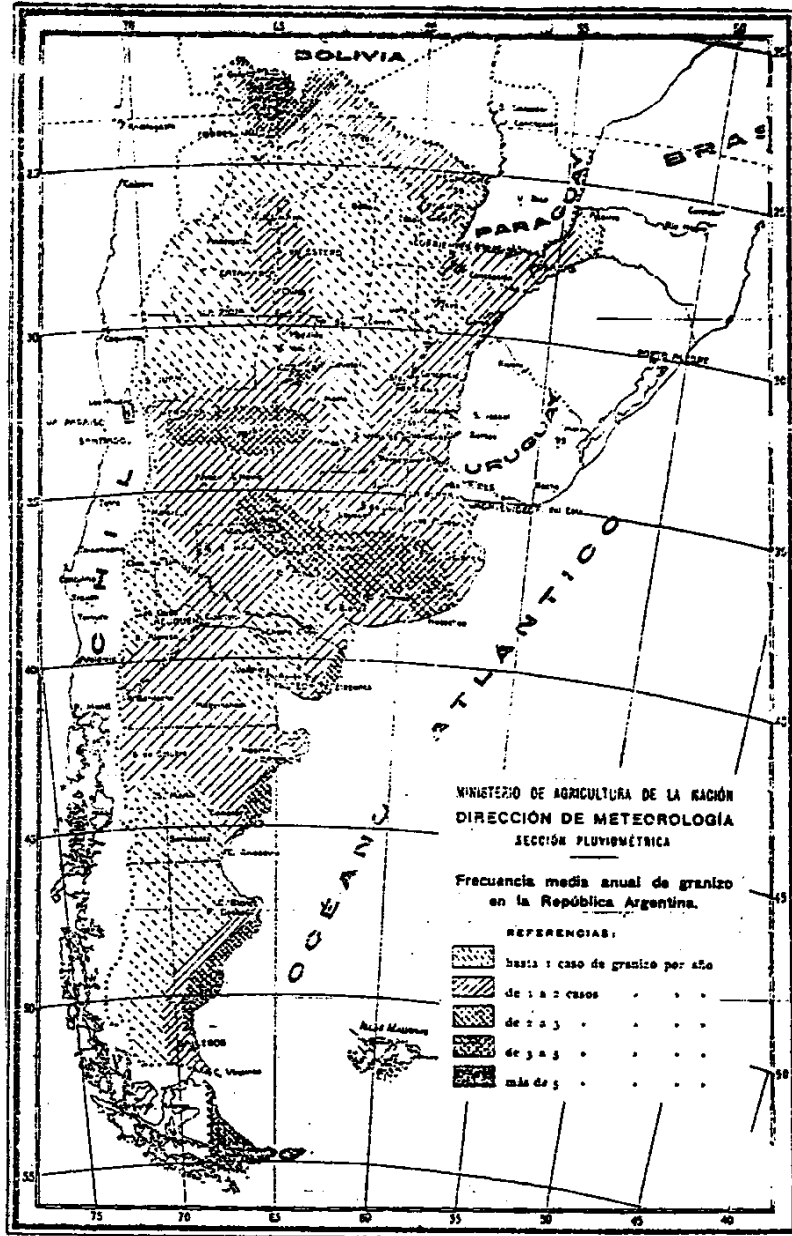


Figura 11: Distribución de precipitaciones de granizo puntual promedio anual realizado por Hoxmark en 1927 S.M.N.

La figura 12 muestra la salida gráfica de los cálculos realizados por dicho software, donde la curva de menor nivel corresponde a 1 día/granizo, la mayor a 5 días/granizo. Las curvas fueron graficadas cada 1 día/granizo.

Comparando lo de Hoxmark (Figura 11), con lo realizado en este trabajo (Figura 12), se pueden observar similitudes.

En la figura 12 se puede observar que el máximo de días/granizo al año está alrededor de los 35° latitud Sur (más de 3 días/granizo), ubicado a sotavento de los Andes. Grandoso (1966) [ref.19] estudió el fenómeno de las precipitaciones de granizo en la Provincia de Mendoza, determinando el rol de la Cordillera de los Andes en ello. El calentamiento diferencial de la cadena montañosa con respecto al llano produce fuertes ascensos de las masas de aire.

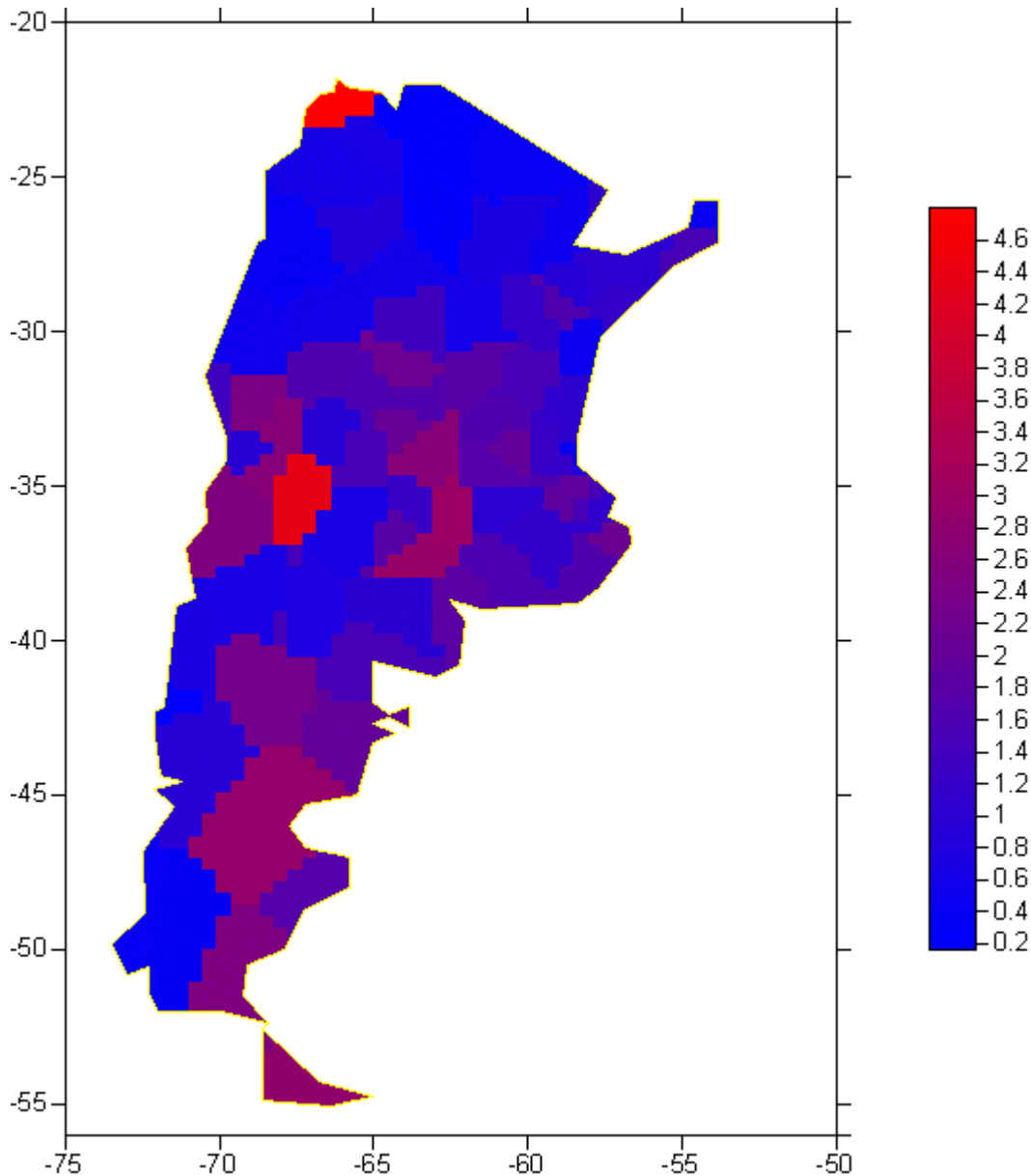


Figura 12: Distribución de días/granizo (puntual) para Argentina

A partir de este máximo, se observa un decrecimiento de la frecuencia tanto hacia el Sur, el Este y el Norte del país a excepción del Altiplano Boliviano que presenta un importante máximo relativo con más de 5 días/granizo, manifestando el efecto de la elevación del terreno.

Para Argentina se puede resumir: "la mayor actividad granicera está en el centro Oeste

del país, en latitudes altas las precipitaciones de granizo ocurren con mayor intensidad sobre el Este, reduciéndose (frecuencia) hacia el Oeste; para latitudes bajas la precipitación es mucho menor, a excepción del Altiplano Boliviano en donde hay un máximo relativo.

Observando las Figuras 11 y 12, se puede decir que la frecuencia de ocurrencia de granizo en Argentina es relativamente baja, sin embargo, los máximos relativos se encuentran en las regiones más pobladas y explotadas agrícola-mente: la Pampa Húmeda, Córdoba y Cuyo, donde además de vivir más de la mitad de los argentinos, son las zonas agrícola-frutícola-ganaderas del país.

Los primeros estudios sobre la génesis, desarrollo y características de dicho tipo de precipitación, se realizan durante la década de 1950 y primera parte de la década de 1960 en la Provincia de Mendoza, a través de investigadores del Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Buenos Aires, estando esto asociado al daño económico que el granizo ocasionaba en dicha Provincia en la fruticultura, particularmente en los viñedos. A partir de ese momento, el estudio del granizo en la Argentina se concentró en gran medida en esa parte del país por más de 4 décadas.

Grandoso [ref.19], quien desde 1957 á 1963 realizó un importante estudio respecto a la distribución temporal y geográfica del granizo en la provincia de Mendoza y relacionó esto con algunos parámetros meteorológicos. Determinó la frecuencia mensual de precipitaciones con su máximo en Enero; y la marcha horaria, con dos máximos relativos, uno entre las 19 y 21 hs y el otro entre las 24 y 01 horas, estos resultados fueron confirmados por Saluzzi en 1983 [ref.58], a partir de la información pluviométrica.

También, halló la relación de días promedio anual con granizo para un punto y su variación con la superficie de la red de mediciones (Figura 13), similar a lo realizado por Carter en 1978 (Figura 2):

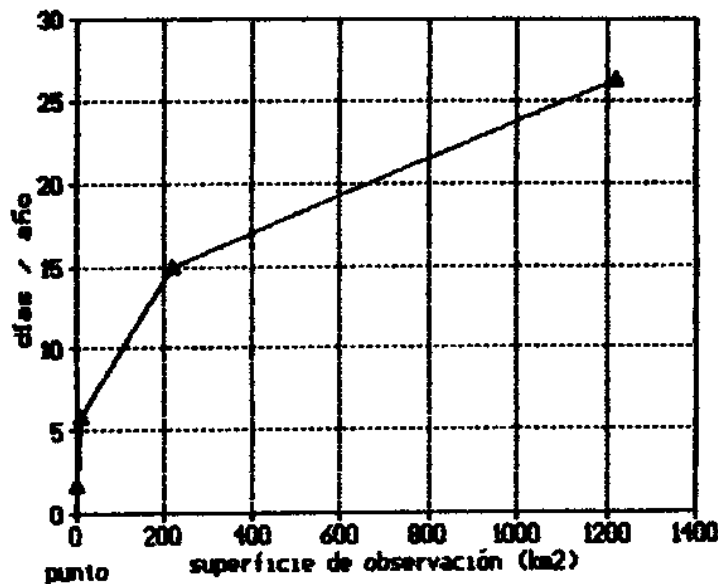


Figura 13: Días promedio anual con granizo para un punto, y su variación con la superficie de la red de mediciones para el Valle de Mendoza, según Grandoso, 1971.

En las montañas al Oeste de Mendoza, la actividad convectiva parece tener lugar más

temprano, según se desprende de una serie reducida de observaciones. De 18 días en que se registró granizo en la zona del Valle de Uspallata, ubicado entre la Cordillera del Tigre y la Precordillera, en 11 días la granizada se produjo entre las 14 y las 16 horas. Este retraso de la convección fuerte en el llano con respecto a la zona montañosa se debe sólo en parte al desplazamiento sobre el llano de las tormentas originadas en las montañas. La convección originada en el llano alcanza su fase de tormenta usualmente alrededor o después de la hora de puesta del sol.

El análisis de distribución geográfica del daño total, realizado en base a los 13 departamentos como unidad de observación, indica que las diferencias geográficas son significativas estadísticamente en el nivel del 8%, y que los daños más elevados se producen en las zonas alejadas de las montañas.

Otro trabajo que aportó conocimiento al estudio de las precipitaciones de granizo en la Argentina, fue el de Saluzzi y Núñez [ref.21] realizado en 1975, en el mismo se tomaron denuncias de productores afectados por precipitaciones de granizo con períodos distintos, las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Córdoba contaron con 14 años (de 1947 á 1961) de registros, las de La Pampa y Río Negro con 10 años (de 1947 á 1957), la de Neuquén con un sólo año (1957) y la de Santa Fe con 2 años (1947 y 1948).

De ese trabajo se extrajeron la Figura 14 donde se muestra la marcha mensual de precipitación de granizo en las 7 provincias consideradas, donde el máximo ocurre entre Agosto y Noviembre; la Figura 15 donde se indica la frecuencia horaria de caída de granizo, que para las 7 provincias analizadas el máximo ocurre por la tarde entre las 16 y 19 horas.

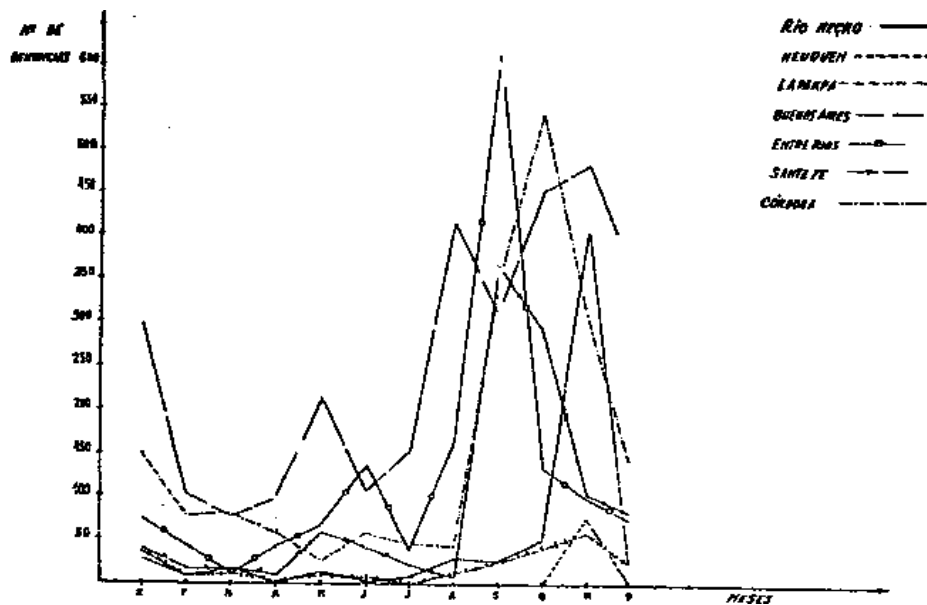


Figura 14: Marcha mensual de precipitación sólida por provincia Argentina, según Saluzzi y Núñez, 1975.

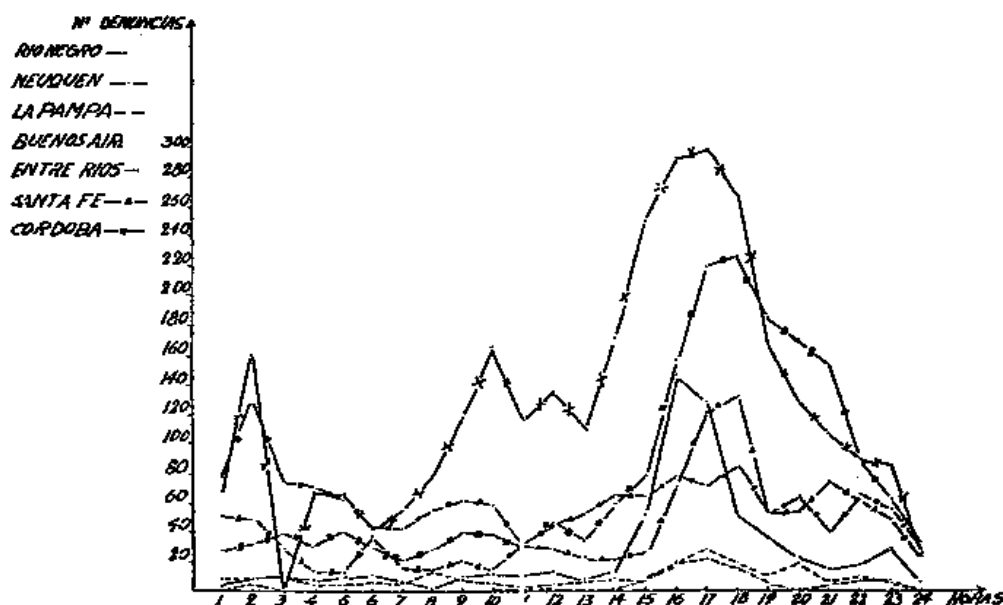


Figura 15: Frecuencia horaria de caídas de granizo en la República Argentina, según Saluzzi y Núñez, 1975.

Trabajos más recientemente podemos citar a los de Prieto, donde en 1995 realiza un trabajo reconstruyendo el clima de América del Sur mediante fuentes históricas [ref. 55], luego en 1997 Prieto y otros establecen una serie temporal para granizo, heladas y vitivinicultura en Mendoza desde el año 1887 hasta el año 1987 [ref. 56].

En 1999, Prieto y otros [ref. 57] utilizando la serie de días granizo anual para el norte de la provincia de Mendoza, realiza el análisis de esta serie temporal por medio de un Análisis Espectral Singular y el Método de Máxima Entropía, hallando que el número de días granizo exhibe una variabilidad interanual similar como la de la temperatura global superficial encontrada por M. Ghil, y R. Vautard en 1991 [ref.69]. La oscilación exhibe periodos interdecadal de 22 años, y oscilaciones interanuales de 4 y 8 años.

Simonelli en el 2000 a través de su Tesis Doctoral [ref. 59] desarrolla un Modelo Estadístico de Pronóstico de Convección para la zona norte de la Provincia de Mendoza, en él establece que los mejores predictores de la ocurrencia de convección en la escala temporal y de precipitación convectiva en la escala espacial, resultaron ser los índices de inestabilidad que involucran en su cálculo el contenido de humedad en capas bajas. Este resultado confirma la incidencia de las condiciones termodinámicas, y en particular la relación entre el aporte de humedad y el desarrollo de la convección. La evaluación del modelo muestra la asociación positiva entre los pronósticos y la ocurrencia del evento; observándose para los períodos de pronóstico que se encuentran más próximos a la hora de la observación altos porcentajes en la probabilidad de detección y bajos porcentajes de falsas alarmas, siendo ésta la condición necesaria para un buen pronóstico. El modelo de pronóstico de ocurrencia de convección y de precipitación convectiva obtenido para la zona norte de la provincia de Mendoza desarrollado

en ese Trabajo de Tesis representan un avance respecto a la metodología actual de pronóstico de convección al proveer una nueva herramienta de fácil uso computacional que sintetiza la información meteorológica disponible y aplica una metodología estadística de evaluación de los pronósticos de convección en la región.

Entre los años 2000-2003 el Gobierno de Mendoza contrató los servicios de Weather Modification Inc.(WMI) de Fargo, North Dakota, y como en todo contrato por modificación artificial del tiempo, trajo muchas polémicas. Sin embargo hay hechos rescatables, como el soporte de instrumental moderno para medir parámetros de física de nubes (aviones, radares, etc.) y un plantel de científicos que publicaron decenas de trabajos. Dentro de ellos podemos citar el escrito por Daniel Rosenfeld, William L. Woodley, Terrence W. Krauss and Viktor Makitov en 2005 [ref.60], donde hacen una síntesis del trabajo llevado en ese periodo, en él además de verificar los estudios realizados por Grandoso, determinaron a través del radar instalado en Cruz Negra, cuatro lugares de génesis de las tormentas graniceras, y sus trayectoria hacia los tres oasis de la mencionada Provincia.

1.4.- EL COMAHUE

1.4.1.- UBICACIÓN GEOGRAFICA

El Alto Valle del Río Negro y Neuquén está localizado a 300 Km al Este de la Cordillera de los Andes, alrededor de los 40° latitud Sur, entre los 65° y 70° longitud Oeste, en la zona norte de la meseta Patagónica, con una elevación entre 200 y 280 metros respecto al nivel del mar.



Figura 16: A la izquierda una Imagen Satelital en falsos colores donde se indica la ubicación de la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén; a la derecha un mapa con relieve indicando las localidades más importantes del Alto Valle.

El mismo está formado por los ríos Neuquén y Limay, que confluyen a la altura de las

ciudades de Neuquén y Cipolletti dando origen al río Negro, con una orientación Oeste-Este hasta desembocar en el Océano Atlántico, a unos 450 Km de su nacimiento.

El llamado ALTO VALLE, en realidad es la unión de tres valles (uno por cada río), teniendo una forma de "Y" acostada, como lo muestra la imagen satelital en infra rojo de la Figura 16.

Todos los valles presentan la típica forma de cañada, excavada en la meseta por acción hídrica. Localmente, al borde de la meseta erosionada se la denomina "barda". En general las bardas del Sur son un poco más elevadas que las del Norte; por ejemplo las del río Negro, la barda Sur tiene una elevación de 50 m, un poco superior a la barda Norte de unos 30 m.

La pendiente longitudinal del valle del río Negro es de 0,7 m/Km, y su pendiente transversal de 1 m/Km.

En el interior de los valles existen intensivos cultivos de frutas de pepita, parceladas por barreras protectoras de vientos constituidas por hileras de álamos, y canales de riego.

La principal producción la constituyen distintas variedades de manzanas (84%) y peras (14%), el resto son nectarinas y vides. En total la zona objeto del estudio abarcó unas 120.000 ha.

1.4.2.- ASPECTOS CLIMATICOS

El clima predominante es desértico frío con verano cálido (BWk según la clasificación de Koeppen 1931 [ref. 43]), en condiciones atmosféricas normales, fluyen vientos secos del Oeste. Como consecuencia, la región es seca, y gracias a la irrigación artificial se puede desarrollar la fruticultura.

Eventos convectivos ocurren en la región durante la primavera y el verano, causando en promedio sólo 7,5 días por temporada* de tormentas con precipitación de granizos, según los registros obtenidos durante 4 temporadas consecutivas desde la Red de Trabajo, como se detalla en la Tabla III.

Como la fruticultura en el Alto Valle, consiste principalmente de manzanas y peras, las cuales son muy sensibles a los impactos de granizo (como se demostrará en el Capítulo 4), entonces aquellas pocas granizadas producen muy importantes pérdidas económicas (como se demostrará en el Capítulo 5).

Con la observación del campo de presiones de superficie, en base a un periodo de cinco años (1987 á 1992), sobre 40 días con granizadas, para la región del Alto Valle, y usando la clasificación tradicional del tipo de origen de las tormentas de granizo, tales como por "masa de aire" y por "tipos de frentes", podemos concluir lo siguiente (ver Tabla I):

- *La temporada son 6 meses al año, se inicia el 1° de Octubre y finaliza el 31 de Marzo del año siguiente.*

Probable Origen de la Inestabilidad (%)			
Frente Caliente	Frente Frío	Collado	Otros Tipos
5	20	67,5	7,5

Tabla I: Porcentaje del origen de inestabilidad en días con granizo en el Alto valle.

- a) el 25% están asociadas con sistemas frontales (calientes o fríos), y
- b) el 75% por masas de aire convectivas, de las cuales la mayoría (el 67.5%) corresponden a la situación sinóptica básica, denominada "Collado".

Esto último ocurre cuando los anticiclones semi permanentes del Pacífico y del Atlántico están desarrollados a ambos lados de la región, y al norte y sur de la misma se presentan vaguadas y/o centros de baja presión, produciendo en la región una zona de convergencia. Esta convergencia propicia la elevación de las masas de aire, el anticiclón del Atlántico aporta la humedad en el aire, y el anticiclón del Pacífico aporta el aire frío. La Figura 17 es representativa de esta clase de situación sinóptica, y fue obtenida desde el Climate Diagnostics Center de NOAA-CIRES, promediando 58 días de granizadas en el Alto Valle, perteneciente a tres décadas (1960, 1970 y 1980), obteniéndose el mapa promedio de 1000 hPa de las 18Z.

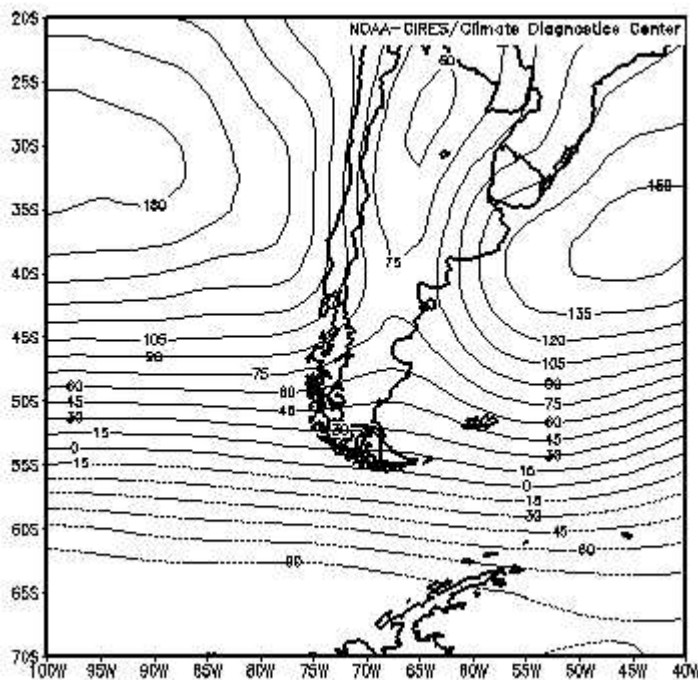


Figura 17: Típica situación sinóptica en superficie, cuando ocurren granizadas en el Alto Valle.

Datos usados:

14/01/1966	04/10/1973	01/11/1982
13/10/1968	28/10/1976	10/12/1983
14/04/1969	01/10/1971	22/12/1978
07/01/1970	11/12/1972	18/11/1980
29/03/1966	03/01/1975	03/12/1982
20/10/1968	29/10/1977	16/02/1984
13/11/1969	16/11/1971	01/01/1979
03/01/1970	30/10/1973	31/10/1981
24/11/1966	05/01/1975	12/12/1982
13/11/1968	13/12/1977	28/12/1984
27/11/1969	04/01/1972	04/03/1979
28/01/1970	05/10/1973	06/02/1981
26/11/1966	21/10/1975	22/02/1983
19/11/1968	29/12/1977	01/01/1985
20/01/1970	21/01/1972	03/03/1980
13/01/1968	18/10/1973	28/11/1981
26/11/1968	11/10/1976	08/12/1983
27/01/1970	12/01/1978	11/12/1985
16/02/1971	16/12/1978	
06/11/1972	14/10/1980	

Febrero y Marzo son los meses con mayor frecuencia de ocurrencia de tormentas con precipitaciones de granizo, (ver Figura 18), coincidiendo con el mayor desarrollo de los frutos de peras y manzanas (ambos representan el 96% del área cultivada).

Días Granizo: 1987 - 91

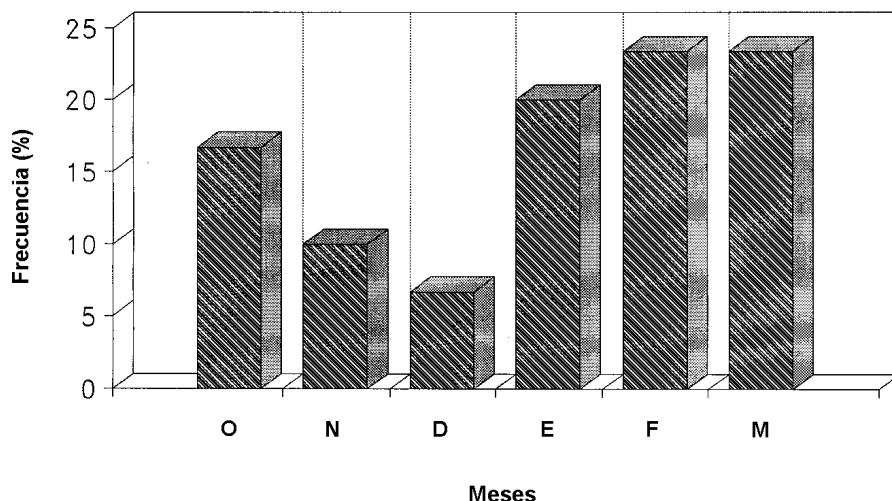


Figura 18: Porcentaje de ocurrencia de precipitaciones de granizo en el Alto Valle según el mes.

1.4.3.- ANTECEDENTES RELATIVOS AL ESTUDIO DE LAS PRECIPITACIONES DE GRANIZO EN EL ALTO VALLE DE RÍO NEGRO Y NEUQUÉN.

Nuestra región es afectada económicamente por las precipitaciones de granizo, e influenciada por los acontecimientos de lo que ocurría en la vecina Provincia de Mendoza.

A fines de 1984 y comienzos de 1985, en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén se producen importantes granizadas, que afectan la producción de manzanas y peras durante esa temporada, y el reclamo de los productores y empresarios hacia el Gobierno Provincial para que adopte algún sistema que los proteja (a semejanza de lo que ocurría en Mendoza) desata un debate público sobre el granizo.

En el año 1985 la entonces denominada Secretaría de Estado de Fruticultura (SEF) de la Provincia de Río Negro, convocó a productores, industriales e investigadores de la región, afectados por las precipitaciones de granizo a formar una Comisión, para que en el marco de un intercambio interdisciplinario e interinstitucional se debatiera el tema y se sugirieran líneas de acción para afrontar seriamente este problema.

Esta Comisión organizó durante 1985 Talleres de Trabajo (workshops) invitando a especialistas nacionales y extranjeros a aportar ideas y asesoramiento, entre ellos podemos citar al Dr. Pierre Admirat (del Centre National de la Recherche Scientifique de Francia), y al Dr. Ivan I. Burtsev (Chief, Department of weather modification application in the national economy USSR State Committe for Hydrometeorology and Control of Natural Environment).

También integrantes de dicha Comisión visitaron las instalaciones de Lucha Anti Granizo en el Oasis Norte de la Provincia de Mendoza.

En aquellas reuniones, se elaboró un Plan de Trabajo para aclarar ciertos aspectos de las precipitaciones de granizo y su relación con los daños en los cultivos existentes en el Alto Valle, para luego poder tomar decisiones de cómo mitigar los mismos.

El Alto Valle tomaría un camino distinto a lo ocurrido en Mendoza.

Lo primero fue intentar evaluar la incidencia de los daños por granizo en la fruticultura regional.

Esta primer aproximación al problema fue resuelta por Lassig y otros en la publicación “Evaluación Económica de Daños Históricos por Granizo en al Alto Valle de Río Negro y Neuquén” (Convenio UNC-Corpofrut-SEF-CAFI, Neuquén, Mayo de 1987), la falta de datos llevó al grupo de trabajo a basarse en la información periodística para hacer una reconstrucción de la ocurrencia de precipitaciones de granizo en el Alto Valle. Los resultados de este trabajo indicaron que el granizo dañaba el 4,5% (promedio anual) la producción de frutas en la región, valor este, ni muy pequeño ni muy grande, pero sí eran importantes las cíclicas precipitaciones de intensas granizadas que elevaban los daños en esas temporadas hasta el 35% de la producción total.

Con la finalización del Informe, se crea por Decreto N° 0563/86 de la Provincia de Río Negro, la COMISION PROVINCIAL DE LUCHA ANTI GRANIZO, que entre otras funciones le competía:

“... a) Obtener, sistematizar y evaluar toda la información básica referida al fenómeno del granizo en la región”...

... c) Diagnosticar los daños físicos y económicos producidos por el fenómeno, estableciendo las relaciones de sensibilidad granizo-daños físicos para la producción fruti hortícola, y también las relaciones daños físicos-daños económicos, a fin de evaluar la incidencia de los daños en la economía regional ...”.

Así comenzaron a delinearse una serie de proyectos científicos para profundizar en él. El primero fue la necesidad de conocer la física de las precipitaciones de granizo a nivel del suelo.

Dicha Comisión seleccionó el Proyecto presentado por el autor del presente Trabajo, previo a la consideración de 4 evaluadores, dos nacionales: la Dra. Laura Levi, y la Dra. María E. Saluzzi, y dos extranjeros: el Dr. Domenico Vento (Ufficio Centrale Di Ecologia Agraria e Difesa Delle Piante Coltivate Dalle Avversità Meteoriche, del Ministero Della Agricoltura e Delle Foreste de Italia) y el Dr. Pierre Admirat (CNRS), encomendando así a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, el proyecto de “Instalación y Operación de una Red de Impactómetros”, para medir la energía cinética asociada a las precipitaciones de granizo. Esto se concretó con la firma del Convenio entre la SEF de Río Negro y la Facultad de Ingeniería de la U.N.Comahue el día 14/08/87; y entre la Secretaría de Recursos Naturales de Neuquén y la misma Facultad el día 27/10/87.

Hasta el año 1989 se contó con el patrocinio de ambas Provincias, pero luego problemas de política frutícola entre el Poder Ejecutivo de Río Negro e integrantes de las entidades productivas privadas de dicho estado, motivaron la ruptura de la mencionada comisión anti granizo, los aportes financieros dejaron de llegar, y el proyecto continuó con subsidios del ámbito de la Universidad y de otros organismos científicos nacionales (Conicet).

La Red de Impactómetros, operó desde Octubre de 1987 hasta Marzo de 1991 en forma continua, y también se analizaron precipitaciones de granizo en forma discontinua durante 1992, 1993 y 1994.

Este fue el contexto del inicio de la presente Tesis. Desactivada la Comisión Provincial, el autor del presente trabajo tomó como propias las pautas de trabajos a desarrollar.

1.5.- OBJETIVOS

El trabajo que se propone intenta responder a interrogantes tales como:

° ¿Son importantes los daños por granizo en la fruticultura del Alto Valle de Río Negro y Neuquén?.

° ¿Qué particularidades presentan las precipitaciones de granizo en esta región?, ¿son similares a otros lugares, o presentan características distintas?.

° ¿Cómo afectan los impactos por granizos a los frutos de manzanos?.

A los fines de contestar estos interrogantes se definieron las siguientes acciones:

- Instalar y operar una red de trabajo con 100 impactómetros para determinar las características físicas de las precipitaciones de granizo.
- Realizar impactos a los frutos de manzanos durante el desarrollo fenológico de los mismos, simulando los golpes por granizo, para obtener la curva de sensibilidad de las manzanas a los impactos por granizo.
- Realizar un modelo económico que tenga en cuenta la producción frutícola en cada localidad del Alto Valle, su rendimiento, la ocupación del suelo, y los precios de la fruta a nivel productor.
- Por último, integrar los resultados de los ítems expuestos anteriormente, en un modelo para obtener el daño que el granizo produce en la fruticultura regional, a valores de productor.

Objetivo General: Estudiar las precipitaciones de granizo y su influencia en la fruticultura del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

Objetivos Parciales:

- Análisis de la física de las precipitaciones granizo a nivel de suelo, en la región de estudio.
- Evaluación de los daños físicos por granizo a frutos característicos de la zona.
- Evaluación del impacto económico del granizo en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

CAPITULO 2

FISICA DE LAS PRECIPITACIONES DE GRANIZO

2.1.- FÍSICA DE LAS PRECIPITACIONES DE GRANIZO

Con la implementación de las redes de impactómetros, se dio origen al estudio de la física de las precipitaciones de granizo. Ella consiste en calificar una granizada por los datos físicos de los granizos caídos, y no por los daños ocasionados.

Para ello es necesario contar con sensores que registren el tamaño y la cantidad de los granizos precipitados, y a partir de allí, en el gabinete se calcula: la energía cinética, la masa de hielo precipitada, la superficie afectada y el espectro de tamaño de granizos.

Para detectar el tamaño y su cantidad se desarrollaron los impactómetros. Ellos básicamente consisten en una placa de un material plástico deformable a los impactos, tipo "espumas expandidas".

Se intentaron varios materiales, uno consistió en usar una plancha de polietileno expandido (tipo Telgopor) de 0,33 x 0,33 m de sección, con un espesor entre 0,01 a 0,02 m, sobre ella se pegaba una lámina de aluminio de un espesor de aproximadamente 40 micrones, Fotografía A. Este tipo de medidores se lo utilizó al comienzo del Plan Nacional de Lucha Anti Granizo (fines de la década 1970) en la provincia de Mendoza [ref.22]. Tiene la desventaja de ser difícil su lectura.

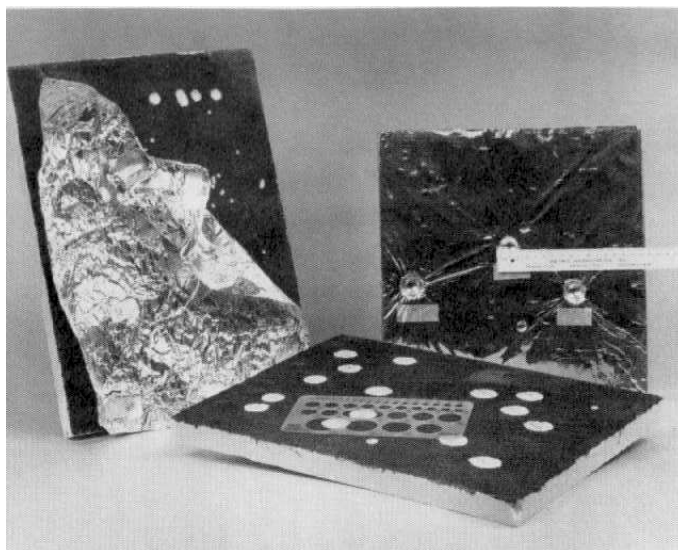


Foto A: Típicas placas impactométricas construidas con Telgopor y una lámina de Aluminio.

El uso de otro tipo de espumas, como el poliuretano expandido en densidades de aproximadamente 40 kg/m^3 es más adecuado y no necesita de la lámina de aluminio.

En la red de impactómetros del Alto Valle de Río Negro y Neuquén (1987-92) se utilizó dicho material denominado comercialmente "Estisol" [ref.23].

Este tipo de material no es el de mejor calidad, pues tiene mayor porosidad y rigidez que el producto desarrollado por la Dow Chemical denominado "Roofmate", que fuera usado en Grossversuch IV y otras redes en el mundo.

Tanto el Roofmate como el Estisol son deteriorados por la radiación ultravioleta que llega a superficie desde el Sol, lo que hace necesario que las placas sean pintadas con un látex

para exteriores, aumentando su duración a la exposición solar de 60 a 150 días, según el espesor de la capa y el tipo de material.

También, se deben dejar las placas con cierta holgura en el porta placas, pues la dilatación que sufren las deforma, como se puede observar en la Fotografía B.

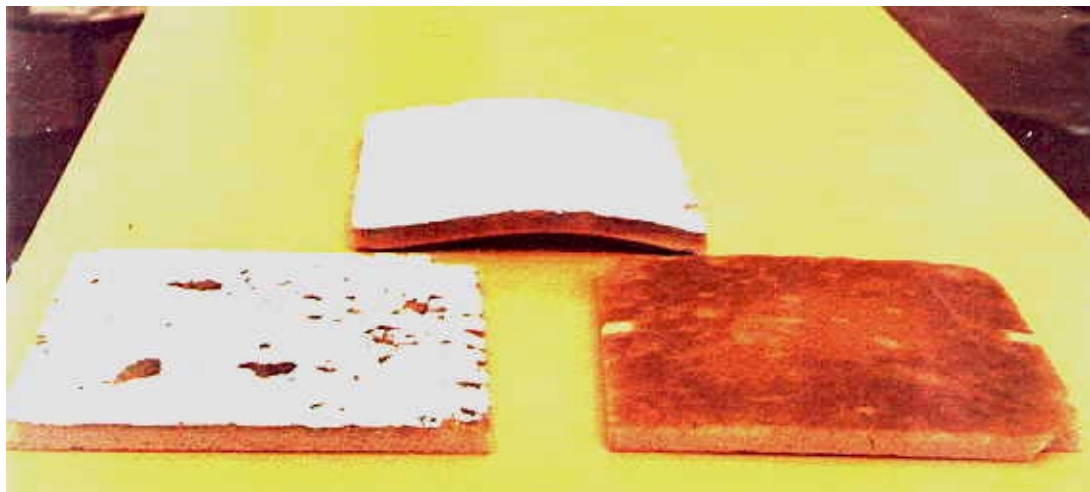
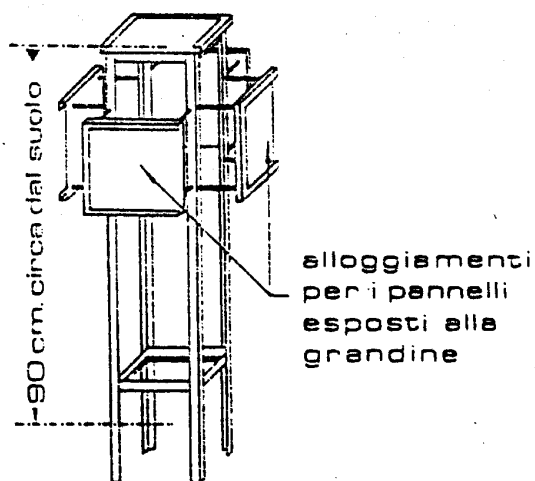


Foto B: Tres placas de Estisol que han sufrido deterioros, la superior arqueada debido a que no se le dejó holgura en el porta placa para expandirse por el calor; la inferior derecha muestra daños por radiación ultra violeta al ser expuesta a la intemperie sin la protección de pintura látex; y la inferior izquierda una placa con la holgura suficiente, con pintura protectora, pero "picoteada" por los pájaros del lugar.

Cada placa debe tener aproximadamente $0,10 \text{ m}^2$ de superficie, no importando su forma geométrica, cuadrada o rectangular. El porta placa debe garantizar rigidez ante el impacto de los granizos, y que no se "vuele" la placa por el viento asociado a la tormenta. Hay varios modelos como muestran la Figura 19 y la Fotografía C.



22

Figura 19: Impactómetro cúbico utilizado en Italia, extraído de la ref.38.

Foto C: De frente, un impactómetro simple Francés como el que se utilizó en Grossversuch IV. Detrás, un impactómetro con un dispositivo para recoger granizos y conservarlos

congelados.

La Figura 19 muestra un impactómetro cúbico, donde se puede estudiar el efecto del viento en superficie.

Este tipo de porta impactómetros se utiliza poco, pues a través de las placas horizontales, también es posible reconocer el efecto del viento en la trayectoria del granizo: si la impronta que deja es elíptica, entonces su eje mayor indica la dirección del viento y su eje menor es proporcional al diámetro del granizo (Figura 20).

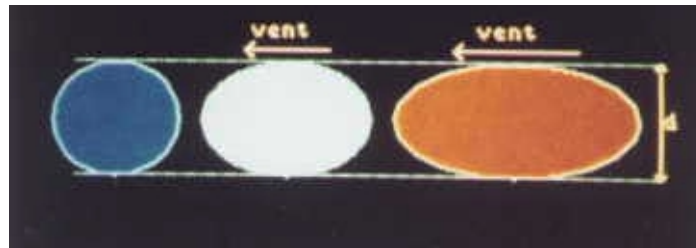


Figura 20: En azul se encuentra la impronta de un granizo esférico cayendo verticalmente, en blanco y naranja dos impresiones del mismo tipo de granizo si tuviera una componente de viento, cuanto más intenso este último, más alargada la impronta.

2.2.- CALIBRACION DE PLACAS

Hay dos aspectos que considerar en el material usado para las placas impactométricas. Uno, es la homogeneidad en la densidad y porosidad de la partida del material adquirido, y el otro, es la obtención de la curva de calibración: impronta versus tamaño del granizo.

Para poder cuantificar la primera, se desarrolló un método ingenieril basado en ensayos de dureza, para poder valorar la homogeneidad del material [Anexo 2]. La variabilidad en la homogeneidad se debe al método mismo de fabricación de las espumas expandidas, pues consiste en agregar al plástico (en estado líquido), un gas expandible (freón) junto al catalizador que lo endurece; entonces el plástico líquido se expande en forma de espuma líquida (por el freón) y se solidifica por la acción del catalizador en pocos segundos, así el resultado del producto puede variar de colada en colada, por lo que es importante constatar su homogeneidad en cuanto a la densidad de material sólido y la distribución y tamaño de las burbujas formadas.

En cuanto a la calibración, debe hacérsela con cada nueva partida de placas. Básicamente, consiste en arrojar esferas metálicas desde una altura determinada, que al impactar sobre la placa tengan la misma energía cinética que un granizo esférico del mismo diámetro, con lo que se logra una semejanza geométrica y cinética del ensayo de calibración.

La energía cinética se expresa como:

$$Ec = \frac{1}{2} \cdot m_g \cdot V_T^2 \quad (1)$$

La masa de un granizo es:

$$m_g = \rho \cdot Vol \quad (2)$$

donde V_T es la velocidad terminal, Vol el volumen del granizo, y ρ la densidad final del granizo, según Browning, Ludlam y Macklin (1961) [ref. 61] para granizos desarrollados el valor se

puede estimar en 0,90 % de la del agua en estado líquido, Vento (1972) [ref.25] utiliza este valor de densidad para el cálculo de la energía cinética de los granizos para la calibración de placas de impactómetros en Italia, y Levi utiliza el mismo valor de densidad para correr su modelo numérico de crecimiento de granizos (1987) [ref.24].

La velocidad terminal se puede hallar a partir de métodos iterativos, partiendo de la fuerza de arrastre (F_D) de una esfera:

$$F_D = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot V_T^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (3)$$

donde ρ_a es la densidad del aire, D el diámetro del granizo, C_D es el coeficiente de arrastre de la esfera, que es función del Número de Reynolds:

$$R_e = \frac{V_T \cdot D \cdot \rho_a}{\mu_a} \quad (4)$$

que para la esfera está bien determinado (Figura 21), donde μ_a es la viscosidad dinámica del aire.

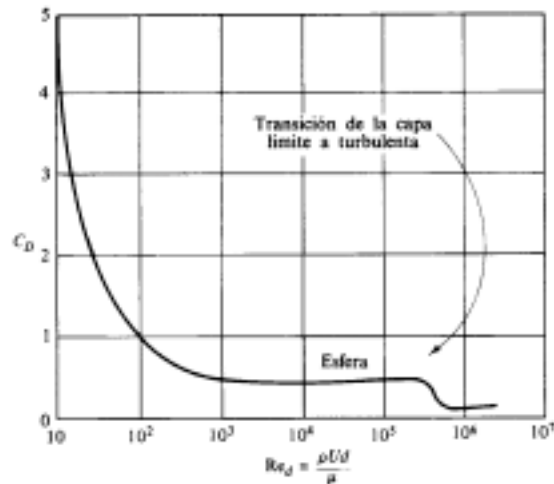


Figura 21: Coeficiente de Arrastre (C_d) de la esfera vs. Número de Reynold (Re).



Foto D: Aparato construido en el Departamento de Mecánica Aplicada de la Universidad Nacional del Comahue, para calibrar las placas a utilizar en la Red del Impactómetros del Alto Valle.

En la Tabla II se indican para cada diámetro de granizo (D), la velocidad terminal de caída (V_T), la energía cinética asociada (E_t), el número de Reynolds (Re), y el coeficiente de arrastre (C_d) correspondiente:

Tabla II

C_d	Re	D (m)	V_T (m/s)	E_t (Joule)
0.79	234.93	0.001	3.52	29.26 E-07
0.59	768.89	0.002	5.77	62.68 E-06
0.56	1449.88	0.003	7.25	33.43 E-05
0.54	2273.19	0.004	8.52	10.96 E-04
0.53	3206.71	0.005	9.62	27.26 E-04
0.53	4215.33	0.006	10.54	56.52 E-04
0.52	5362.76	0.007	11.49	10.67 E-03
0.52	6552.04	0.008	12.29	18.21 E-03
0.52	7818.17	0.009	13.03	29.16 E-03
0.52	9156.75	0.010	13.74	44.45 E-03
0.52	10564.05	0.011	14.41	65.08 E-03
0.52	12036.86	0.012	15.05	92.17 E-03
0.52	13572.39	0.013	15.66	12.70 E-02
0.52	15168.18	0.014	16.25	17.08 E-02
0.52	16822.03	0.015	16.82	22.50 E-02
0.52	18531.96	0.016	17.37	29.13 E-02
0.53	20103.82	0.017	17.74	36.42 E-02
0.53	21903.52	0.018	18.25	45.78 E-02
0.53	23753.94	0.019	18.75	56.84 E-02
0.53	25653.71	0.020	19.24	69.78 E-02
0.53	35852.15	0.025	21.51	17.04 E-01
0.54	46690.46	0.030	23.35	34.67 E-01
0.55	58299.37	0.035	24.99	63.07 E-01
0.56	70589.34	0.040	26.47	10.57 E+00
0.57	83488.09	0.045	27.83	16.63 E+00
0.57	97782.40	0.050	29.33	25.34 E+00
0.58	111833.80	0.055	30.50	36.47 E+00
0.58	127425.40	0.060	31.86	51.65 E+00
0.58	143681.00	0.065	33.16	71.14 E+00
0.58	160574.40	0.070	34.41	95.68 E+00

Para el ensayo se utiliza la misma metodología, pero cambiando la densidad del granizo por la densidad de la bolilla metálica que lo simula, y con la fórmula de caída libre

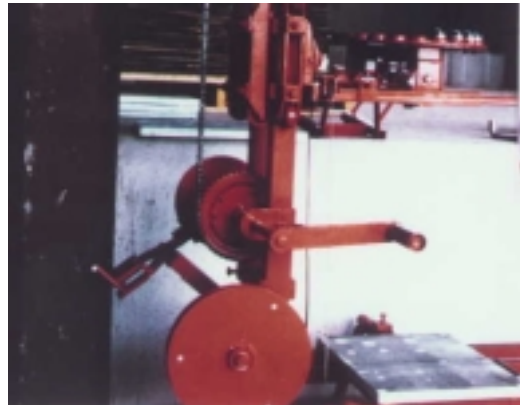
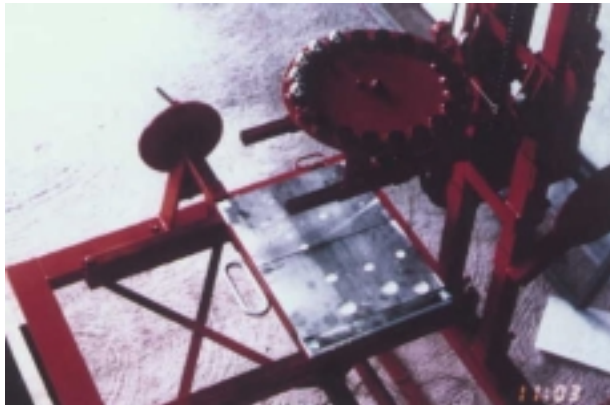
$$h = \frac{V_T^2}{2 \cdot g} \quad (5)$$

se obtiene la altura h desde donde se debe arrojar la misma.

Se puede emplear un tubo con orificios laterales por donde se arrojan las bolillas, ubicando abajo la placa a calibrar, como se observa en la Fotografía D, así a cada impronta de la

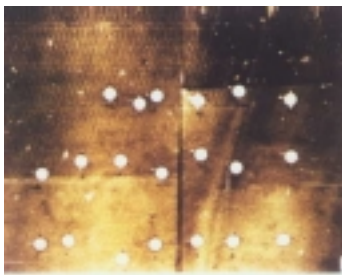
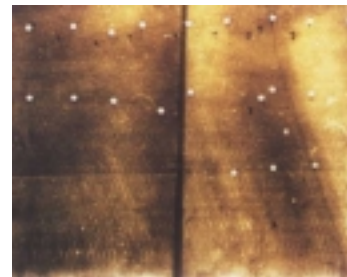
placa le corresponderá un determinado diámetro de bolilla (que simula a un granizo esférico).

Un método más sofisticado para calibración de placas se muestra en la Fotografía E que corresponde a la empresa francesa SZA.



Fotos E1 y E2: El aparato empleado por la empresa Francesa SZA para calibrar placas, dicha empresa abastece a la región Sur de Francia en donde existe desde hace 30 años un plan sistemático de reducción del granizo por medio de quemadores ubicados en el suelo.

Para cada punto de la curva, se repite "n" veces el ensayo en distintas placas, según un criterio estadístico.



Fotos F: Distintas improntas según el diámetro de bolilla lanzada para simular un granizo equivalente (para el cómputo a veces conviene pintar la placa impactada, de negro para realzar el tamaño de las improntas).

En la Figura 22 se observan 3 distintas curvas de calibración: una para polietileno expandido y aluminio, otra para Roofmate y la última para poliuretano expandido Estisol (UNC).

Para nuestro caso (UNC), la curva obtenida puede ser expresada por la siguiente regresión:

$$D_s = 1.063 \cdot D_d - 2.591, \quad (\text{con } R^2 = 0.997).$$

Donde D_s es el diámetro de la impronta, y D_d es el diámetro del granizo.

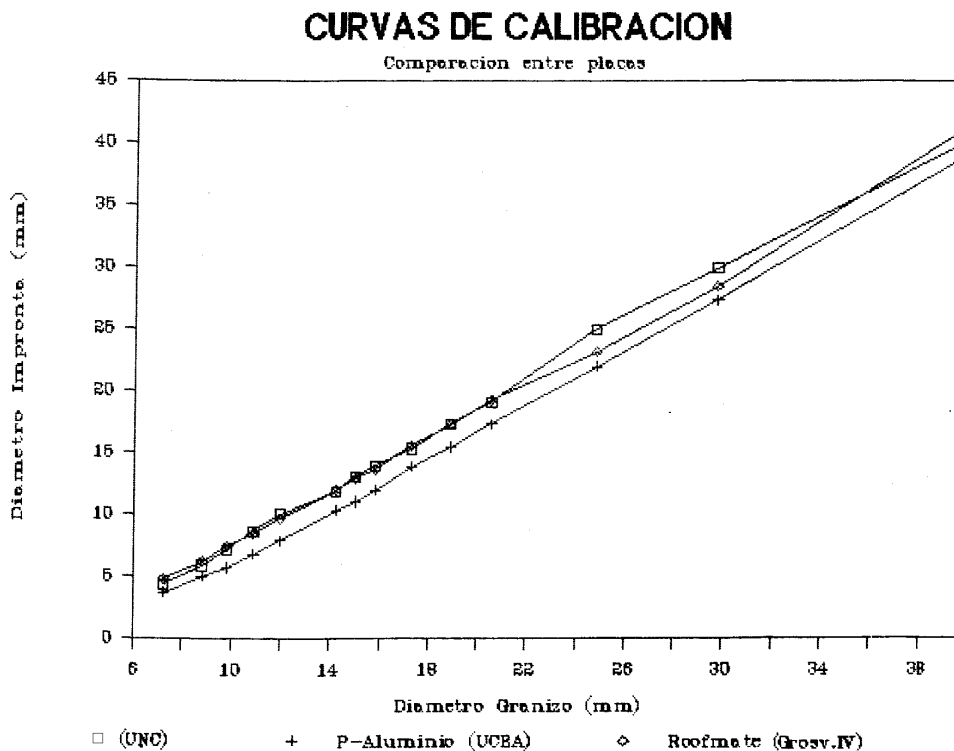


Figura 22: Curvas de calibración de placas de Estisol (UNC), Aluminio (UCBA) y Roofmate (Grossversuch IV).

2.3.- LECTURA DE LAS PLACAS REGISTRADORAS

Una vez precipitado el granizo sobre las placas, éstas se recogen y se las envía a la oficina de procesamiento de datos.

Allí, se pueden pintar de negro para dar mejor contraste, o contar directamente dependiendo del estado de la placa y del material empleado. Las Fotografías G y H dan ilustración del mismo.

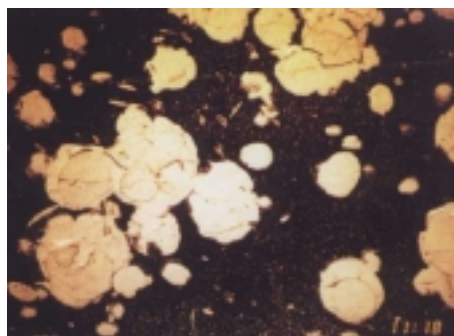
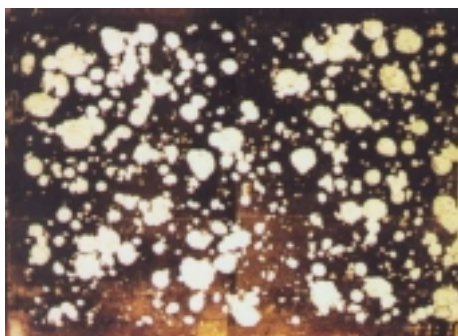


Foto G (izquierda): Placa impactada con granizos pequeños, inferiores a 15 mm de diámetro.
Foto H (derecha): Placa impactada con granizos grandes, superiores a 15 mm de diámetro.

El proceso de cómputo consiste en dividir la placa en 16 sub-superficies y contar en cada una de ellas las improntas.

Para aliviar el proceso, se recurre a un intervalo de tamaños de granizo, clasificados en 8 tamaños, presentados en la siguiente tabla:

Tabla III

$5 < D1 \leq 9 \text{ mm}$	$21 < D5 \leq 25 \text{ mm}$
$9 < D2 \leq 13 \text{ mm}$	$25 < D6 \leq 29 \text{ mm}$
$13 < D3 \leq 17 \text{ mm}$	$29 < D7 \leq 33 \text{ mm}$
$17 < D4 \leq 21 \text{ mm}$	$D8 > 33 \text{ mm}$

Para cada intervalo, se lee el valor de impronta que le corresponde en la curva de calibración, y a partir de allí se cuenta pero por intervalo de tamaño.

Para agilizar el conteo se puede recurrir a un papel transparente donde se dibujan círculos de distintos diámetros, que al superponerlo con la impronta de la placa se obtiene más rápidamente el valor del intervalo de tamaño que le corresponde.

Como se mencionó anteriormente, cuando hay marcas no simétricas, se toma como valor de diámetro de impronta, el correspondiente al eje menor de la misma (ver efectos del viento en página 21).

Así, por cada placa se tendrá la cantidad de granizos clasificados por tamaño, luego hay que multiplicarlo por 10 ó por la fracción necesaria para pasarlo a unidades por metro cuadrado.

A partir de allí se procede al cálculo de los parámetros físicos de la precipitación.

2.4.- CALCULO DE PARAMETROS FISICOS

Definiremos una serie de parámetros y términos que usaremos en este estudio, que tratan de mantener lo sugerido por Mezeix y Doras (1981) [ref.3].

Denominaremos "figura granizada" o "granizada" a la superficie de precipitación continua en el espacio y en el tiempo (hailpatterns; figures de grelè, etc).

Indicaremos por E_t a la energía cinética registrada en cada placa (energía puntual), E_g a la energía cinética de toda la figura granizada (energía global), y E_{tmax} a la energía cinética de la placa más castigada por el granizo en la figura granizada en estudio (energía máxima), todas referidas en Joule/m^2 .

Clasificaremos los tamaños de granizo según lo hecho en Grossversuch IV, ya indicado en la Tabla II.

Para el cálculo de la energía cinética utilizaremos la fórmula:

$$E_t = 4.58 \cdot 10^{-6} \sum_{i=1}^k N_i \cdot D_i^4 \quad (\text{J} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (6)$$

con D_i en (mm) según la clasificación precedente y N_i como la cantidad de granizos de tamaño " i ".

En el Alto Valle el ancho de malla fue de 3 km, dando un área de influencia del impactómetro de 9 km^2 , entonces la energía cinética global de la figura granizada será:

$$E_g = S \cdot \sum_{j=1}^P E_{ij} \quad (10 \cdot \text{J}) \quad (7)$$

donde para nosotros S es 9 km^2 . Luego el área global de la figura granizada es:

$$S_g = S \cdot P \quad (\text{km}^2) \quad (8)$$

donde P es la cantidad de placas impactadas.

La masa de hielo precipitada por metro cuadrado será:

$$m = \frac{\pi}{6} \cdot \rho_g \cdot \sum_{i=1}^k D_i^3 \cdot N_i \quad (9)$$

donde ρ_g = densidad de los granizos = 900 kg/m^3 .

2.5.- ANCHO DE MALLA DE LA RED

Un tema crítico es definir el ancho de malla de la red de impactómetros. Aquí entran en juego varios conceptos. Por un lado, si es muy grande la distancia entre los impactómetros, entonces se puede perder información, incluso hasta las pequeñas granizadas; por otro lado, si es muy pequeña la distancia entre sí, se gana en información pero se elevan los costos de operación y mantenimiento haciéndolos prohibitivos.

Hay varios trabajos que intentan valuar el ancho óptimo; Wojtiw (1977) [ref.27] estudió grandes granizadas en la región de Alberta, Canadá, con superficies globales entre 900 y 4.000 km^2 , llegando a una expresión donde el error estándar es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad de la red ($1/S$) y del área de la granizada (S_g):

$$e_s \approx \frac{\text{Constante}}{\sqrt{\frac{S_g}{S}}} \quad (10)$$

luego:

$$e_s \approx \text{Constante} \cdot \sqrt{\frac{S}{S_g}} \quad (11)$$

Esto significa que a medida que se aumenta la malla (S), el error aumenta; y que para un ancho de malla fijo, a medida que la superficie global de la granizada disminuye, entonces el

error aumenta, quedando así determinado el valor mínimo de figura granizada que interesa estudiar.

Doras (1983) [ref.28] estudió el error que se comete en los distintos parámetros físicos a partir de una red de trabajo de un ancho de malla dado. Sus trabajos partieron de la experiencia de Grossversuch IV armando un modelo de simulación.

Para una red de una densidad de un impactómetro cada 3,8 km² obtuvo el siguiente error estándar de estimación de la energía global (E_g) dado por:

$$\sigma(E_g/\hat{E}_g) = 1,78 \cdot (E_g)^{-0,315} \quad (12)$$

y el error estándar en la estimación de la superficie global para cualquier ancho de malla y una cantidad P de placas impactadas, la valuó en:

$$\sigma(S_g/\hat{S}_g) = 0,5 \cdot P^{-0,71} \quad (13)$$

lo que nos indica nuevamente, que a medida que aumenta la granizada (ya sea en superficie o intensidad) disminuyen los errores debido a las mediciones puntuales.

En el caso particular de la red de impactómetros del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, se adoptó una densidad de un impactómetro cada 9 km². Ello fue sugerido por el Dr. Pierre Admirat al ser consultado:

"Una red de 386 granizómetros es una pesada instalación. La malla de 2 x 2 km es la que hay que elegir cuando no hay otras posibilidades de marcación del granizo en el suelo. Cuando los cultivos son muy abundantes, homogéneos, sensibles al granizo, como es el caso en vuestra región, y sobre todo, cuando se puede disponer de datos de seguros sobre más del 50 % de la superficie cultivada, entonces una malla de alrededor de 3 x 3 km alcanza plenamente, con amplias tolerancias de una malla irregular. Los datos de seguros permiten integrar la información referida al granizo.

En consecuencia, si Uds. tienen datos de seguros, una red de menos de 200 granizómetros es suficiente, menos cara y mucho más fácil." (1987) [ref.29].

2.6.- EVALUACION DE ERRORES

El error inherente a este tipo de técnicas de mediciones de granizos son: las propias de la placa, las debidas a las técnicas de observación y las motivadas por la variación natural del fenómeno.

a) **Propias de las placas:** unas se originan por la pequeñez de la superficie de la placa (0,1 m²), Joss y Waldvogel (1969) [ref.30] por un lado; Getzman y Atlas (1977) [ref.31] por otro, han arribado a la conclusión de que el espectro de granizos sigue una distribución de Poisson. En este caso el desvío estándar es igual a la raíz cuadrada del número de granizos:

$$\sigma_N = N^{1/2} \quad \text{ó} \quad \sigma_N / N = 1 / N^{1/2} \quad (14)$$

Así, por ejemplo, para $\sigma/N \leq 0,20$, se necesita 25 granizos por placa (ó 250 por m²), quiere

decir que se cometerán grandes errores sólo con precipitaciones muy pequeñas de granizos, y ellos son de poca importancia, por lo tanto un tamaño mínimo de superficie de placa puede ser utilizado.

Pero el problema nace cuando caen muchos granizos y la superposición de improntas satura la placa.

De la experiencia de Grossversuch IV sólo el 5 % de las placas presentaron una sobre saturación.

Según Waldvogel y otros (1978) [ref.32] por sobre saturación de placas, se comete un error del 30% en el valor de cálculo de E_g de la granizada.

El otro factor de error es la distancia entre placas, que fue descrito en el punto anterior.

b) **Errores por mediciones:** hay dos fuentes de error: una en la calibración de las placas, y otra en la medición de la impronta provocada por el granizo.

Afortunadamente se compensan. En el caso del cálculo de la velocidad terminal de caída:

$$V_t = (4 / 3 \cdot \rho_g / \rho_a \cdot g / C_D)^{1/2} \cdot D^{1/2} \quad (15)$$

tanto la densidad del granizo ρ_g , como el coeficiente de arrastre C_d , cambian con las características de los granizos, afectando el valor de V_t ; para cuantificarlo deducimos de la ecuación (1) y (2) la ecuación 15b:

$$E_c = (\pi \cdot \rho_g / 12) \cdot D^3 \cdot V_t^2 \quad (15b)$$

Si el granizo tenía un C_D más pequeño y produjo un incremento en el cálculo de V_t del 10%, este repercute en una variación del 21% del valor calculado de energía cinética (aplicada a la ecuación 15b), lo que producirá una marca en el impactómetro un poco mayor, por ejemplo de un incremento del 4% en la medición del diámetro de la impronta, esta afecta en un 16% el valor de la energía cinética (12% por variación del diámetro en la ecuación de energía cinética y 4% por variación de la velocidad en la misma ecuación 15b), así se pueden compensar estas dos fuentes de error y no tenerlas en consideración.

c) **Errores por la naturaleza del fenómeno:** como existe gran variabilidad tanto temporal como espacial en todos los parámetros físicos del granizo y como las mediciones son puntuales, entonces se introduce una incertidumbre de cuánto de real tiene el valor medido.

Se realizaron experiencias con impactómetros distanciados a 100 m, (Morgan y Towero 1975 [ref.33]) y encontraron que las mediciones en cada placa, variaban en un factor por 2; sin embargo Strog y Lozowski (1977) [ref.34] llegaron a idénticas conclusiones pero con impactómetros distanciados a 400 m.

Si se coloca un impactómetro al lado de otro y se mide el valor de energía cinética en cada uno, se observa una gran dispersión, pero la mayoría de los datos quedarán limitados por debajo de una curva como la representada en la Figura 23.

En ella se observa, que a medida que aumenta la E_t , la variación disminuye y tiende a estabilizarse en el 30%. Por lo tanto la información puntual obtenida desde un impactómetro es un valor representativo de un intervalo $\pm 30\%$ el valor medido. Esta gran variabilidad cubre ampliamente todos los errores descritos anteriormente.

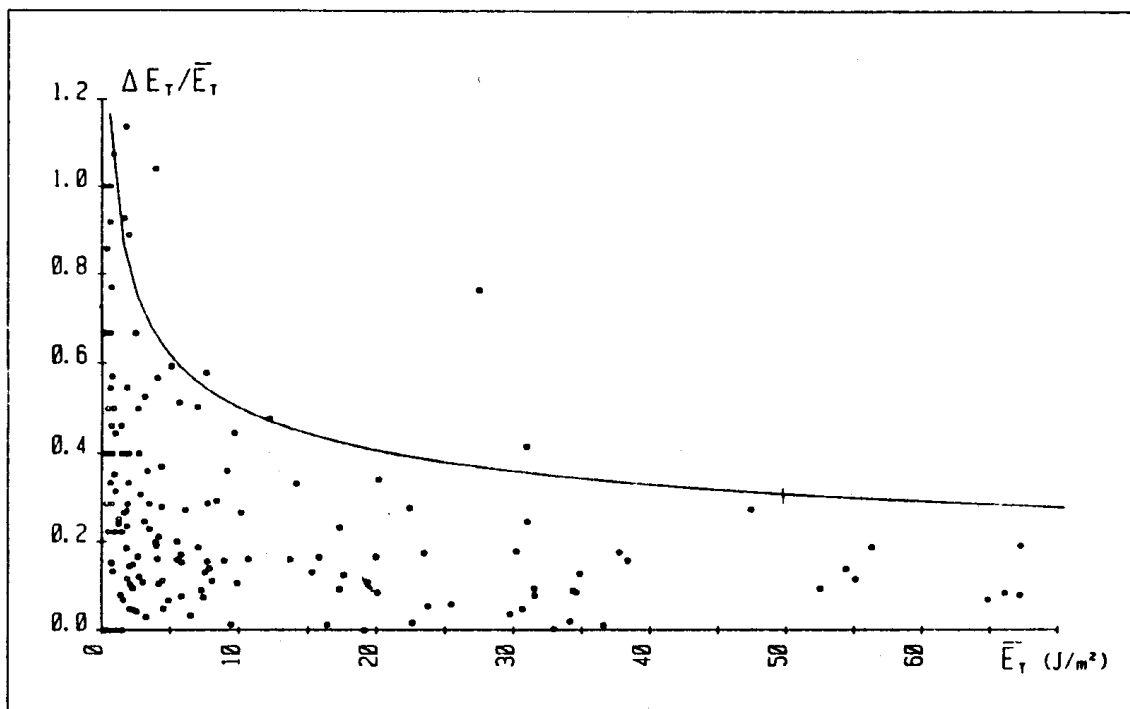


Figura 23: Diferencia fraccional de Energía Cinética entre 2 impactómetros distintos, ubicados uno junto al otro, extraído de la ref.38.

2.7.- FORMAS Y ESTRUCTURAS DE LAS AREAS GRANIZADAS

Por último, veremos la forma que presenta un área granizada y su estructura interna en cuanto a la distribución de energía cinética, tamaños y cantidad de granizos.

Admirat (1982) [ref.35] expone un modelo de granizadas que está basado en las experiencias de: Grossversuch IV (Napf), Canadá (Alberta), Sudáfrica (Transwaal Highveld) y Francia (Langvedoc).

El 80% de las granizadas tienen un área inferior a 25 km^2 . El 10% de ellas están entre 25 y 50 km^2 .

Y el otro 10% son mayores a 50 km^2 correspondiendo a tormentas con trayectorias casi lineales y relativamente aisladas.

a) Repartición espacial para granizadas inferiores a 25 km^2 :

En la Figura 24, que corresponde a una precipitación ocurrida el 16/6/79 en Napf, hay 16 zonas distintas donde granizó (la malla de la red de impactómetros fue de 3.8 km^2). Para esta clasificación el tamaño ronda los 10 á 15 mm, la cantidad es de algunos centenares por m^2 , y la energía cinética es inferior á 10 J/m^2 . El total de granizos por granizada está entre 10^8 y 10^9 . El

daño en los cultivos es pequeño y el orden de tiempo de precipitación es sólo de algunos minutos. A estas granizadas Admirat las denomina de Tipo 1. El eje mayor del área granizada está entre 3 y 5 km.

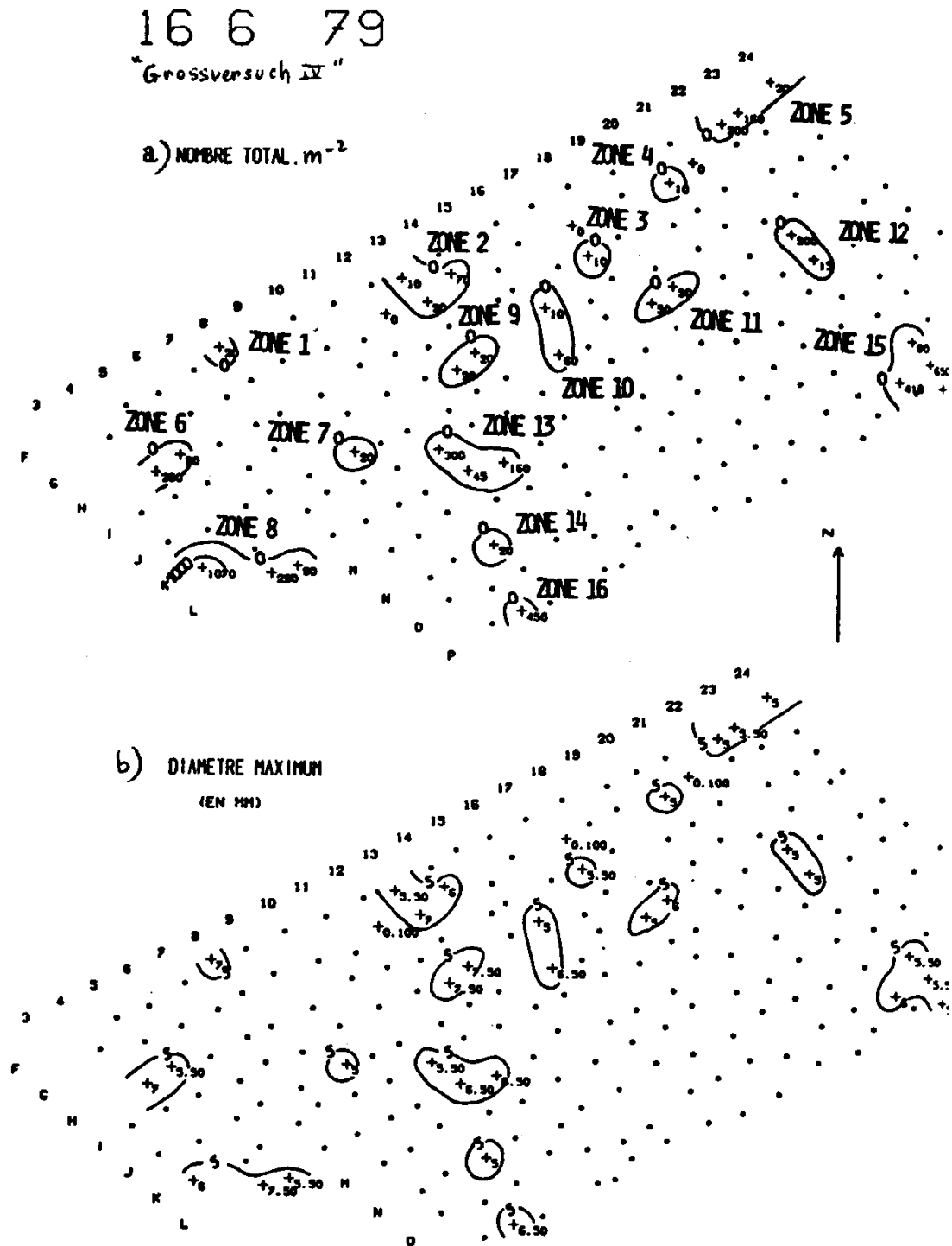


Figura 24: Precipitación de granizo ocurrida el 16/6/79 en Napf, Suiza, cada impactómetro cubre 3.8 km^2

ref.35].

b) Repartición espacial para granizadas entre 25 y 50 km²:

La forma es ovalada y presenta dos zonas: una interior con mayor cantidad de granizos, entre 1.000 y 2.000, con diámetros máximos en 17 mm y E_t entre 10 y 50 J/m². Una segunda zona que la rodea de mayor superficie tiene características de Tipo 1.

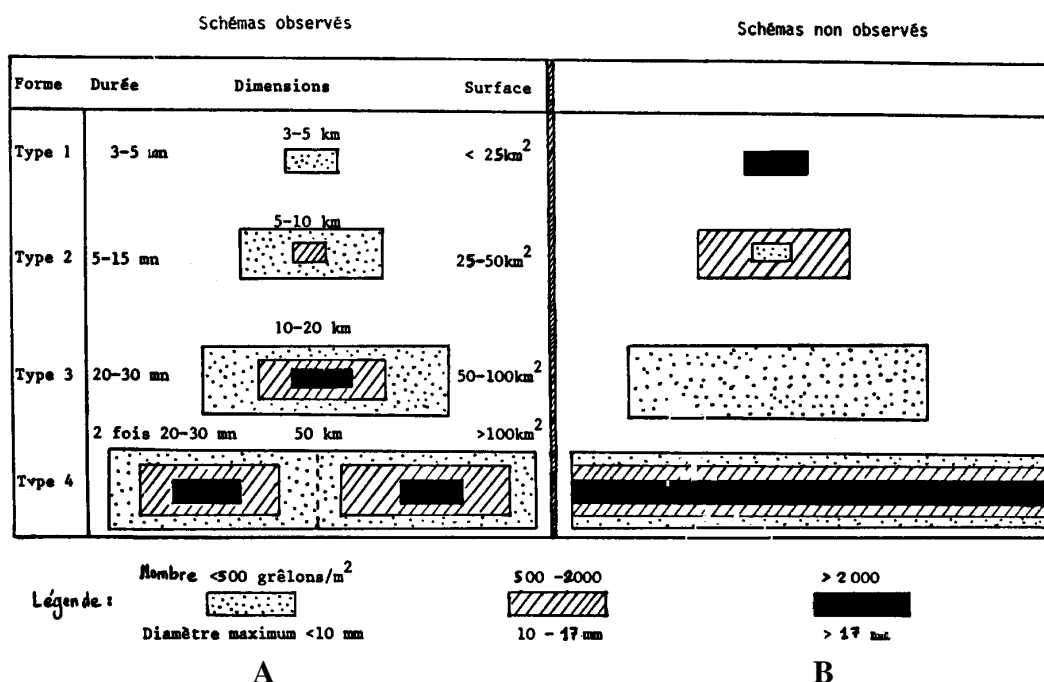
Ambas zonas suman entre 10⁹ y 10¹⁰ granizos. A la primera zona la denominó el “corazón de la granizada”, y allí se registran daños en la vegetación. La duración de la precipitación sólida está entre 5 y 15 minutos. El eje mayor de la superficie granizada está comprendido entre los 5 y 10 km de largo. A este esquema lo denomina Tipo 2.

c) Repartición espacial para granizadas superiores a 50 km²:

Se reconocen 3 zonas, la más interior o el corazón tiene las siguientes características: la cantidad de granizos por m² está entre 2.000 y 10.000; el diámetro máximo ronda los 30 mm y la E_t asociada es superior a 100 J/m². Los daños a los cultivos son muy grandes. Esta zona central está rodeada por otra de Tipo 2, y ésta última por otra de Tipo 1. El orden de granizos en el área granizada está entre 10¹⁰ y 10¹¹. La duración de la precipitación está entre 15 y 30 minutos. El eje mayor tiene entre 10 y 20 km de largo. A este esquema lo denomina de Tipo 3. Hay un cuarto esquema (Tipo 4) que está compuesto por la repetición de esquemas Tipo 3 (multi-celdas).

2.8.- ESQUEMA CONCEPTUAL

En las Figuras 25A y B se presentan dos esquemas de superficies granizadas, uno es correcto (A) y el restante es incorrecto (B). Si bien se han esquematizado mediante rectángulos las áreas, ellas son más bien elípticas, presentando su eje mayor coincidente con la dirección de la tormenta, el núcleo de la misma está en su interior, y los granizos de mayor tamaño caen al principio de la granizada, la distribución de E_t es exponencial; ejemplo de ello es la ocurrida en Centenario el 26/Ene/88 (Foto I, Figuras 26 y 27).



Figuras 25 A y B: Esquema de Admirat extraída de la ref.35, indica la distribución de granizos correcta e incorrecta, dentro de una granizada.



Figura 26: Precipitación de granizo del 26/1/88 ocurrida en la localidad de Centenario, Provincia de Neuquén, las curvas cerradas de color, representan isolíneas de energía cinética.

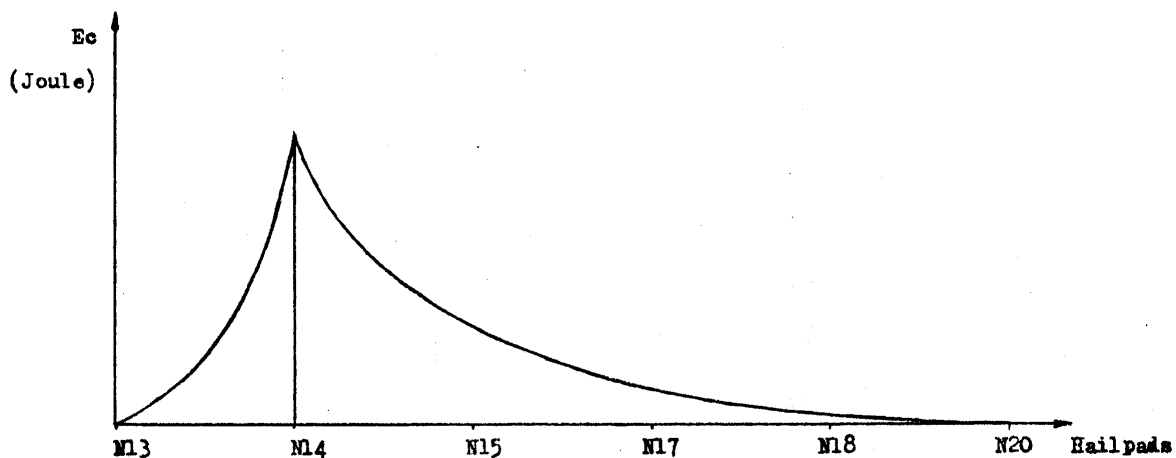


Figura 27: Distribución esquemática de la energía cinética puntual E_c en cada impactómetro, en la tormenta ocurrida en la localidad de Centenario el 26/1/88.



Foto I: Aspecto de las 4 placas impactadas por el granizo en la tormenta del 26/1/88 en Centenario.

En la figura 26 los puntos de color verde son los lugares donde estaban los impactómetros, cuyas improntas se pueden observar en la Foto I. Los puntos en color marrón de la Figura 26 son chacras donde cayó granizo y se fue a constatar el tipo de daño provocado en los frutos de manzanas, para determinar la extensión de la granizada y asociarla a lo ocurrido en los sitios donde estaban los impactómetros a través del daño provocado en los frutos. Las isopletas se trazaron en función de los datos obtenidos en los impactómetros, y de las

observaciones realizadas en las chacras visitadas, ya sea por evaluación de los daños en los frutales (zonas de mayor energía cinética) o por los comentarios de los habitantes de esas chacras en los alrededores de los impactómetros de menor energía cinética, pues la baja energía cinética no dejaban marcas en los frutales.

Para finalizar, podemos decir que la utilización de una red de impactómetros adecuadamente instalada y mantenida, ofrece una muy interesante información acerca de las precipitaciones de granizo: ubica espacialmente la precipitación, determina la cantidad de granizos y su tamaño, y con estos datos se puede calcular la energía cinética precipitada. Se pueden hacer estadísticas temporales y espaciales del fenómeno, etc. Todo ello sistemáticamente tratada contribuye a caracterizar la física de las precipitaciones de granizo en la región de estudio.

Por todo ello, el haber instalado la Red de Impactómetros en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, nos ha aportado un gran conocimiento de las características del granizo en esta región del país, como se verá en los capítulos siguientes del presente trabajo.

CAPITULO 3

RED DE IMPACTOMETROS DEL ALTO VALLE DE RIO NEGRO Y NEUQUEN

RED DE IMPACTOMETROS DEL ALTO VALLE DE RIO NEGRO Y NEUQUEN

3.1.- INTRODUCCION

En el año 1985 la entonces denominada Secretaría de Estado de Fruticultura (SEF) de la Provincia de Río Negro, convocó a productores e industriales afectados por las precipitaciones de granizo, de la región, y a investigadores, a formar una Comisión, para que en el marco de un intercambio interdisciplinario e interinstitucional se debatiera el tema y se sugirieran líneas de acción para afrontar seriamente este problema. Comenzó a delinearse una serie de proyectos científicos para profundizar en él.

Esta Comisión organizó durante 1985 Talleres de Trabajo (workshops) invitando a especialistas nacionales y extranjeros a aportar ideas y asesoramiento, entre ellos podemos citar al Dr. Pierre Admirat , y al Dr. Ivan I. Burtsev.

En aquellas reuniones, se elaboró un Plan de Trabajo para aclarar ciertos aspectos de las precipitaciones de granizo y su relación con los daños en los cultivos existentes en el Alto Valle, para luego poder tomar decisiones de cómo mitigar los mismos.

Así nace por Decreto N° 0563/86 de la Provincia de Río Negro, la COMISION PROVINCIAL DE LUCHA ANTI GRANIZO, que entre otras funciones le competía:

“... a) Obtener, sistematizar y evaluar toda la información básica referida al fenómeno del granizo en la región”...

... c) Diagnosticar los daños físicos y económicos producidos por el fenómeno, estableciendo las relaciones de sensibilidad granizo-daños físicos para la producción frutihortícola, y también las relaciones daños físicos-daños económicos, a fin de evaluar la incidencia de los daños en la economía regional ...”.

Dicha Comisión seleccionó el Proyecto presentado por el autor del presente Trabajo, previo a la consideración de 4 evaluadores (dos nacionales: la Dra. Laura Levi, y la Dra. María E. Saluzzi, los dos extranjeros fueron: el Dr. Domenico Vento y el Dr. Pierre Admirat), encomendando así a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, el proyecto de “Instalación y Operación de una Red de Impactómetros”, para medir la energía cinética asociada a las precipitaciones de granizo. Esto se concretó con la firma del Convenio entre la SEF de Río Negro y la Facultad de Ingeniería de la U.N.Comahue el día 14/08/87; y entre la Secretaría de Recursos Naturales de Neuquén y la misma Facultad el día 27/10/87.

Hasta el año 1989 se contó con el patrocinio de ambas Provincias, pero luego problemas de política frutícola entre el Poder Ejecutivo de Río Negro e integrantes de las entidades productivas privadas de dicho estado, motivaron la ruptura de la mencionada comisión antigranizo, los aportes financieros dejaron de llegar, y el proyecto continuó con subsidios del ámbito de la Universidad y de otros organismos científicos nacionales.

La Red de Impactómetros, operó desde Octubre de 1987 hasta Marzo de 1991 en forma continua, y se analizaron precipitaciones de granizo en forma discontinua durante 1992, 1993 y 1994.

3.2.- UBICACIÓN GEOGRAFICA

Como se mencionara en el Capítulo 1, el Alto Valle del Río Negro y Neuquén está localizado al Este de la Cordillera de los Andes, alrededor de los 40° latitud Sur, entre los 65° y 70° longitud Oeste, es decir en la zona norte de la meseta Patagónica, con una elevación entre 200 y 280 metros respecto al nivel del mar.

El mismo está formado por los ríos Neuquén y Limay, que confluyen a la altura de las ciudades de Neuquén y Cipolletti dando origen al río Negro, con una orientación Oeste-Este hasta desembocar en el Océano Atlántico, a unos 450 km de su nacimiento.

El llamado ALTO VALLE, en realidad es la unión de tres valles (uno por cada río), teniendo una forma de “Y” acostada, como lo muestra la imagen satelital en infra rojo de la Figura 28.

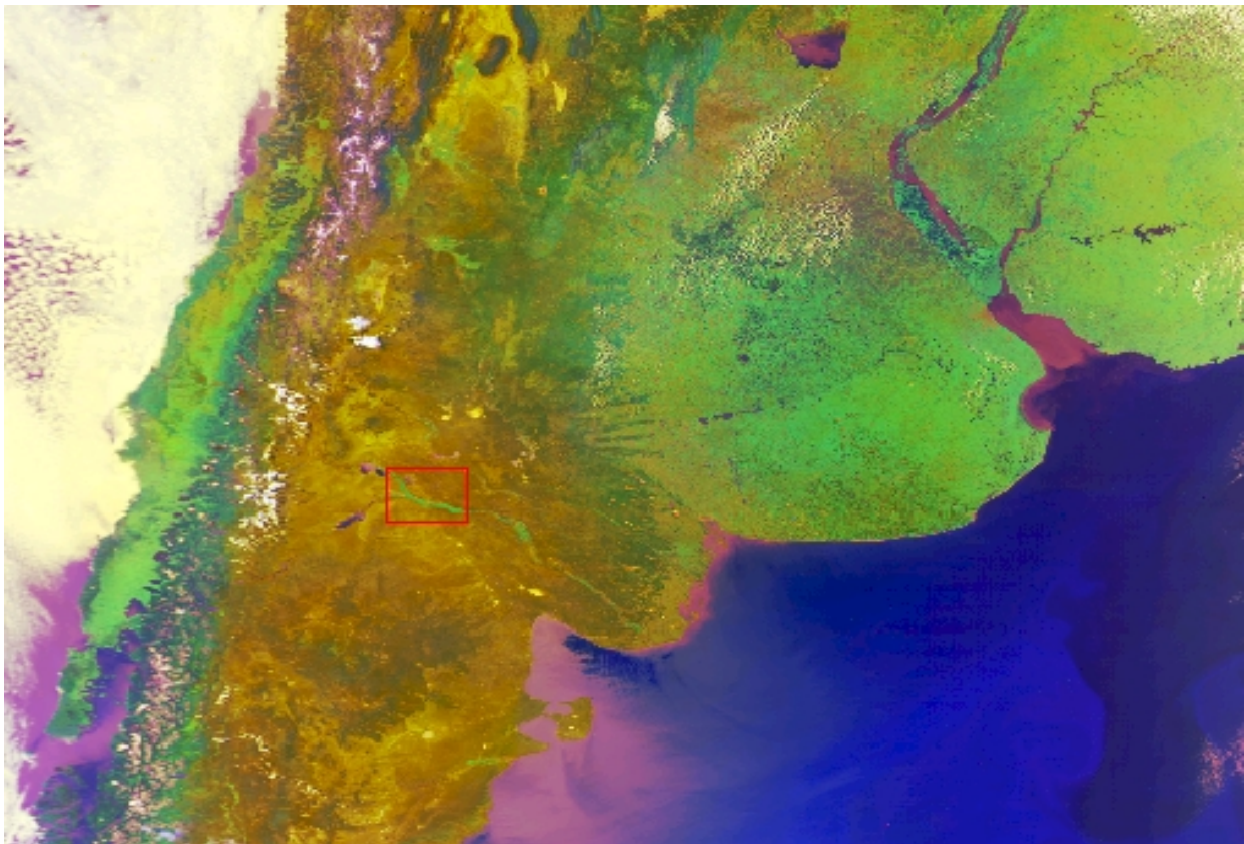


Figura 28: Imagen Satelital en falsos colores donde se indica la ubicación de la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

La parte del valle del río Neuquén objeto de la instalación de la Red de Impactómetros, comienza en la localidad de CAMPO GRANDE en la margen izquierda del río, y posteriormente se encuentran las localidades de CENTENARIO (margen derecha) y CINCO SALTOS (margen izquierda), en esos lugares el ancho del valle es de unos 6 km, y unos 40 km de largo.

La parte de estudio del valle del río Limay se ubicó a partir de la localidad de PLOTIER hasta NEUQUEN Capital, siendo de un largo de 15 km por 4 km de ancho.

El ALTO VALLE del río Negro nace en la confluencia de los ríos mencionados y se extiende por más de 100 km hasta la localidad de CHICHINALES, con un ancho variable entre 4 y 10 km.

La principal producción la constituyen distintas variedades de manzanas (84%) y peras (14%), el resto son nectarinas y vides. En total la zona objeto del estudio abarcó unas 120.000 ha.

3.3.- FORMA DE LA RED

Con todo ello, un valle largo y angosto, donde prevalece un cultivo (más del 80% son manzanas) hace que esta Red tomara características particulares. Por un lado lo extenso del valle haría que una malla pequeña hiciera muy honerosos su operación y mantenimiento, así que siguiendo la sugerencia del Dr. Admirat (1987) [ref. 29] adoptamos una malla de 3 km por 3 km, y se complementó con las observaciones de daños en el casi mono cultivo de manzana existente.

Así, la Red de Trabajo fue dibujada en un mapa de la región, haciendo una retícula de 3 x 3 km, y tratando de ubicar los Impactómetros en alguna chacra en producción y habitada en el centro del retículo. Por ello cada impactómetro representó información de 9 km² de superficie.

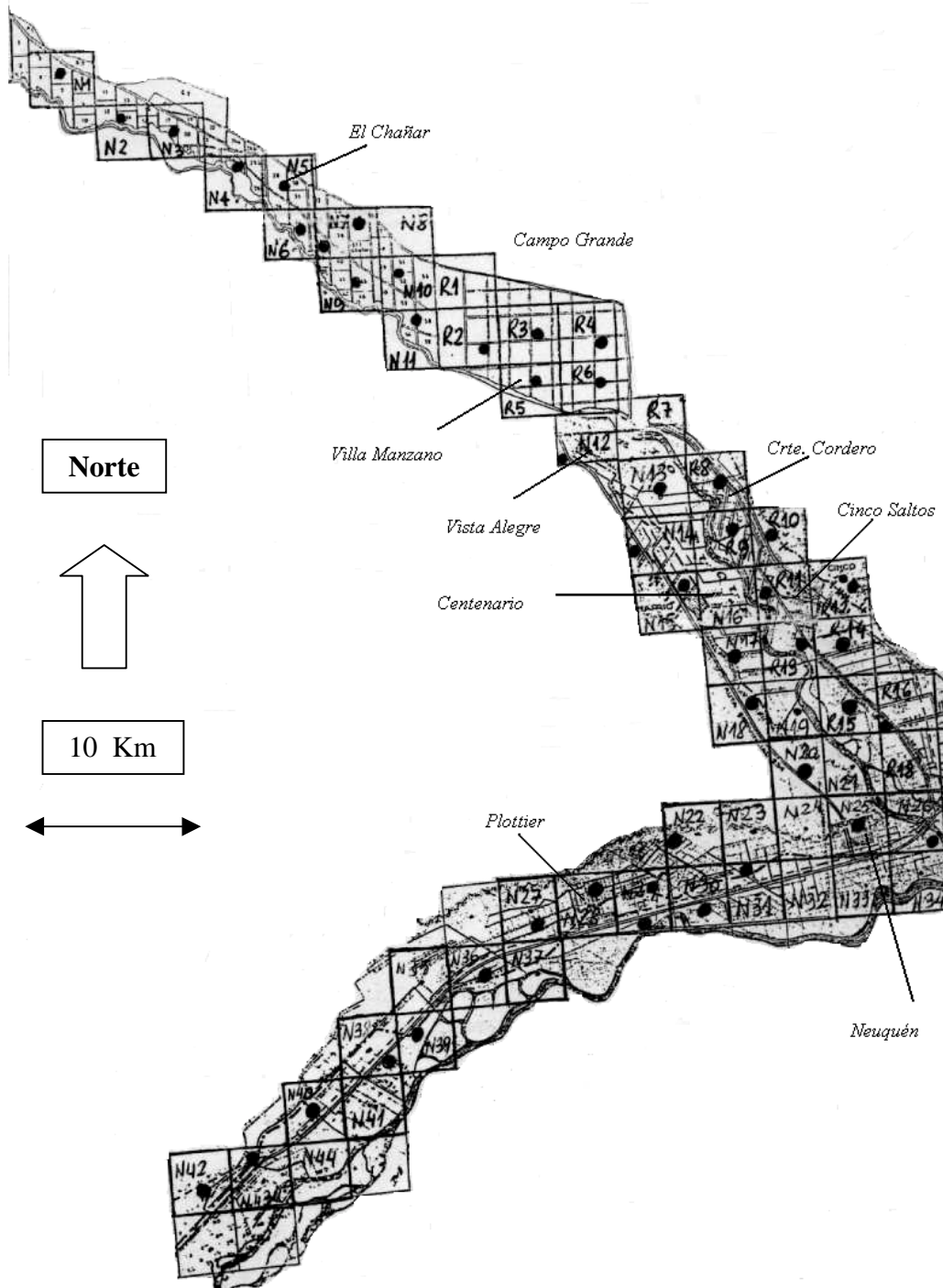
Además se intensificó la RED para hacer estudios más detallados, en dos lugares, uno de ellos en la localidad de ALLEN y otro en la localidad de Gral. GODOY.

En total se instalaron 104 impactómetros, de los cuales 96 corresponden a la malla de 9 Km², y los 8 restantes a los adicionales para intensificar la red en los puntos arriba mencionados.

La letra N corresponde a impactómetros ubicados en la provincia de Neuquén, y la letra R para los ubicados en la provincia de Río Negro.

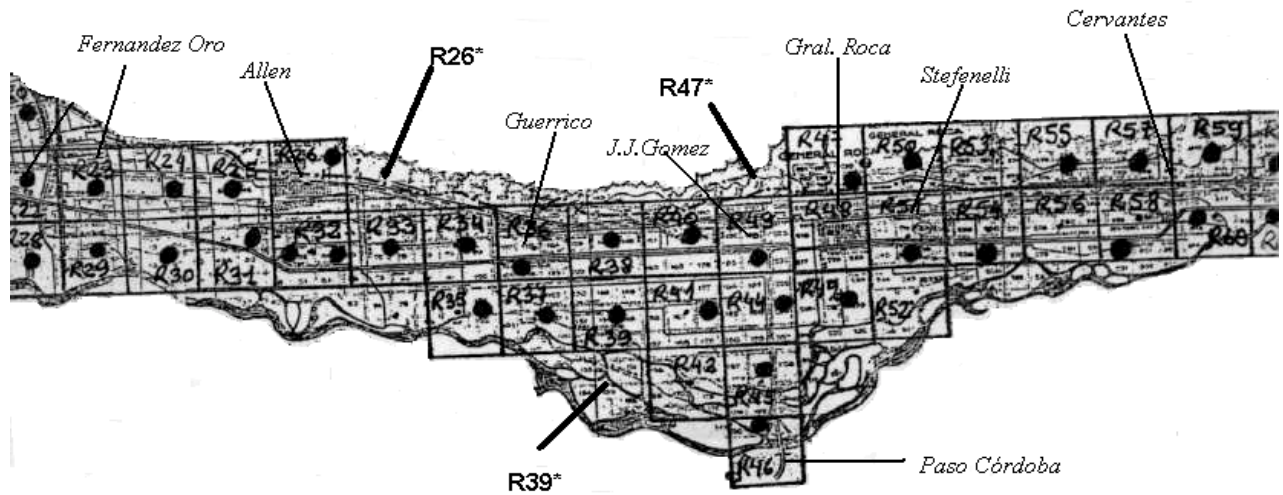
Hay cuadrículas vacías, porque en esos lugares no habían chacras ni otro tipo de habitantes para colocar los impactómetros. Además luego de la primer instalación quedaron cuadrículas sin impactómetro que más tarde fueron instalados, esto generó un número repetido pero identificado con un asterisco.

En los Mapas 1, 2 y 3 se indican la ubicación de los puestos de los Impactómetros, al momento de su instalación (octubre de 1987).

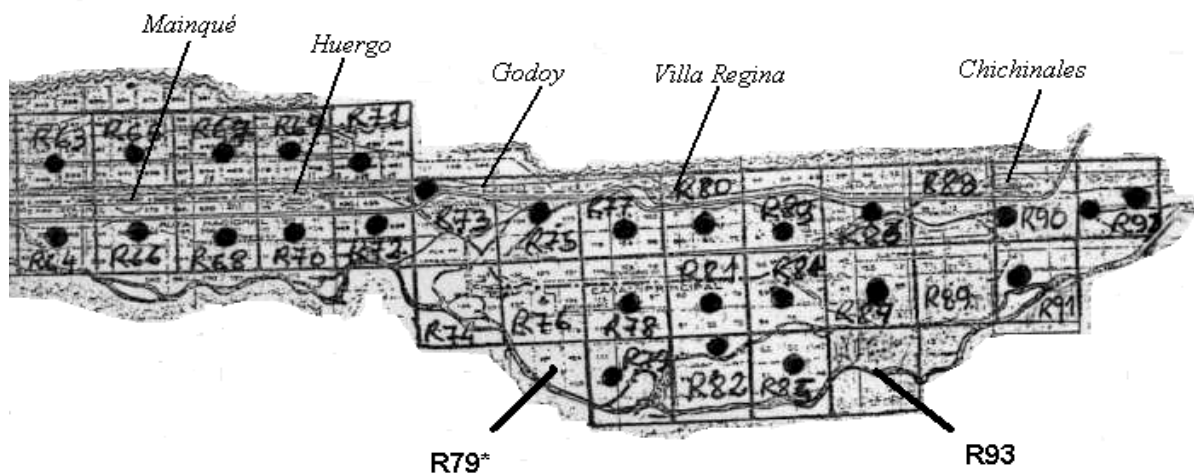


Mapa 1: Sector Oeste del Alto Valle, zona de la Confluencia de los ríos Neuquén y Limay. La letra N corresponde a impactómetros ubicados en la provincia de Neuquén, y la letra R para los ubicados en la provincia de Río Negro. Hay cuadrículas vacías pues en esos lugares no habían chacras ni otro tipo de habitantes para colocar los impactómetros.

Capítulo 3: Red de Impactómetros del Alto Valle de Río Negro y Neuquén



Mapa 2: Sector central del Alto Valle en la Provincia de Río Negro. La letra R identifica a los impactómetros ubicados en la provincia de Río Negro. Hay cuadrículas vacías pues en esos lugares no habían chacras ni otro tipo de habitantes para colocar los impactómetros. Luego de la primer instalación quedaron cuadrículas sin impactómetro que luego fueron instalados, esto generó un número repetido pero identificado con un asterisco.



Mapa 3: Sector Este del Alto Valle. La letra R identifica a los impactómetros ubicados en la provincia de Río Negro. Hay cuadrículas vacías pues en esos lugares no habían chacras ni otro tipo de habitantes para colocar los impactómetros. Luego de la primer instalación quedaron cuadrículas sin impactómetro que luego fueron instalados, esto generó un número repetido pero identificado con un asterisco.

3.4.- MATERIALES E INSTRUMENTACION

Como se mencionara en el Capítulo 2, los impactómetros constaron de una sola placa registradora, construida en espuma de poliuretano expandido de 40 Kg/m^3 de densidad. Dichas placas sensoras se instalaban en porta placas, con las dimensiones y formas indicadas en la Figura 29 y la Foto N una vez contruidos y armados.

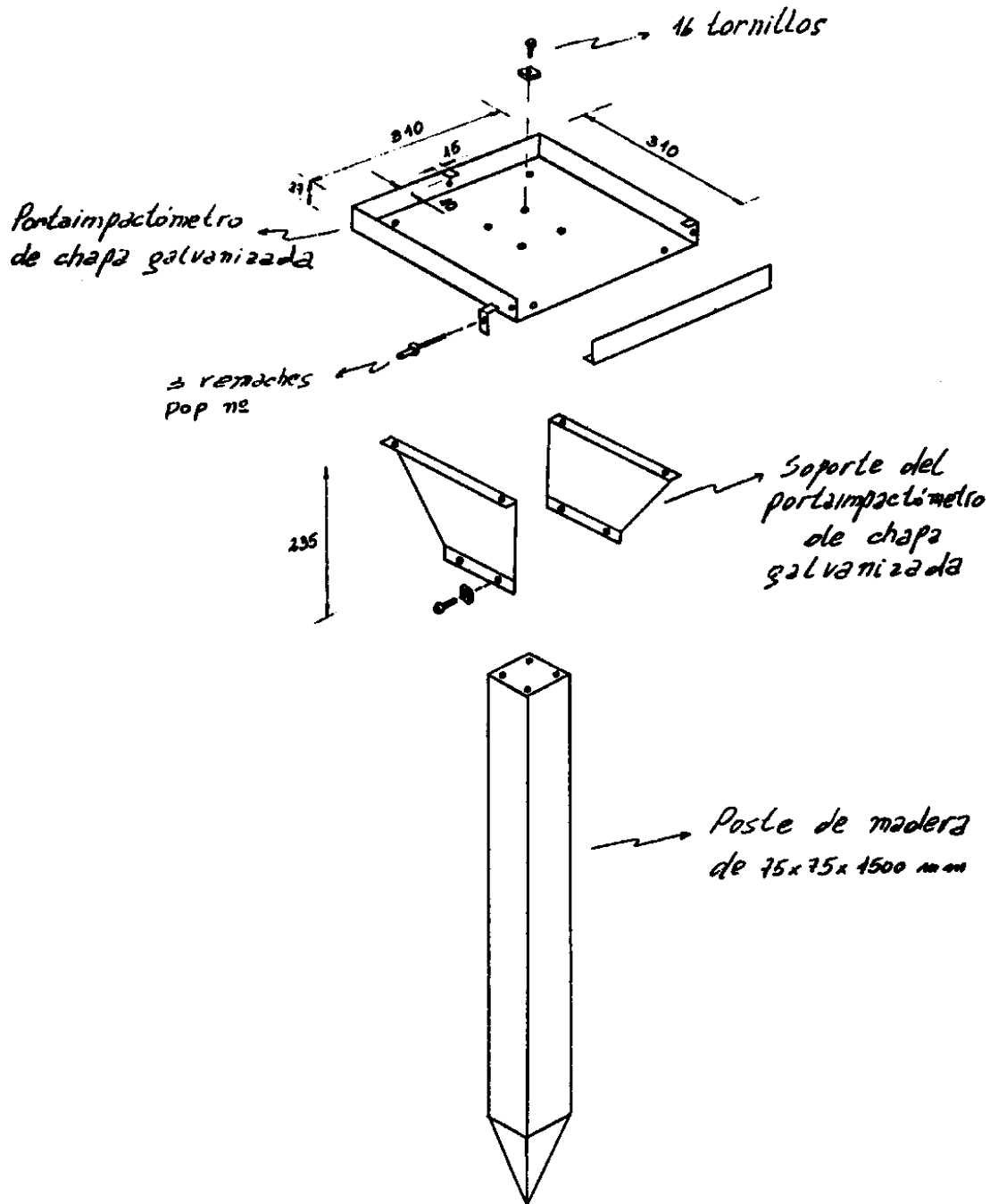


Figura 29: Dibujo del porta placa con detalles para su fabricación.



Foto N: Cinco porta impactómetros listos para ser instalados en chacras del Alto Valle.

Cada impactómetro fue instalado manualmente, como muestran las Fotos O y P.



Foto O: Otro tipo de impactómetro de los empleados en la Red del Alto Valle de RNyN.



Foto P: El porta placa se hallaba a 1,50 m sobre el suelo.

Además la RED se apoyó con la infraestructura agro meteorológica existente en la zona a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la Universidad Nacional del Comahue (UNC) y del INTA, ellos son los puestos denominados y ubicados en:

N31: Neuquén, Aeropuerto del Neuquén, donde el SMN tiene una Estación Meteorológica clase Sinóptica.

R21: Cipolletti, donde el SMN tiene una estación Meteorológica clase Climática.

R13: Cinco Saltos, en la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNC, donde opera una estación Agrometeorológica clase Climática.

R36: Guerrico, Estación Experimental INTA Alto Valle, donde opera una estación Agrometeorológica clase Climática.

Por lo tanto la zona de la Confluencia estuvo cubierta con un apoyo de instrumental meteorológico (registrando datos de temperatura, humedad, viento, precipitación, etc), que ayudaron al estudio de las precipitaciones de granizo durante la operación de dicha RED DE IMPACTOMETROS.



Foto Q: Granizada en la ciudad de Neuquén, del día 21/11/1994

También en algunas ocasiones se pudieron recoger granizos recién precipitados, colocarlos en un termo con hielo seco, y enviarlos al Laboratorio de Física de Nubes en Villa Ortuzar (SMN), en donde se realizaron estudios cristalográficos de los mismos, así se han podido realizar una cantidad de estudios interdisciplinarios muy completos del fenómeno de las precipitaciones de granizo en el ALTO VALLE (1987, 1987, 1996) [ref. 24, 41 y 42].



Foto R: Los mismos granizos ya en el Laboratorio de Física de Nubes del SMN en Villa Ortuzar para su estudio cristalográfico.

3.5.- DATOS UTILIZADOS

Se usaron los datos obtenidos en la Red de Impactómetros del Alto Valle desde el 1° de Octubre de 1987 hasta el 31 de Marzo de 1991, que están resumidos en la Tabla IV.

Período de Medición	Area de la Red (Km2)	Número de Placas	Número de Días Granizo	Número de Granizadas	Número de Placas Granizadas
1/10/87 - 31/3/88	900	100	8	14	53
1/10/88 - 31/3/89	900	100	6	13	34
1/10/89 - 31/3/90	900	100	10	17	100
1/10/90 - 31/3/91	900	100	6	13	46
Total			30	57	233

Tabla IV: Datos obtenidos desde la Red de Impactómetros instalada en el Alto Valle.

Durante cuatro años se registraron 30 días con precipitaciones de granizos y 57 superficies granizadas.

En el ANEXO 3 están los datos de las cuatro temporadas continuas de operación de la Red de Impactómetros del Alto Valle. En las Tablas 3.1 a 3.8 se indican los parámetros físicos de cada granizada y en cada impactómetro (o puesto de registro). Se acompañan con mapas esquemáticos en donde se indican aproximadamente el lugar geográfico donde ocurrió cada granizada.

3.6.- RESULTADOS

3.6.1.- Distribución Espacial del Granizo en el Alto Valle

A continuación se presenta la distribución de riesgo por granizo para el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, en base a una década de registro de granizadas en el periodo que va desde Octubre de 1987 hasta Marzo de 1998, con la excepción de la temporada 1996-97 pues no se encontraron datos.

La información tiene dos orígenes: (a) aquéllas que provienen de la Red de Impactómetros (Octubre de 1987 hasta Marzo de 1991), y (b) las que provienen del análisis de otras fuentes como: (b1) información periodística, (b2) de la Secretaría de Fruticultura de Río Negro, (b3) de averiguaciones personales, etc., (Octubre de 1991 hasta Marzo de 1998).

La información es heterogénea, ya que hay precipitaciones con información de la Red de Trabajo, y de las otras fuentes ya mencionadas. Lo que se hizo al analizar y evaluar la información proveniente de las otras fuentes, fue referirlas a los puestos donde se hallaban los Impactómetros, es decir limitarlas a 9 km² de superficie cada información, para homogeneizar la información, y poder cuantificar para cada puesto donde estuvo instalado un impactómetro, cuales fueron los días/granizo durante 10 años de registros de precipitaciones..

Se exponen en las Figuras 30 y 31 la cantidad de veces que granizó en cada puesto en dicho período, de tal manera que los datos representan 10 años de precipitaciones de granizos en los 104 puestos de observación.

Se pueden observar en dichas figuras en la zona de Neuquén hay lugares que registran 5 precipitaciones de granizo en 10 años, y para la región de Río Negro hay chacras que “sufren” prácticamente todos los años granizadas (9 por década).

Precipitaciones de Granizo en el Alto Valle, Provincia de Neuquén, Total 10 temporadas (1987-1998)

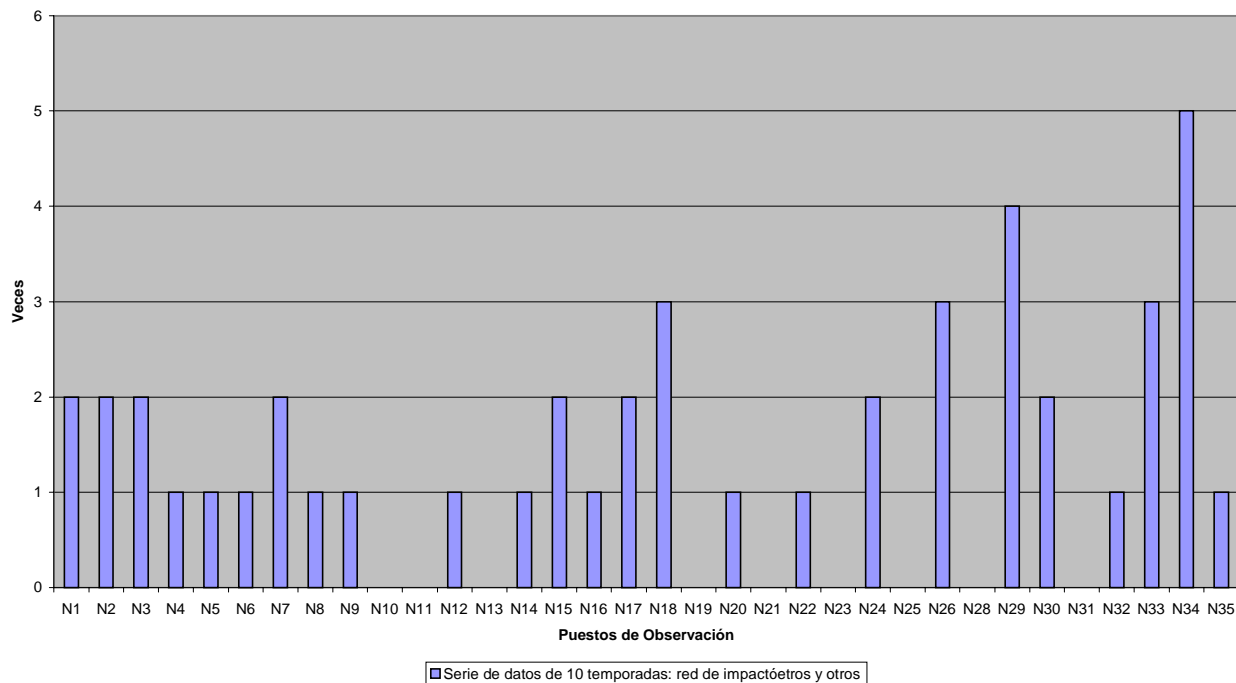


Figura 30: Cantidad de precipitaciones de granizo desde Octubre de 1987 hasta Marzo de 1998 en el Alto Valle, correspondiente a lugares en la Provincia de Neuquén. Aclaración: en la temporada 1996-97 no se encontraron datos.

Precipitaciones de Granizo en el Alto Valle, Provincia de Río Negro, de 10 Temporadas (1987-1998)

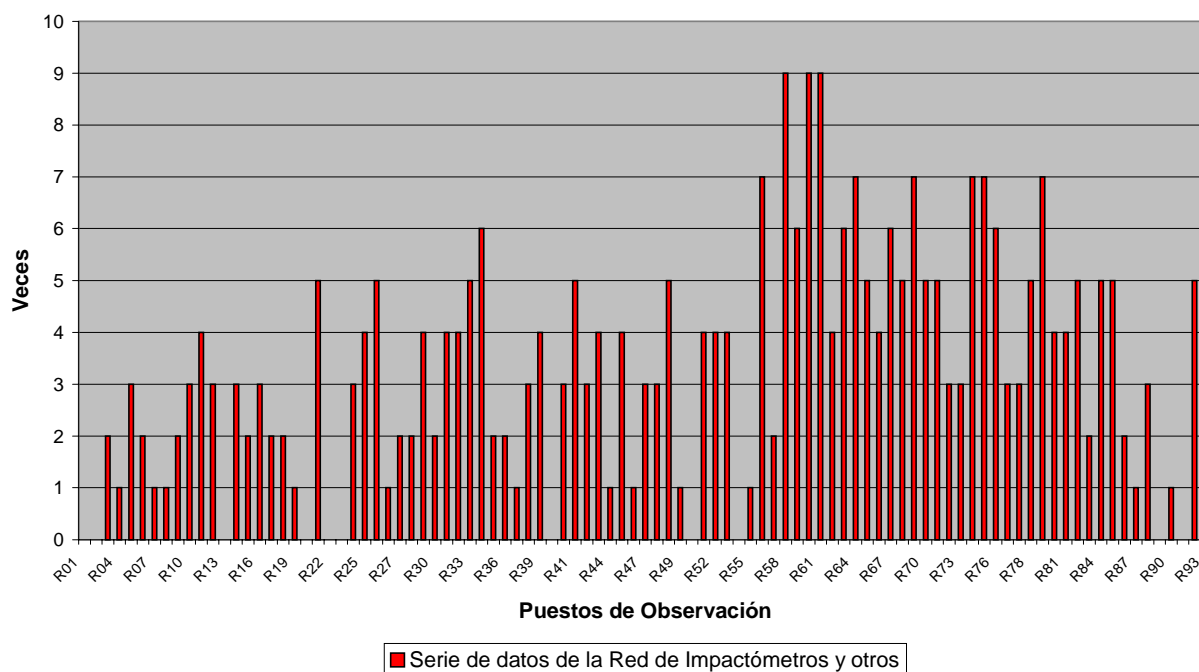


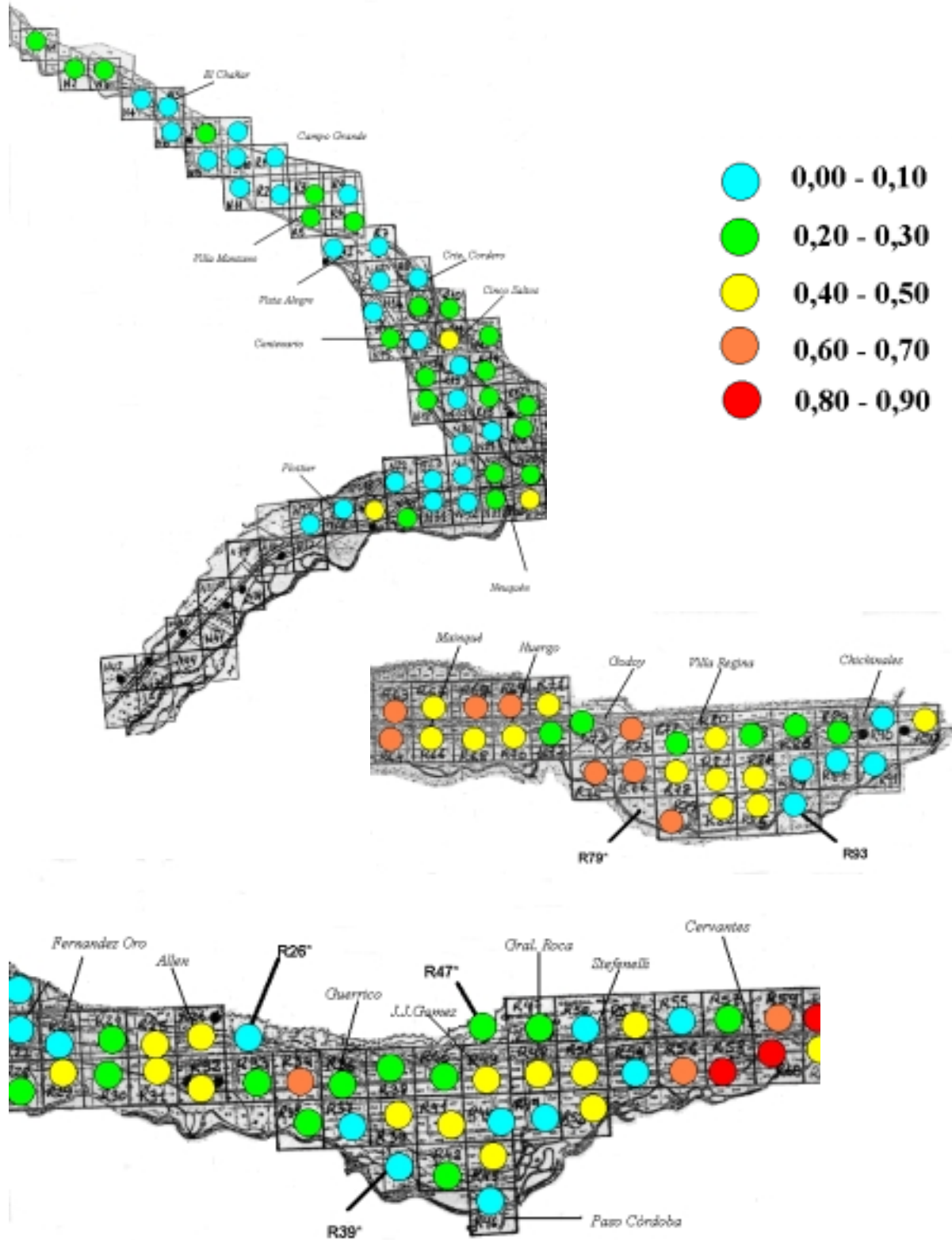
Figura 31: Cantidad de precipitaciones de granizo desde Octubre de 1987 hasta Marzo de 1998 en el Alto Valle, correspondiente a lugares en la Provincia de Río Negro. Aclaración: en la temporada 1996-97 no se encontraron datos.

Los datos anteriores se han dibujado en los mapas del Alto Valle el Riesgo Granizo (mapas 4), en promedio de días/granizo por década, cada 9 km² de superficie.

Como síntesis, se puede observar en dicho mapa, que la región de mayor riesgo por precipitaciones de granizo en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, está entre las localidades de Cervantes y Mainqué, con casi 1 día granizo al año (9 por década), y le siguen en importancia Huergo y Godoy con 0,7 veces al año de granizadas.

Los valles de los ríos Neuquén y Limay presentan el menor riesgo granizo de la zona con menos de 0,3 días granizo al año.

Estos datos pueden ser utilizados, por aquellos productores que puedan poseer más de una parcela de tierra, para realizar un método de protección pasiva, consistente en tener unidades de producción en distintos lugares con diferentes riesgos de granizadas, como lo sugerido por Ortiz Maldonado y Puebla (1996) [ref.54].



Mapas 4: Riesgo de Precipitaciones de Granizo en el Alto Valle, (números de días medios con granizo).

3.6.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA ENERGÍA CINÉTICA DEL GRANIZO EN LAS SUPERFICIES IMPACTADAS.

3.6.2.a.- Variabilidad de la energía cinética

Se utilizaron las 57 muestras de superficies granizadas para estimar el rango y la variabilidad de la energía cinética en el Alto Valle.

Los valores extremos (mínimo y máximo) de la energía cinética global de la granizada (E_g), y de la energía cinética puntual (E_t) se indican en la Tabla V.

De una a otra la variación es de 1 a 15.000 J para E_g , y de 1 a 5.000 J para E_t , mostrando su amplio rango.

Temporada	$E_{g_{\min}}$ (MJ)	$E_{g_{\max}}$ (MJ)	$E_{g_{\max}}$ ----- $E_{g_{\min}}$	$E_{t_{\min}}$ ($J \cdot m^{-2}$)	$E_{t_{\max}}$ ($J \cdot m^{-2}$)	$E_{t_{\max}}$ ----- $E_{t_{\min}}$
87-88	7.98	3797	475.81	0.88	334	380
88-89	3.14	527	167.83	0.23	56	243
89-90	5.43	46500	8563.53	0.60	1071	1785
90-91	6.3	3925	623.01	0.60	163	272
Total	3.14	46500	14809	0.23	1071	4657

Tabla V: Valores globales y extremos de la energía cinética de las granizadas por temporadas.

Cabe destacar que, el mínimo valor de E_t ($0.11 J \cdot m^{-2}$) es el límite del tamaño de placa (que puede registrar 1 granizo sobre $0.10 m^2$), y éste es el mínimo valor de E_g ($0.11 J \cdot m^{-2} \times 9 km^2 = 0.99 MJ$). Estos valores mínimos son los específicos para la Red de Impactómetros del Alto Valle.

La gran variabilidad de la energía cinética es la primera característica de la región, y es similar a observaciones de precipitaciones de granizo realizadas en EE.UU., Francia, Suiza, Canadá y Sudáfrica (Admirat, 1982) [ref. 35].

3.6.2.b.- Distribución Anual y Multianual

La distribución de los valores logarítmicos de E_g se estableció para determinar si, para cada año y para todo el periodo, aquellas distribuciones podían ser consideradas normales o no. Las hipótesis de normalidad fueron probadas con el test Kolmogorov-Smirnov.

Capítulo 3: Red de Impactómetros del Alto Valle de Río Negro y Neuquén

En la Tabla VI están indicadas, por año y para todo el periodo de 4 años, los valores promedios y el desvío standard de la distribución de Eg y el valor del estadístico calculado.

En la última columna se muestran, las cantidades del estadístico del test de Kolmogorov P, cuyos valores son iguales o menos que los valores teóricos. Para cada año y para el periodo acumulado, la normalidad es aceptada, con un nivel del 5%.

Temporada	Número de Granizadas	Log Eg	Log Eg		
		M	σ	D	P
1987-1988	14	2.046	0.743	0.1982	0.314
1988-1989	13	1.735	0.782	0.1217	0.325
1989-1990	15	2.555	0.964	0.1926	0.304
1990-1991	13	2.260	0.931	0.1573	0.325
Total	55	2.162	0.913	0.1046	0.164

Tabla VI: Valores promedios y el desvío standard de la distribución de Eg y el valor del estadístico calculado.

Período 1987 - 91

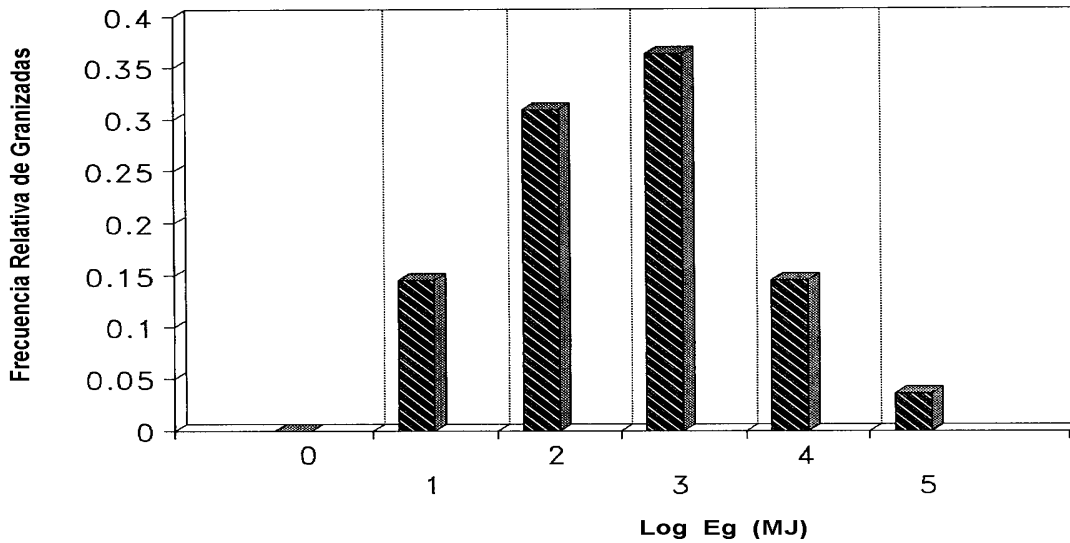


Figura 32: Distribución normal de frecuencia relativa del Log Eg, para el período 1987-1991.

La ecuación de la función de densidad de probabilidad normal de los valores del logEg (Figura 32) puede ser representada por:

$$f(\log E_g) = 0.437 \cdot \exp^{-((\log E_g) - 2.162) / 1.291)^2} \quad (24)$$

A un nivel significativo del 5%, las variaciones extremas del Log Eg van desde 0.68 a 3,696, que equivalen a valores desde 4.25 MJ a 4966 MJ.

La distribución en porcentajes acumulados de los valores decrecientes de Eg versus el porcentaje acumulado del número de granizadas se presenta en la Figura 35. Sobre el promedio de los 4 años, el 17% de las granizadas produce el 90% del total de energía cinética, esto indica que son pocas las tormenta de granizo que producen importantes daños (en función del valor de energía cinética).

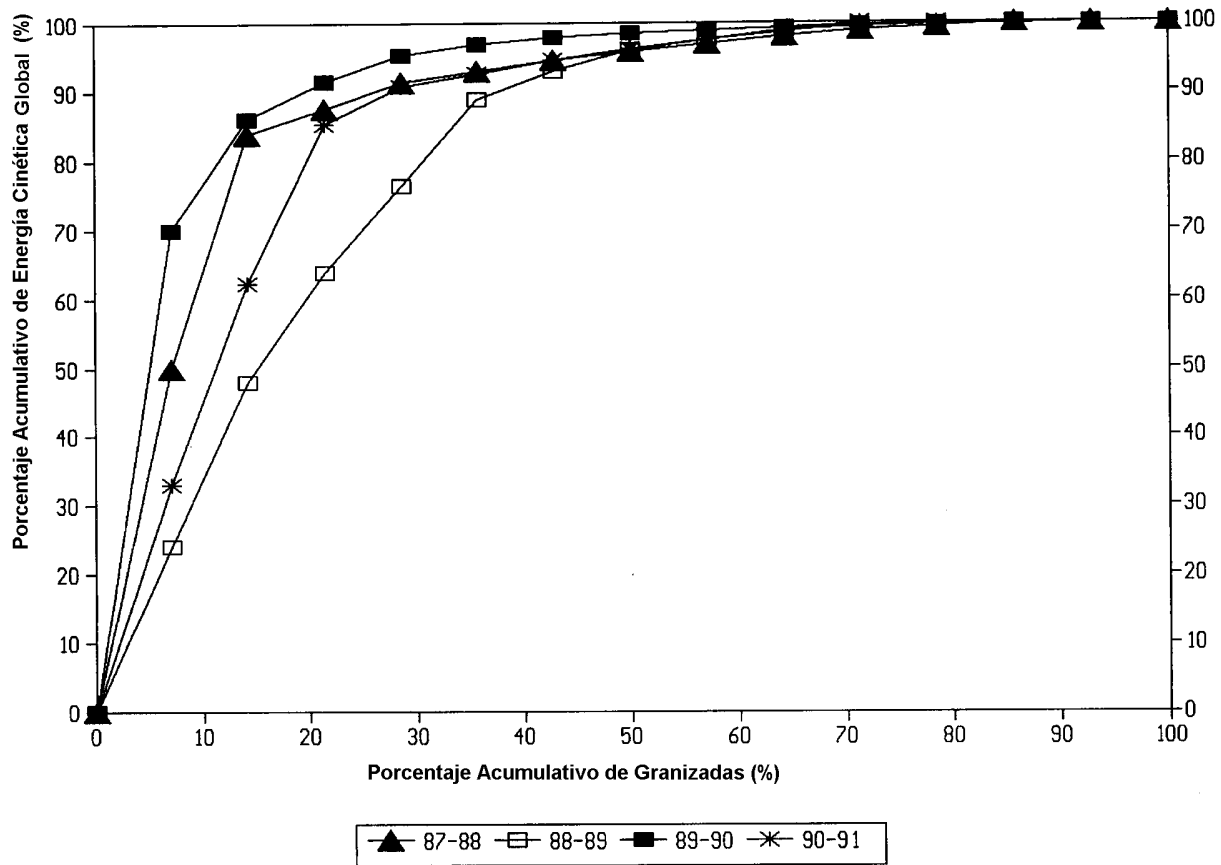


Figura 33: Porcentajes acumulados decrecientes de E_g para las 4 temporadas de estudio.

En la figura 33 están representadas 4 temporadas de tormentas graniceras, desde una temporada de pocas y débiles precipitaciones de granizo, hasta otra con precipitaciones de gran intensidad (tanto en tamaño como en cantidad de granizos).

Los datos de la temporada 1988/89 es diferente con respecto a las otras temporadas, esto podría ser explicado debido a que fue un año caracterizado por pequeñas tormentas (el mínimo de actividad). Por el contrario, los datos de la temporada 1989/90 son los más grandes y de mayor frecuencia de tormentas ocurridas en Febrero de 1990 (Levi et al, 1994) [ref. 52]. Este último tipo de temporada, son las que producen los más importantes daños en la fruticultura, con un promedio del orden del 35% de pérdidas (Lassig y otros 1987)[ref.62].

Los valores de la energía cinética puntual E_t de todas las placas, tienen una distribución logaritmo normal (Figura 34), con una media de $m=0.787$ y un desvío de $\sigma =0.913$.

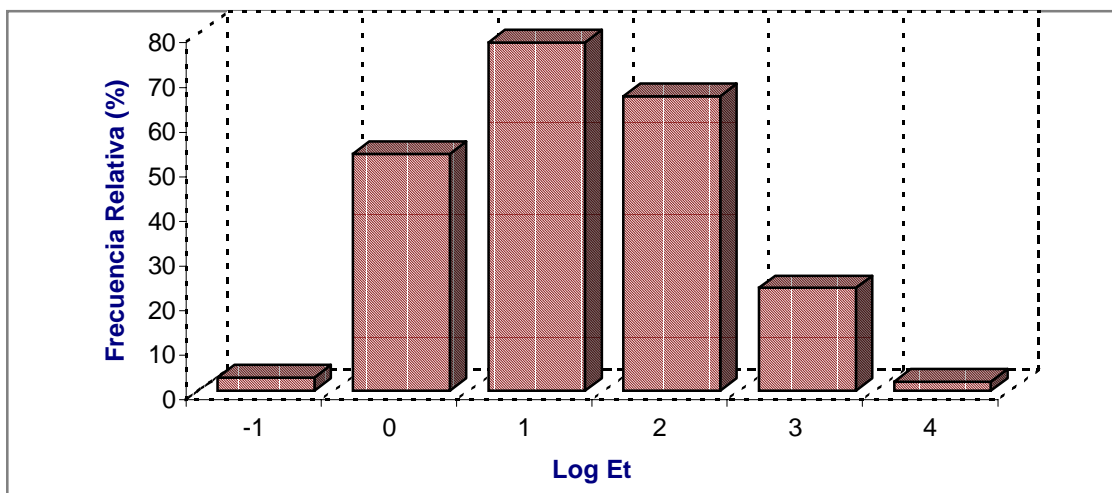


Figura 34: Distribución del logaritmo de la energía cinética puntual E_t .

Si consideramos la frecuencia acumulada del número de placas como una función de la energía cinética E_t , Figura 35, se observa que para los 4 años de estudio, el 80% de las placas (que representa el 80% del área granizada) están impactadas con bajas energías, menores que 50 J.m^{-2} .

El poder establecer una distribución de los valores de E_t , en particular la frecuencia acumulada, es muy útil en el campo de la agronomía, pues el daño producido por el granizo a los cultivos está relacionado directamente a los parámetros físicos de las granizadas, especialmente a la energía cinética.

Se determinó que para el ALTO VALLE, granizadas con registros de 33 J/m^2 en una placa, determinan un daño en frutos de manzanas del 80%, y otras mediciones con registros de 5 J/m^2 en una placa, determinan daños del 10% en dichos frutos.

El estudio realizado en el Capítulo 5, indica que con granizos de 5 mm de diámetro, los frutos de manzana comienzan a marcarse, provocando una reducción económica del 10%, indicando la alta sensibilidad de este tipo de frutos a los impactos por granizo.

Similares trabajos se hicieron en vides, hallándose que el diámetro mínimo que daña un grano de vid es del orden de los 12 mm, (Lassig, J. y otros, 1995) [ref. 53].

El conocimiento de estos datos es muy importante, porque son valores críticos de mínima energía cinética puntual E_t al cual se producen los daños en cada cultivo en particular.

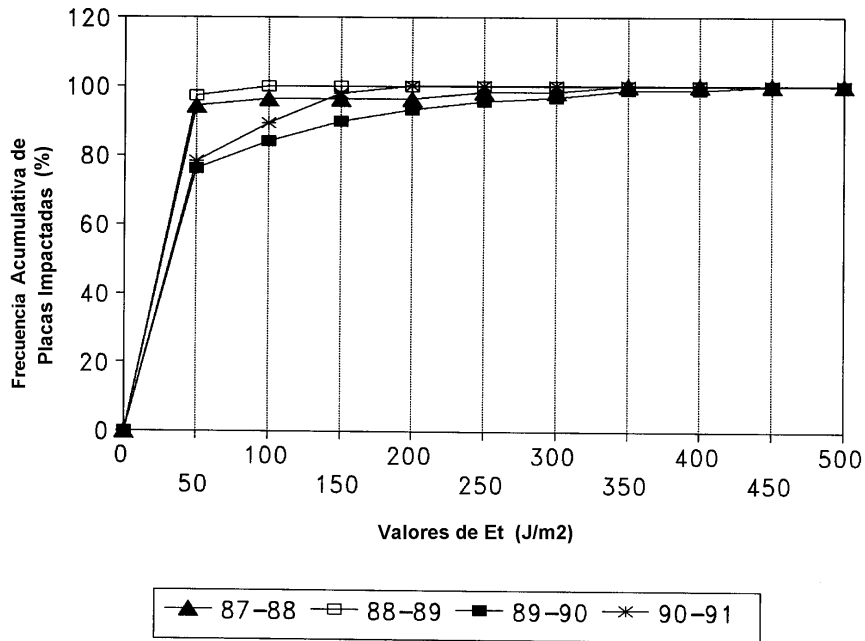


Figura 35: Frecuencia Acumulada de los valores de E_t para las cuatro temporadas de estudio.

3.6.2.c.- Relación entre Energía Cinética Global (E_g) y Superficie Global (S_g)

La Figura 36 muestra una curva de regresión entre las variables S_g y E_g . La ecuación que las representa es:

$$E_g = 0.56 \cdot s_g^{1.746} \quad (25)$$

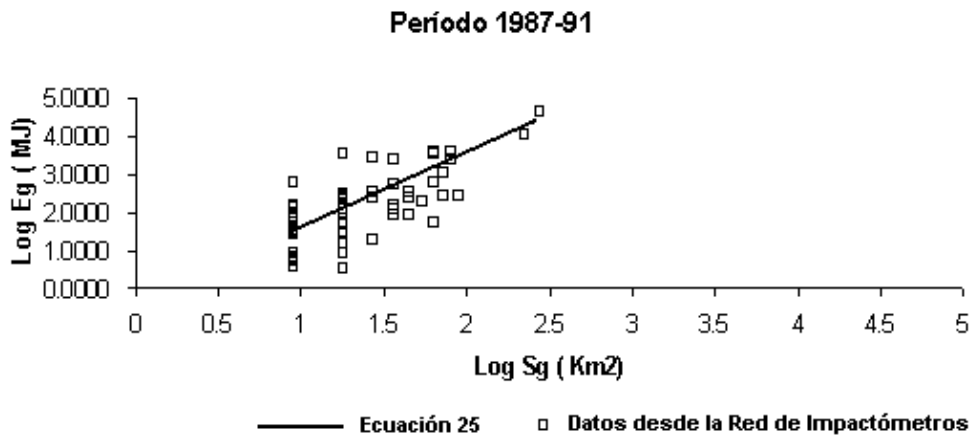


Figura 36: Regresión entre la superficie global y la energía cinética global de la granizada.

Sg está expresada en km² y Eg en Mega Joules. El coeficiente de correlación r es 0.5162 y Sy/x = 0.65141 es el error standard de los valores logaritmos estimados. La baja correlación es debida a que la condición de validación para el estudio de la correlación entre las distribuciones de log Eg y log Sg es la normal, pero el log Sg no es normal (Figura 37).

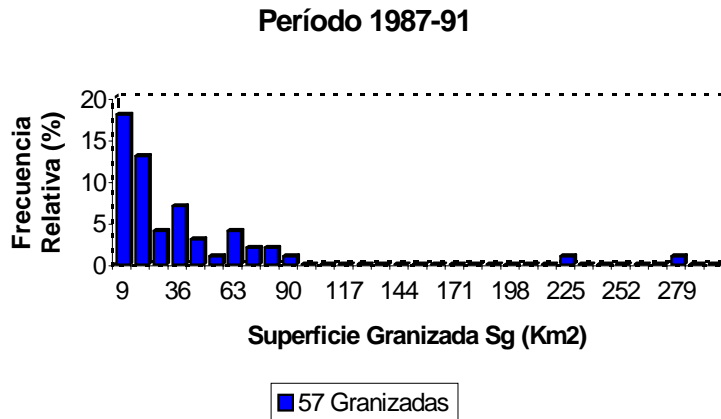


Figura 37: Frecuencia de la distribución de superficies granizadas.

3.6.2.d.- Relación entre Eg y Etm

La ecuación de la curva de regresión (Figura 38) entre Eg y Et_{máx} (el máximo valor puntual de Et) para 57 granizadas, es el siguiente:

$$E_g = 11.468 \cdot E_{t_{máx}}^{1.082} \quad (26)$$

(r=0.9520 y Sy/x=0.20513). Donde, Et_{máx} está expresado en J.m⁻², y Eg, está expresado en mega Joules, observándose una buena correlación.

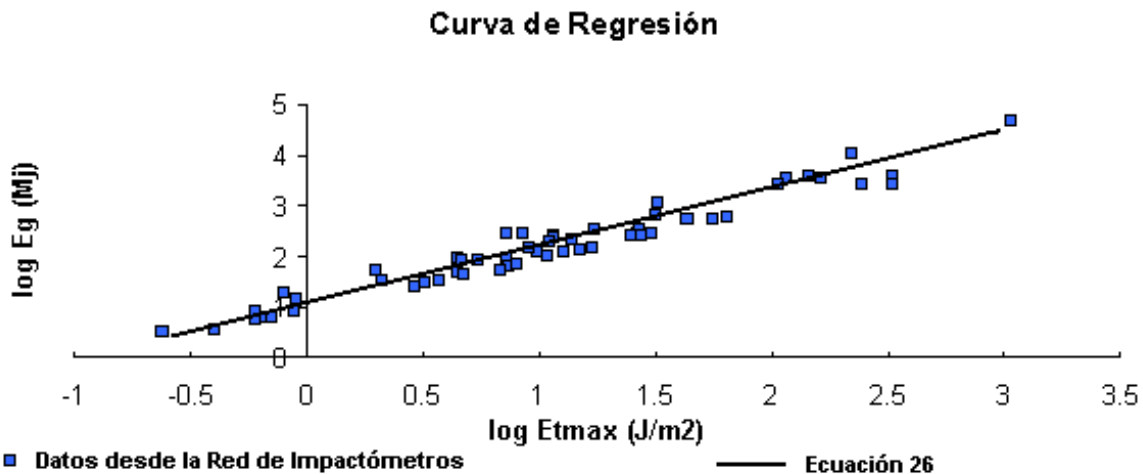


Figura 38: Regresión entre la energía global de la granizada Eg y la energía de la placa más castigada Et_{máx}.

3.6.2.e.- Relación entre E_g , S_g , D_{max} y $N_{t_{max}}$

Partiendo de la base de datos obtenida durante las tres primeras temporadas con 42 granizadas, se realizó el modelo de regresión múltiple. De todas las variables medibles, se propuso para este modelo solo 5, que son representativas del fenómeno y del objetivo que es poder valorar los daños.

La variable dependiente seleccionada fue la energía cinética global E_g , es decir la energía cinética de toda la granizada, y que de alguna forma indica el efecto de daños sobre los cultivos u otros objetos.

Las variables independientes propuestas son:

D_{max} : el mayor diámetro de granizo de toda la granizada.

$N_{T_{max}}$: el número de granizos en el impactómetro más castigado.

$E_{T_{max}}$: la energía cinética por m^2 en la placa más castigada.

S_g : superficie (global) de toda la granizada.

Se utilizó el software CRISP con el método por Agregación.

Como resultado, la variable D_{max} no tiene significación en la correlación, por lo que el resultado fue:

$$E_g = 12.59 \cdot E_{T_{max}} + 2.52 \cdot S_g - 0.14 \cdot N_{T_{max}} + 13.13 \quad (27)$$

con $r=0.9483$. Esta relación indica una fuerte correlación entre aquellas tres variables de granizo y energía cinética global.

3.6.2.f.- Características de la distribución de Energía Cinética en las Granizadas

Sólo 21 granizadas, de una muestra de 57 casos, tuvieron tres ó más placas impactadas, las cuales se utilizaron para esta parte del estudio.

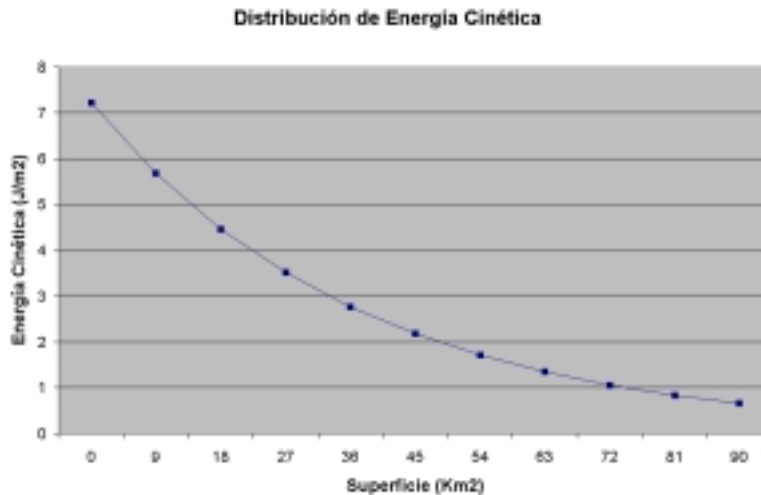


Figura 39: Distribución espacial (modelo unidimensional) de Energía Cinética para una granizada dada, a partir del valor de $E_{t_{max}}$ de esa precipitación.

Se intentó determinar si existe una organización particular de la distribución de los valores de E_t en cada granizada. Para ello se asumió un modelo unidimensional de distribución de energía cinética de cada placa, organizado en forma decreciente dentro del área S de la granizada. Así, un ejemplo de la distribución exponencial se muestra en la Figura 39, es representada por la siguiente ecuación:

$$E_t = E_{t_0} \cdot \exp(-\mu \cdot s) \quad (28)$$

E_{t_0} y μ son dos factores de forma de la distribución de energía.

3.6.3.- Característica de los Tamaños de Granizos

Como se indicó en el Capítulo 2, para clasificar a los distintos tamaños de granizos, se utilizaron los intervalos de clase empleados en Grossversuch IV [Tabla III, Pág. 31].

3.6.3.a.- Por Temporadas

En las Figuras 40, 41, 42 y 43 se representan los totales para cada temporada, de los tamaños y sus frecuencias relativas, de los granizos registrados por los impactómetros de la Red del Alto Valle. Los tamaños están agrupados por clases según se definió en la página 31 del Capítulo 2.

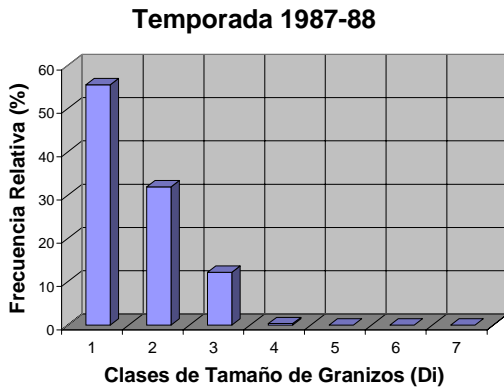


Figura 40

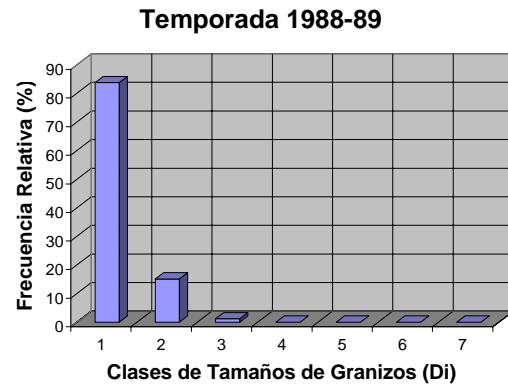


Figura 41

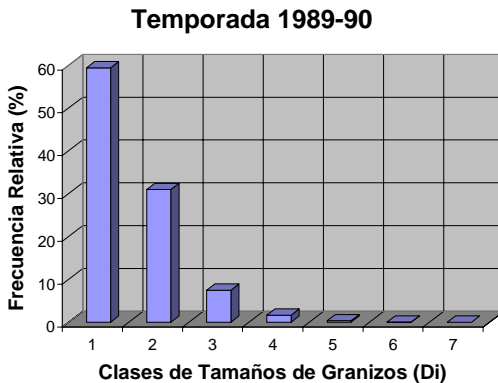


Figura 42

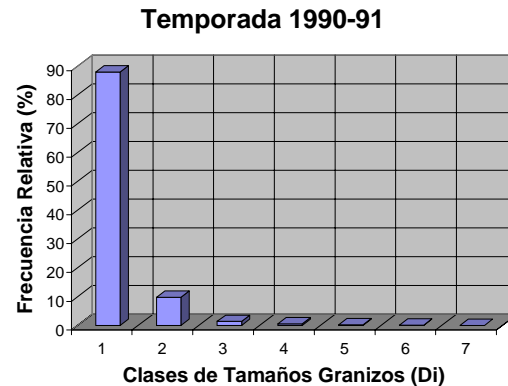


Figura 43

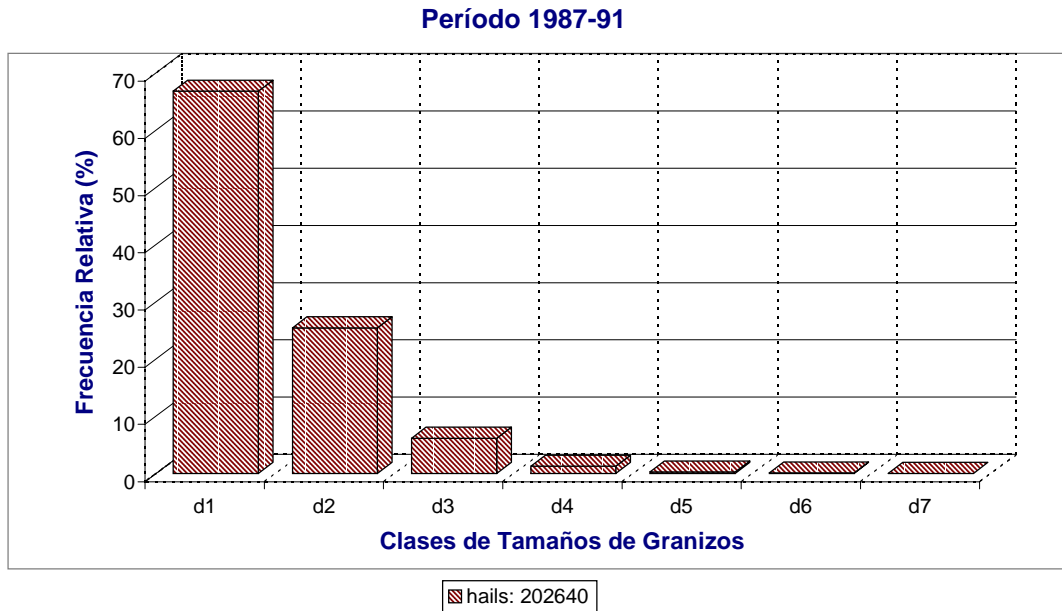


Figura 44: Distribución de tamaños de granizo, correspondientes a las cuatro temporadas en el Alto Valle.

En la Figura 44 se muestran los distintos tamaño y su frecuencia relativa, del total de granizos precipitados en las cuatro temporadas de mediciones. Podríamos asumir que este espectro de tamaños de granizos, es el representativo de la región del Alto Valle.

Comparar la distribución de tamaños de granizo hallados en el Alto Valle con los registrados en otros lugares es difícil, pues en el pasado, en cada red de trabajo se utilizó distintos intervalos de clases para clasificarlos.

Así Carte (1985) [ref.63] utilizó para Sudáfrica un intervalo de clases cada 3 mm, comenzando desde los 9 mm de diámetro. En Alberta, Canadá, Wojtiw y Lozowki (1985) [ref.63] usan también intervalos cada 3 mm, pero comenzando desde los 7 mm. Ferrari y otros (1983) [ref.64] en Trento Italia, utilizan intervalo de clases de 2,5 mm comenzando desde un diámetro de 5 mm. En Francia Dessens (1994) [ref. 65] utiliza un intervalo de clases cada 2 mm comenzando con 7 mm de diámetro. En Mendoza, Lac Prugent y otros presentan un trabajo con intervalos de clases cada 5 mm (1982) [ref.66].

Como nuestro trabajo se basó en la experiencia de Grossversuch IV, se utilizó el mismo intervalo de clases (ver Tabla III). Así, tomando los trabajos de Admirat (1979) [ref.67] y (1985) [ref.63] se construyó la figura 45, que corresponde a la zona donde el grupo Francés trabajó en Grossversuch IV, en Napf, Suiza. Como se puede apreciar los intervalos de clases son iguales y entonces podemos hacer comparaciones.

Suiza (Napf)

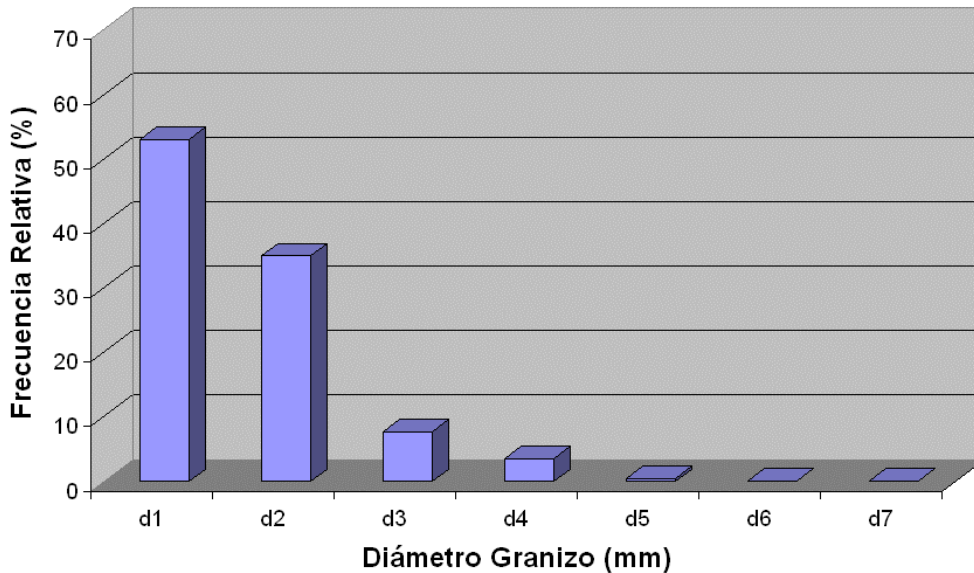


Figura 45: Distribución de tamaños de granizo, correspondientes a la temporadas 1978 en el proyecto Grossversuch IV (extraído de la referencias 63 y 67).

Por otra parte, Vento (1979) [ref.68] durante el convenio entre el Instituto Italo Latino Americano y la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, tomó unas muestras de impactómetros de Mendoza y los analizó según el intervalo de clases aplicado en Gossversuch IV, así se pudo construir la figura 46.

Mendoza

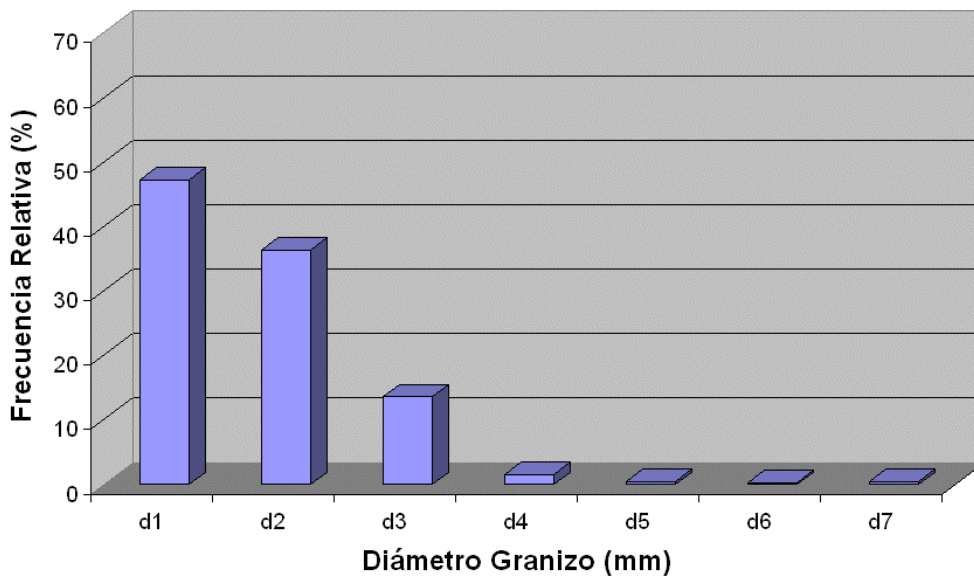


Figura 46: Distribución de tamaños de granizo, correspondientes a la temporadas 1979 en el proyecto PNLAG de la CNIE (extraído de la referencia 68).

Si estas 2 últimas figuras las comparamos con la obtenida en el Alto Valle (figura 44), podemos apreciar lo siguiente:

- 1) En el Alto Valle hay porcentualmente más granizos pequeños del tamaño d1 (66%), que en Napf (53%) y Mendoza (47%).
- 2) Tanto en Napf (35%) como en Mendoza (36%) hay más precipitación de granizos del tamaño d2 que en el Alto Valle (25%).
- 3) En Mendoza (13%) hay porcentualmente más granizos medianos del tamaño d3 que en el Alto Valle (6%).
- 4) En Napf (3,6%) hay porcentualmente más granizos medianos del tamaño d4 que en el Alto Valle (1%).

Lo expuesto anteriormente, nos conduce a afirmar que para un mismo cultivo, este se dañaría menos si estuviera en el Alto Valle que en los otros 2 lugares analizados.

3.6.3.b.- Por Tipo de Granizada

Utilizando la clasificación de Admirat [ref.35] ya expresada en el Capítulo 2, se eligieron 5 granizadas para cada categoría de precipitación, que caracterizan cómo son las distribuciones de tamaños de granizos para estos tipos de tormentas.

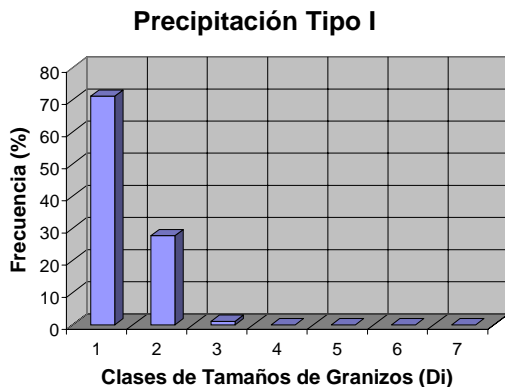


Figura 47

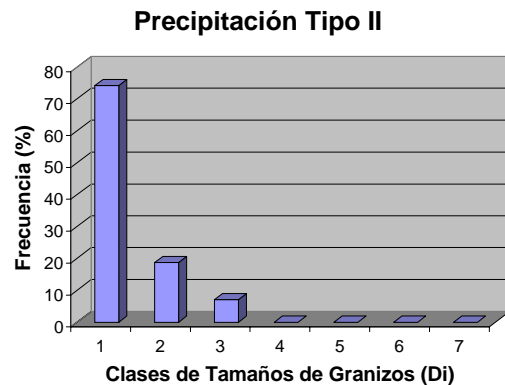


Figura 48

En las Figuras 47, 48 y 49 se muestran los resultados.

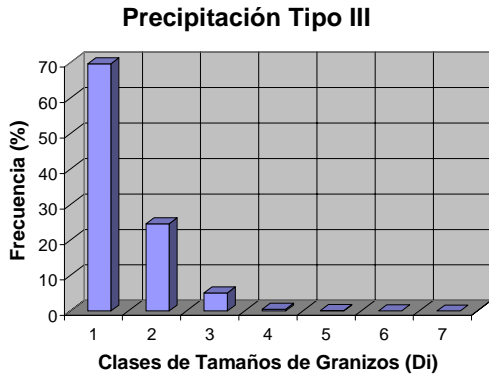


Figura 49

Estas distribuciones son importantes a la hora de simular granizadas en la región, y evaluar su potencial daño.

3.7.- CONCLUSIONES

Uno de los objetivos del presente capítulo, fue determinar los parámetros físicos de las granizadas en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén en forma natural, antes de que se lleven a cabo experimentos de modificación artificial del clima.

Desde la red de impactómetros del ALTO VALLE, tras 4 años continuos de registros de granizadas desde 1987 a 1991, se pudieron determinar las siguientes características:

- i) El número de días-granizo promedio para el citado periodo se determinó en 7,5.
- ii) Los meses con mayores precipitaciones de granizo son Octubre, Enero, Febrero y Marzo.
- iii) El origen más probable que favorece la producción de tormentas graniceras (basado en el campo de presión de superficie) es la situación sinóptica denominada “collado”.
- iv) La distribución de energía cinética global multi-anual, para esos 4 años, puede ser considerada como una logaritmo normal, representada por la ecuación (24).
- v) Fueron establecidas relaciones significativas entre la energía cinética global E_g y los principales parámetros físicos de las granizadas, (ecuaciones (25), (26) y (27)).
- vi) Para granizadas con más de tres placas impactadas, se halló una distribución unidimensional de los valores de energía cinética representada por una ecuación exponencial (28).

También fue objetivo del presente capítulo aportar estas mediciones para ver en el futuro si existen cambios significativos en este tipo de precipitación.

CAPITULO 4

SENSIBILIDAD FISICA A IMPACTOS DE GRANIZO EN FRUTOS DE MANZANOS

SENSIBILIDAD FISICA A IMPACTOS DE GRANIZO EN FRUTOS DE MANZANAS

4.1.- DAÑO FISICO EN LOS CULTIVOS

Como se indicó en el Capítulo 1, hay precipitaciones de granizo en todo el país, pero en pocos lugares se realizaron investigaciones al respecto. Ello nos conduce a pensar que se estudian las precipitaciones de granizo sólo debido a los daños económicos que ellas producen. Por lo tanto deberemos conocer acabadamente los cultivos y/o bienes que existen en la intemperie.

En lugares como la Provincia de La Pampa caen granizos, pero en zonas despobladas o con sólo ganado, sus efectos no interesan, por lo que el fenómeno no es tomado en cuenta. Un ejemplo de ello es la zona de Colonia 25 de Mayo, en la cual en las últimas décadas tuvo una expansión de la producción agrícola, y a partir de allí el granizo pasó a ser una preocupación de sus pobladores.

Por otra parte, no es lo mismo considerar pinos, trigo o manzanas, pues una misma tormenta que precipite granizos, producirá daños físicos (y por ende económicos) distintos sobre cada cultivo.

También conviene distinguir si una granizada ocurre en el mes de Noviembre sobre un cultivo de Peras, ya que no hará el mismo daño que si la granizada se produjera en el mes de Febrero, debido a que el fruto estará en su etapa de maduración y por lo tanto de mayor tamaño que al inicio de su crecimiento. Por ello es importante conocer la "Curva de Sensibilidad" a las precipitaciones de granizo de los cultivos existentes en una región; en otras palabras interesa conocer cómo se daña el cultivo con los impactos de granizo en cada etapa de su desarrollo fenológico.

Este doble conocimiento de: ¿Cómo son las características de las precipitaciones de granizo en un determinado lugar?, y de ¿Cómo es la sensibilidad de los cultivos a dichas precipitaciones?, determinará parte de una ecuación económica que permitirá estimar la rentabilidad o no de dicho cultivo en esa región.

También a la hora de elegir un sistema de protección contra el granizo, estos dos conocimientos deberán ser tenidos muy en cuenta.

Una granizada con muchas piedras de diámetros entre 5 y 9 mm, no produce daños en una plantación de coníferas, pero sí marca los frutos de los manzanos.

En la región de Trento (Italia) durante la década de 1970 Ferrari y otros (1978) [ref. 44], llevaron a cabo una experiencia en donde se trató de relacionar el valor de energía cinética registrada en los impactómetros y los daños ocurridos en algunas variedades de manzanas, peras y vides. Se encontró una gran dispersión en los resultados, ya que un mismo valor de energía cinética, puede estar constituido por distribuciones de tamaños de granizo distintas, y por lo tanto dañan de manera dispar.

Trabajos más recientes, como los de Roos y Durrant (1991) [ref. 45], en Sudáfrica, se enfocaron en realizar una serie de ensayos arrojando bolillas de acero sobre tomates cosechados y carrocerías de automóviles, para cuantificar el efecto de una granizada sobre estos dos productos de valor comercial.

Ambos trabajos podemos decir que son exponentes de intentos para obtener curvas representativas de sensibilidad a impactos de granizo.

4.2.- ESTUDIO SOBRE IMPACTOS DE GRANIZOS EN MANZANA

En la Universidad Nacional del Comahue planteamos la necesidad de evaluar la sensibilidad de dos variedades distintas de manzanas a las precipitaciones de granizo,

considerando como una *Primer Suposición* que los daños son distintos para cada variedad, y como una *Segunda Suposición* que para una misma variedad el daño varía con respecto al tiempo. El motivo se debió a que las marcas dejadas por el granizo en el fruto reducen su valor comercial.

4.2.1.- ANALISIS DE LAS VARIABLES INTERVINIENTES.

Haciendo un primer análisis de las variables que pueden entrar en juego al considerar el daño que ocasiona el granizo en un fruto de manzano; surgen las siguientes:

D: diámetro del granizo
Ec: energía cinética del granizo
Ef: estado fenológico de la manzana
CQ: composición química del fruto
Ed: edad de la planta
Vr: variedad de manzano
Lu: lugar en donde impactó el granizo sobre el fruto.
At: Angulo de la trayectoria
Li: Lugar de impacto en el fruto

Lo que nos daría una función del daño dependiente de:

$$\text{Daño} = f(D, Ec, Ef, CQ, Ed, Vr, Lu \dots)$$

En esta función se pueden agrupar las variables en dos subgrupos:

- a) el elemento impactante (el granizo)
- b) el elemento impactado (la manzana)

4.2.1.a.- VARIABLES FISICAS

En cuanto al granizo se consideraron las variables diámetro y energía cinética como las más importantes. El diámetro del granizo es una característica geométrica y conlleva una característica física, pues cada granizo llega al suelo con una velocidad límite de caída, determinada por su densidad, forma geométrica y tamaño. Además la marca que deja en la fruta al impactar es proporcional a su tamaño (diámetro) y a su inercia (masa por velocidad) es decir a la energía cinética con la que impacta al fruto.

- a.) características del granizo: - Diámetro.
- Energía cinética.

La hipótesis que adoptamos es que todos los granizos son esféricos y su densidad igual a 0.9 ton/m^3 (ver Capítulo 2), por lo tanto el diámetro será quien fije la velocidad terminal de caída. Por ello las semejanzas que fijamos entre nuestro modelo y la realidad son:

semejanza geométrica: igualdad de diámetros
semejanza cinemática: igualdad de energía cinética.

Para ello hemos reemplazado a los granizos reales por bolillas de acero y de plomo de igual diámetro, y las hemos arrojado de tal manera que al impactar la manzana tuvieran la misma energía cinética que la correspondiente a un granizo real de igual diámetro.

4.2.1.b.- VARIABLES BIOLÓGICAS

En lo referente al fruto podemos subdividirlo en:

- b.1) estado de dureza : - Estado fenológico
 - Características químicas
 - Variedad
 - Edad de la planta
 - Provisión de agua (riego o lluvias)
- b.2) capacidad de recuperación: - Estado fenológico
 - Variedad
 - Edad de la planta
 - Clima
 - Estado nutricional de la planta

Si se pretendiera estudiar completamente al fruto habría que considerar las variables químicas (contenido de azúcares, agua, macro nutrientes como el calcio, ácidos, etc.), pero ello resultaría muy complicado y podría ser objeto de otra tesis doctoral, alejándose del objetivo central del presente trabajo. Por lo tanto, se decidió considerar solamente como variables biológicas a: la variedad, la edad de la planta y el estado fenológico (evolución del tiempo en el estadio fruto).

4.2.2.- EL EXPERIMENTO

De esta forma, el experimento quedó conformado de la siguiente manera:

- VARIABLES:
- **Variedades:** Red Delicious y Granny Smith (**dos**).
 - Estado de fructificación considerado en **fechas** diferentes: Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero (**cuatro**).
 - **Edad** de las plantas: de 30 y 15 años (**dos**)
 - **Diámetro** del granizo: 5, 10, 15, 20 y 25 mm (**cinco**).
 - Número de **árboles:** para una misma variedad y edad (**dos**).

4.2.3.- METODOLOGIA

El lugar de los ensayos, fue el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Comahue, ubicado en la localidad de Cinco Saltos, Provincia de Río Negro.

El ensayo consistió en golpear a los frutos de manzanas con bolillas de acero y de plomo, simulando a los granizos de una tormenta real, cada 20 días aproximadamente, desde los meses de Noviembre a Febrero, durante el período de desarrollo del fruto. El trabajo se repitió en dos temporadas (1987-88 y 1988-89).

Tales bolillas eran arrojadas desde alturas calculadas previamente en función de la energía cinética estimada para el momento del impacto (es el mismo cálculo utilizado para la calibración de las placas impactométricas que figura en el Capítulo 2).

En la primera temporada se realizaron impactos con 22 distintos tamaños de bolillas, desde 2 mm de diámetro la de menor medida, hasta de 30 mm la mayor, pasando por medidas al azar, proporcionadas por la disponibilidad del tamaño de las bolillas de rulemanes que se encuentran en el mercado, que en su mayoría responden a tamaños en el Sistema de Medidas Británico, de allí la no homogeneidad en el orden de los tamaños al ser expresados en milímetros, como se indica en la Tabla VII:

2.0	3.0	4.0	5.0	5.5	6.4	8.0	8.5	10.0	11.0	12.0
12.7	14.0	14.3	15.0	15.4	16.0	17.0	17.4	20.0	25.0	30.0

De esta experiencia se sacaron tres importantes conclusiones:

- a) Los frutos de manzanos registraron marcas por el impacto de estas bolillas a partir de un tamaño igual o mayor a 5 mm.
- b) Las manzanas impactadas con tamaños de bolillas superiores a 25 mm, eran arrancadas del árbol.
- c) Se perdían una gran cantidad de manzanas impactadas, al final de la cosecha, cuando las debíamos evaluar.

Consecuencia de ello, en la segunda temporada, no se practicaron impactos con bolillas menores a 5 mm, dado que de acuerdo a los resultados de la primer experiencia, granizos con diámetros inferiores a 5 mm no marcan los frutos, ni tampoco con diámetros mayores a 25 mm, pues arrancan a los frutos del árbol. Además se decidió sistematizar el tamaño de los granizos simulados, ya que en la experiencia de la primera temporada, el arrojar esferas de diversos tamaños resultó muy trabajoso, y al momento de la cosecha se habían perdido muchas de ellas, por lo tanto los diámetros utilizados en la segunda temporada fueron de: 5, 10, 15, 20 y 25 mm.

Por lo que la cantidad de muestras resultantes para el segundo año hubieran sido, según lo que se planteó anteriormente, igual a $2 \times 4 \times 2 \times 5 \times 2 = 160$. Pero como se hicieron seis repeticiones por cada diámetro de impacto, por árbol y por fecha, el resultado final sería igual a $6 \times 160 = 960$ manzanas.

La recolección final de todos los frutos arrojó una cantidad igual a 123 manzanas de la variedad Red Delicious y 204 de la variedad Granny Smith, es decir 327 unidades en total, lo que indica un porcentaje de pérdida del 66%.

La gran pérdida de frutos impactados (datos) se debió a varios factores:

- i) Meteorológicos, principalmente el viento
- ii) Aves
- iii) Curiosidad humana, ya que cada manzana tenía una etiqueta y esto llama la atención, por lo que sin querer se toca el fruto y se lo puede arrancar involuntariamente.
- iv) Tareas culturales, pues estas plantas estaban dentro de un predio de explotación frutícola, de unas 4 hectáreas, por lo que allí se realizaban todas las tareas sanitarias necesarias para toda la plantación.

Capítulo 4: Sensibilidad Física a Impactos de Granizo en Frutos de Manzanos

Los impactos realizados entre la última semana de Noviembre y la primera semana de Diciembre se anotaron como Fecha 1.

Los impactos realizados entre la última semana de Diciembre y la primera semana de Enero se anotaron como Fecha 2.

Los impactos realizados dentro de la última quincena de Enero se anotaron como Fecha 3.

Los impactos realizados dentro de la última quincena de Febrero se anotaron como Fecha 4 y 5.

Foto T (izquierda): Etiqueta identificatoria con la fecha y diámetros del impacto



Foto S (derecha): Impactando frutos de manzana con bolillas orientadas con un tubo que tenía alturas previamente calibradas para que la bolilla al impactar con el fruto tuviera la misma energía cinética que un granizo verdadero del mismo tamaño.

Se golpeaba un fruto con una esfera con diámetro determinado como se puede observar en la fotografía S, y se colocaba una etiqueta identificatoria con la fecha y el diámetro del impacto (Fotografía T).

Se pudo observar una gran semejanza entre nuestros frutos, y los afectados por una tormenta real registrada en la zona (Fotos U y V)



Foto U: Marcas en manzanas producidas por una precipitación real de granizos, las cuales son comparada con las marcas simuladas con bolillas en el experimento.



Foto V: En la planta luego de impactar al fruto, se colocaba una etiqueta identificatoria.

En la cosecha del fruto, se recogía el mismo junto con su etiqueta identificatoria (Foto V), y se lo llevaba al gabinete de trabajo para evaluar el daño físico y el daño económico.

La evaluación física se realizó midiendo con un Calibre (marca Whallebrand) las improntas dejadas por las bolillas en los frutos (como se observa en la Fotografía W).



Foto W: En el laboratorio con un calibre se mide el tamaño de la impronta en la manzana.

Las Fotografías X1 a X5 ilustran como se veían las manzanas con distintas marcas, debido a los impactos al final de los ensayos.



Foto X1: Manzana marcada por una bolilla de 9.8 mm, con su etiqueta identificatoria.



Foto X2: Manzanas con marcas originados por impactos producidos en el mes de Diciembre, durante la primer campaña de experimentos, con bolillas de distintos diámetros.



Foto X3: Manzanas Red Delicious con marcas de 5, 12, 15 y 17,5 mm debidos a impactos producidos en el mes de Noviembre, durante la primera campaña de experimentos, con bolillas de distintos diámetros.

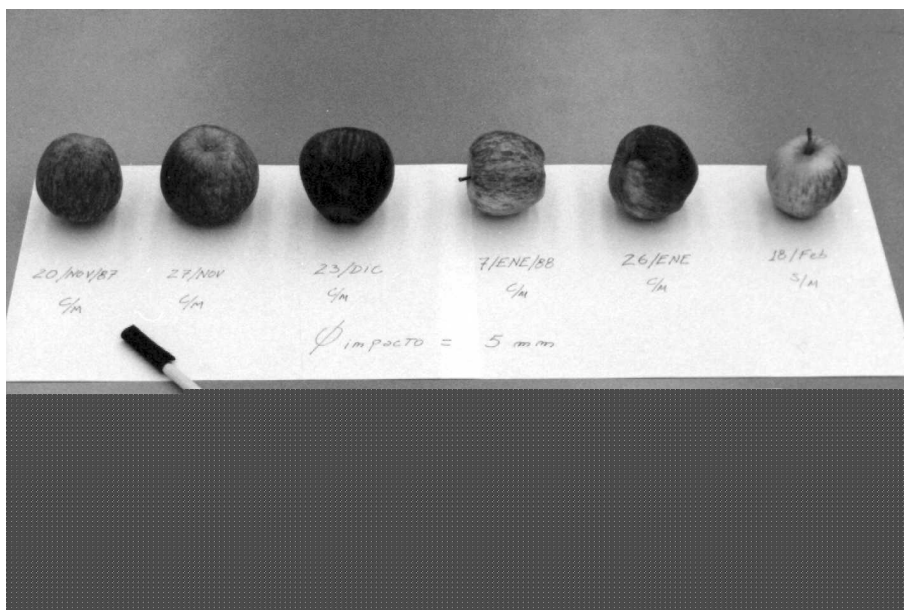


Foto X4: Manzanas impactadas con bolillas de 5 mm de diámetro en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero.



Foto X5: Manzanas impactadas con bolillas de 10 mm, en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, siendo analizadas luego de ser cosechadas en el mes de Marzo.

El paso siguiente fue formar un archivo de datos correspondientes a cada variedad. En él figuran los siguientes datos:

- número de la manzana impactada.
- número de árbol
(ambos parámetros fijados para seguir un ordenamiento dentro del archivo general).
- diámetro de la bolilla impactante.
- diámetro de la marca.
- día, mes y año, (referidos a la fecha del impacto).

La evaluación económica se realizó según el Manual de Calidad de Frutos de la Secretaría de Fruticultura de las Provincias de Río Negro y Neuquén (1985) [ref. 46].

4.2.4.- DATOS OBTENIDOS

El trabajo partió entonces de dos bases de datos obtenidas en dos temporadas distintas, donde no hubo homogeneización de tamaños de granizos simulados a impactar (en el primer año), y en el segundo año sí lo hubo (sólo con tamaños de 5, 10, 15, 20 y 25 mm de diámetros).

Así, para poder compatibilizar ambas bases de datos, se tomaron del primer año, sólo aquellas observaciones que coincidían con las del segundo año (tamaños de 5, 10, 15, 20 y 25 mm de diámetros).

Hubo en ambos experimentos 2 variedades de Manzanas, y para ello se utilizaron 2 plantas en cada variedad en cada año. Para el segundo año en la variedad Red Delicious se utilizaron 3 árboles, porque en uno de ellos había pocas frutas.

Los árboles del primer año tenían 30 años de edad, y los del ensayo del segundo año tenían 15 años de edad en ambas variedades.

En los ANEXOS 4 se presentan los archivos obtenidos a partir de las muestras recogidas al finalizar cada experimento.

Con ellos se procedió a realizar los análisis que se detallan a continuación.

4.2.5.- ANALISIS DE LOS DATOS

4.2.5.a.- HIPÓTESIS DE TRABAJO:

Se plantearon cuatro hipótesis de trabajo a confirmar o rechazar, utilizando para tres de ellas el método de análisis simple de la varianza para comprobar la hipótesis según la cual dos o más muestras (extraídas de poblaciones con la misma media) son iguales, y una cuarta hipótesis con un análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo, comprobando la hipótesis según la cual, las medias de dos o más muestras son iguales (extraídas de poblaciones con la misma media).

4.2.5.a.i.- PRIMERA HIPÓTESIS.

Objetivo: determinar si la respuesta (marcas) a los impactos por granizo en distintos árboles de una misma variedad y edad no difieren, es decir tienen medias iguales.

H_1 : las marcas producidas por granizos de igual tamaño, en distintos árboles de una misma variedad, de la misma edad, y en la misma fecha, son iguales.

4.2.5.a.i.1.- Variedad Granny Smith

Material: se dispuso de datos de impactos en 4 fechas y con 5 diámetros distintos en 3 árboles diferentes. Como se perdieron datos, los archivos son parciales, entonces se tomaron datos en los cuales tengan íntegro parte del universo de diámetros.

Para la **fecha 1**, se utilizaron las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 2.566171197$, y para $F_{0,95} = 4.03838385$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Para la **fecha 2**, se utilizaron las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.092198356$, y para $F_{0,95} = 4.019540256$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Para la **fecha 3**, se utilizaron las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.112954686$, y para $F_{0,95} = 4.091276651$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Para la **fecha 4**, hemos utilizado las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.008627807$, y para $F_{0,95} = 4.195982228$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

4.2.5.a.i.2.- Variedad Red Delicious

Material: también se dispuso en la base de datos, impactos en 4 fechas y con 5 diámetros distintos en 3 árboles diferentes. Como se perdieron datos, los archivos son parciales, entonces se tomaron datos en los cuales estuvieran completa parte del universo de los diámetros.

Para la **fecha 1**, sólo se utilizaron las categorías de diámetros d_1 , d_2 y d_3 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.193843926$, y para $F_{0,95} = 5.117357205$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Para la **fecha 2**, se utilizaron las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.048713402$, y para $F_{0,95} = 4.210008342$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Para la **fecha 3**, se utilizaron las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.158398976$, y para $F_{0,95} = 4.139252496$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Para la **fecha 4**, se utilizaron las 5 categorías de diámetros d_1 , d_2 , d_3 , d_4 y d_5 . Aplicando el test del estadístico F, se obtiene la razón $F = 2.879285159$, y para $F_{0,95} = 4.113161367$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, y por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla VIII.

Conclusión Hipótesis 1: para todas las fechas, tanto en la variedad GRANNY SMITH como en la RED DELICIOUS, las marcas por granizo en cada árbol son del mismo universo. No hay variación entre árboles de esta misma especie y edad.

HIPOTESIS 1					
Variedad	Fecha	Diámetros	F	F _{0,95}	Rechazo
Granny Smith	1	d1, d2, d3, d4, d5	2,566171197	4,03838385	NO
Granny Smith	2	d1, d2, d3, d4, d5	0,092198356	4,019540256	NO
Granny Smith	3	d1, d2, d3, d4, d5	0,112954686	4,091276651	NO
Granny Smith	4	d1, d2, d3, d4, d5	0,008627807	4,195982228	NO
Red Delicious	1	d1, d2, d3	0,193843926	5,117357205	NO
Red Delicious	2	d1, d2, d3, d4, d5	0,048713402	4,210008342	NO
Red Delicious	3	d1, d2, d3, d4, d5	0,158398976	4,139252496	NO
Red Delicious	4	d1, d2, d3, d4, d5	2,879285159	4,113161367	NO

Tabla VIII: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 1, y sus resultados.

4.2.5.a.ii.- SEGUNDA HIPÓTESIS.

Objetivo: determinar si existen diferencias en las medias para cada categoría de diámetros de granizo a lo largo del tiempo.

H₂: Las marcas producidas por un mismo tamaño de granizo, en una variedad de manzanas a lo largo del tiempo, son iguales. Esta hipótesis es igual a la *Segunda Suposición* que se asumió al planificar el experimento.

4.2.5.a.ii.1.- Granny Smith

Material: se dispuso de 4 fechas, aproximadamente de una por mes: Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero.

Se aplicó el análisis de varianza a las medias de una variable de clasificación (Modelo 1), para ello se realizó el test por diámetro.

Para el **diámetro 1**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .

Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 4.19602435$, y para $F_{0,95}(3,38) = 2.851741954$. Por lo que la hipótesis se rechaza, por lo tanto las muestras no tienen iguales medias, entonces al menos una de las fechas es distinta a las otras. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 2**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .

Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 8.880554151$, y para $F_{0,95}(3,39) = 2.845069957$. Por lo que la hipótesis se rechaza, entonces al menos una de las fechas es distinta a las otras. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 3**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.429779207$, y para $F_{0,95}(3,43) = 2.821629153$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 4**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.530130498$, y para $F_{0,95}(3,31) = 2.911335173$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 5**, se utilizaron las 3 fechas f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtiene la razón $F = 0.395991273$, y para $F_{0,95}(3,30) = 2.922277531$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla IX.

4.2.5.a.ii.2.- Red Delicius

Material: se dispuso de 4 fechas, aproximadamente de una por mes: Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero.

Se aplicó análisis de varianza a las medias de una variable de clasificación (Modelo 1), para ello se realizó el test de a un tipo de diámetro por vez.

Para el **diámetro 1**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 6.498229088$, y para $F_{0,95}(3,18) = 3.159911444$. Por lo que la hipótesis se rechaza, por lo tanto las muestras no tienen iguales medias, entonces al menos una de las fechas es distinta a las otras. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 2**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 7.866465836$, y para $F_{0,95}(3,23) = 3.027999185$. Por lo que la hipótesis se rechaza, entonces al menos una de las fechas es distinta a las otras. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 3**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.334534014$, y para $F_{0,95}(3,23) = 3.027999185$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 4**, se utilizaron las 4 fechas f_1 , f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.141025375$, y para $F_{0,95}(3,26) = 2.975156121$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla IX.

Para el **diámetro 5**, se utilizaron las 3 fechas f_2 , f_3 , y f_4 .
Aplicando el test del estadístico F, se obtiene la razón $F = 1.723782156$, y para $F_{0,95}(2,14) = 3.738890086$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla IX.

Conclusión Hipótesis 2: en ambas variedades para los diámetros de impacto de granizo de 15, 20 y 25 mm, no hay variación a lo largo del tiempo. Sólo para los diámetros de 5 y 10 mm existe al menos una fecha en que se comporta distinto. Esto nos estaría diciendo que estadísticamente la sensibilidad física es casi constante a lo largo del tiempo de evolución del fruto, ante diámetros superiores a 10 mm.

HIPOTESIS 2					
Variedad	Diámetro	Fechas	F	F _{0,95}	Rechazo
Granny Smith	d1	f1, f2, f3, f4	4,19602435	2,851741954	SI
Granny Smith	d2	f1, f2, f3, f4	8,880554151	2,845069957	SI
Granny Smith	d3	f1, f2, f3, f4	0,429779207	2,821629153	NO
Granny Smith	d4	f1, f2, f3, f4	0,530130498	2,911335173	NO
Granny Smith	d5	f2, f3, f4	0,395991273	2,922277531	NO
Red Delicius	d1	f1, f2, f3, f4	6,498229088	3,159911444	SI
Red Delicius	d2	f1, f2, f3, f4	7,866465836	3,027999185	SI
Red Delicius	d3	f1, f2, f3, f4	0,334534014	3,027999185	NO
Red Delicius	d4	f1, f2, f3, f4	0,141025375	2,975156121	NO
Red Delicius	d5	f2, f3, f4	1,723782156	3,738890086	NO

Tabla IX: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 2, y sus resultados.

4.2.5.a.iii.- TERCERA HIPÓTESIS

Objetivo: determinar si la edad de la planta influye en los resultados de las marcas por granizo.

H₃: las marcas producidas por granizos de diversos tamaños en la misma fecha, en árboles de edades distintas para una misma variedad de manzanas, son iguales.

4.2.5.a.iii.1.- Granny Smith

Material: se utilizaron los datos de las plantas de 30 años (experimentos del primer año) y los de las plantas de 15 años (experimentos del segundo año) en variedad Granny Smith . Para ello se planteó un Modelo I fecha por fecha. Para la fecha 1 en el archivo de 30 años sólo se dispuso de un dato, por lo que esta fecha no se la analizó.

Para la **fecha 2**, se utilizaron 4 diámetros: 5, 15, 20 y 25 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.14307655$, y para $F_{0,95}(1,14) = 4.600110515$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

Para la **fecha 3**, se utilizaron los 5 diámetros: 5, 10, 20 y 25 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 1.724735721$, y para $F_{0,95}(1,26) = 4.225199746$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

Para la **fecha 4**, se utilizaron 2 diámetros: 15 y 20 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 1.444193525$, y para $F_{0,95}(1,14) = 4.600110515$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

4.2.5.a.iii.2.- Red Delicious

Material: se utilizaron los datos de las plantas de 30 años (experimentos del primer año) y los de las plantas de 15 años (experimentos del segundo año) en variedad Red Delicious. Para ello se planteó un Modelo I fecha por fecha.

Para la **fecha 1**, se utilizaron 2 diámetros: 5 y 15 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.374831042$, y para $F_{0,95}(1,14) = 4.600110515$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

Para la **fecha 2**, se utilizaron 5 diámetros: 5, 10, 15, 20 y 25 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 0.773195461$, y para $F_{0,95}(1,32) = 4.149086408$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

Para la **fecha 3**, se utilizaron 4 diámetros: 5, 10, 15 y 20 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtuvo la razón $F = 1.651438299$, y para $F_{0,95}(1,18) = 4.413863053$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

Para la **fecha 4**, se utilizaron 3 diámetros: 10, 15 y 20 mm. Aplicando el test del estadístico F, se obtiene la razón $F = 0.697145025$, y para $F_{0,95}(1,6) = 5.987374152$. Por lo que la hipótesis no se rechaza, por lo tanto las muestras tienen iguales medias. Ver Tabla X.

Conclusiones Hipótesis 3: la edad de las plantas, en ambas variedades no influye en los resultados.

HIPOTESIS 3					
Variedad	Fecha	Diámetros	F	F _{0,95}	Rechazo
Granny Smith	2	d1, d3, d4, d5	0,14307655	4,600110515	NO
Granny Smith	3	d1, d2, d4, d5	1,724735721	4,225199746	NO
Granny Smith	4	d3, d4	1,444193525	4,600110515	NO
Red Delicious	1	d1, d3	0,374831042	4,600110515	NO
Red Delicious	2	d1, d2, d3, d4, d5	0,773195461	4,149086408	NO
Red Delicious	3	d1, d2, d3, d4	1,651438299	4,413863053	NO
Red Delicious	4	d2, d3, d4	0,697145025	5,987374152	NO

Tabla X: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 3, y sus resultados.

4.2.5.a.iv.- CUARTA HIPÓTESIS

Objetivo: se quiere determinar si existen efectos distintos en las dos variedades de manzanas, y a lo largo del tiempo (evolución fenológica del estadio: fruto).

H₄: las marcas producidas por granizos de igual tamaño en dos variedades distintas de manzanas a lo largo del tiempo, son iguales. Esta hipótesis es igual a la *Primera Suposición* que se asumió al planificar el experimento.

Material: para ello se plantea un test de dos variables de clasificación (fechas y variedades) con medidas repetidas. Esto se realiza para los cinco tamaños de granizo.

Para el **tamaño de 5 mm**:

El $F_{\text{fila}} = 1.108782192$, y para $F_{0,95}(7,14) = 2.764195983$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las variedades (filas) de manzanas.

El $F_{\text{columna}} = 1.469683429$, y para $F_{0,95}(2,14) = 3.738890086$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las distintas fechas (columnas).

Ver Tabla XI.

Para el **tamaño de 10 mm**:

El $F_{\text{fila}} = 0.4191763$, y para $F_{0,95}(7,21) = 2.487581696$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las variedades (filas) de manzanas.

El $F_{\text{columna}} = 2.99337832$, y para $F_{0,95}(3,21) = 3.072472055$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias significativas entre las distintas fechas (columnas).

Ver Tabla XI.

Para el **tamaño de 15 mm**:

El $F_{\text{fila}} = 1.804112828$, y para $F_{0,95}(7,21) = 2.487581696$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las variedades (filas) de manzanas.

El $F_{\text{columna}} = 0.072270949$, y para $F_{0,95}(3,21) = 3.072472055$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las distintas fechas (columnas).

Ver Tabla XI.

Para el **tamaño de 20 mm**:

El $F_{\text{fila}} = 0.722249853$, y para $F_{0,95}(7,21) = 2.487581696$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las variedades (filas) de manzanas.

El $F_{\text{columna}} = 2.976059609$, y para $F_{0,95}(3,21) = 3.072472055$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las distintas fechas (columnas).

Ver Tabla XI.

Para el **tamaño de 25 mm**:

El $F_{\text{fila}} = 0.912433137$, y para $F_{0,95}(7,14) = 2.764195983$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las variedades (filas) de manzanas.

El $F_{\text{columna}} = 0.135345417$, y para $F_{0,95}(2,14) = 3.738890086$, por lo que no se rechaza la hipótesis, entonces no hay diferencias entre las distintas fechas (columnas).

Ver Tabla XI.

Conclusión Hipótesis 4: No existen efectos distintos en las dos variedades ensayadas respecto de sus marcas, como tampoco a lo largo de los meses.

HIPOTESIS 4						
Diámetro	F entre Variedades	$F_{0,95}$	Rechazo	F entre Fechas	$F_{0,95}$	Rechazo
d1	1,108782192	2,764195983	NO	1,469683429	3,738890086	NO
d2	0.419176296	2,487581696	NO	2.99337832	3,072472055	NO
d3	1.804112828	2,487581696	NO	0,072270949	3,072472055	NO
d4	0,722249853	2,487581696	NO	2,976059609	3,072472055	NO
d5	0,912433137	2,764195983	NO	0,135345417	3,738890086	NO

Tabla XI: Síntesis de las variables testeadas en la hipótesis 4, y sus resultados.

4.2.6.- RESULTADOS

Los resultados para las variedades de manzanas Red Delicious y Granny Smith fueron:

- a) granizos con diámetros inferiores a 5 mm no marcan los frutos.
- b) granizos con diámetros superiores a 25 mm arrancan los frutos del árbol.
- c) granizos con valores intermedios entre 5 y 25 mm de diámetro producen distintos daños físicos en los frutos según el estado fenológico de los mismo, y se indican en las Figuras 51 y 52.
- d) no hay diferencias significativas, en las marcas producidas por granizos, entre las variedades Granny Smith y Red Delicious.
- e) no hay diferencias significativas, en las marcas producidas por granizos, entre distintos árboles de una misma especie.
- f) no hay diferencias significativas, en las marcas producidas por granizos, entre árboles de distintas edades de una misma especie.

Las Figuras 50 y 51 se han realizado con los valores medios de las marcas medidas en los frutos de manzana.

Los resultados de los experimentos muestran que, no hay diferencia estadística entre las marcas producidas en ambas variedades, por lo que puedo tratar a los datos de ambas como de un solo universo, y así obtener la curva de las medias como el promedio de los datos de ambos archivos. Esto está reflejado en la Figura 52, que podemos decir que es la Curva de Sensibilidad a Impactos de Granizo de frutos de Manzana (variedades Granny Smith y Red Delicious).

Granny Smith

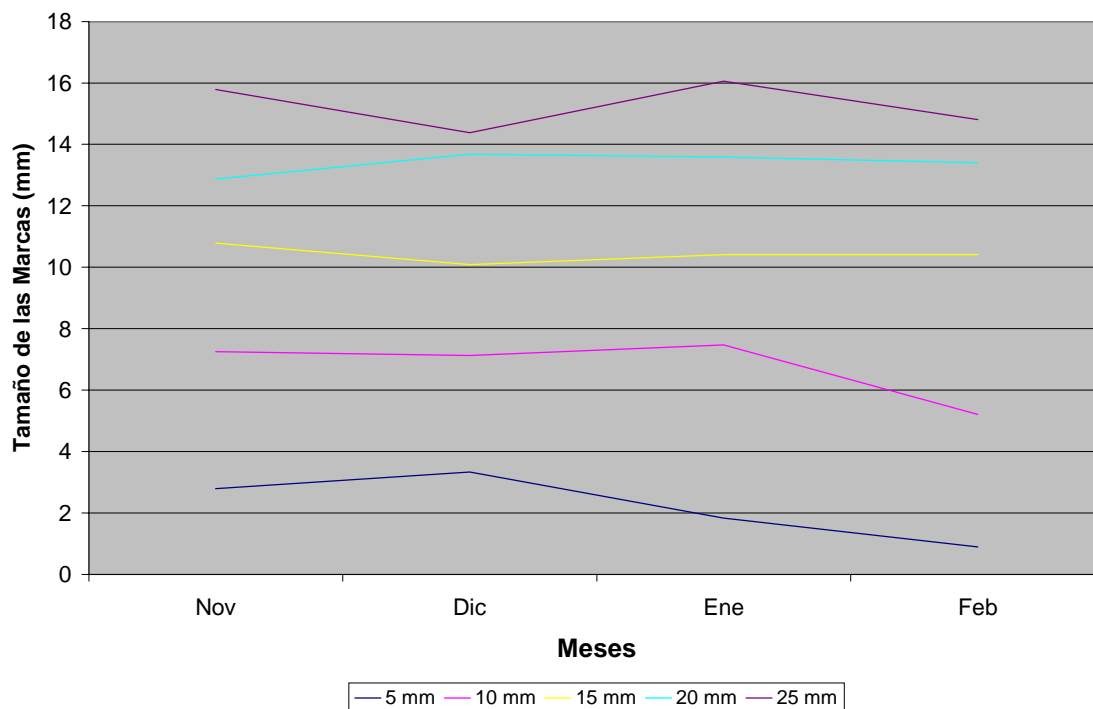


Figura 50: Curva de Sensibilidad a Impactos de Granizo para la variedad de Manzanas Granny Smith.

Red Delicious

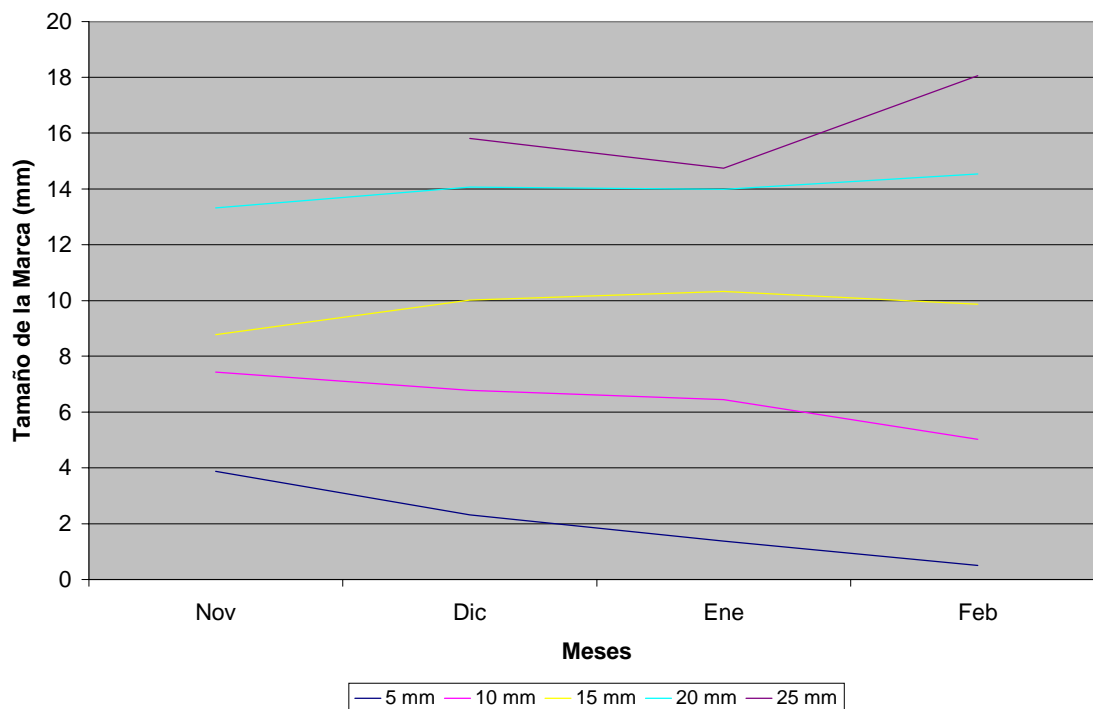


Figura 51: Curva de Sensibilidad a Impactos de Granizo para la variedad de Manzanas Red Delicious.

Curvas de Sensibilidad de Manzanas a Impactos de Granizo

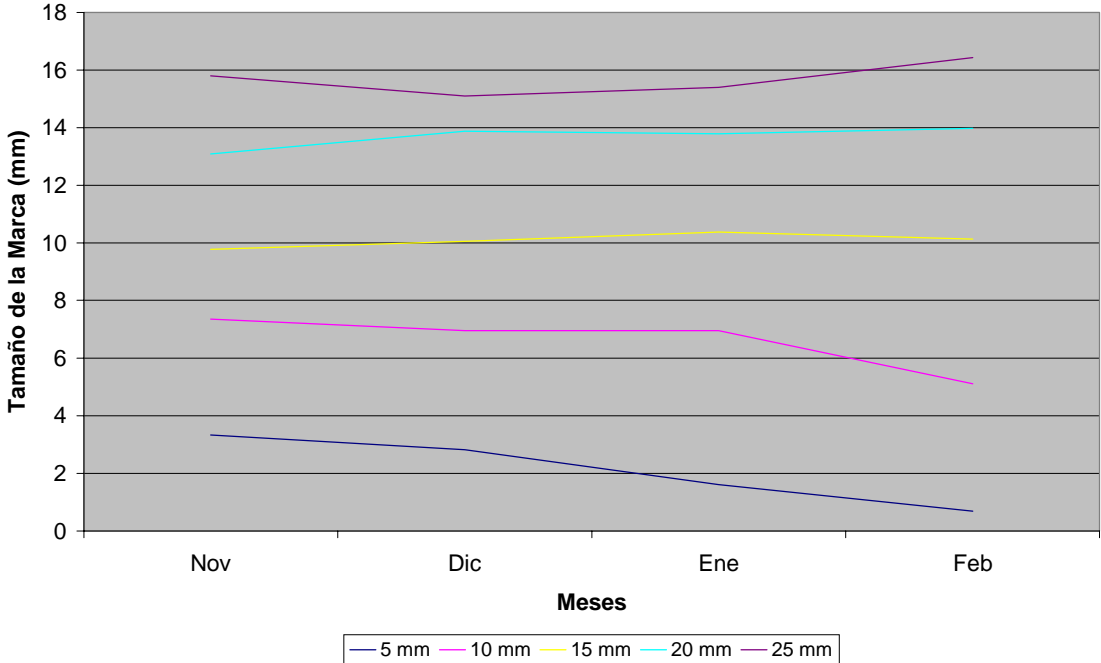


Figura 52: Curva de Sensibilidad a Impactos de Granizo para ambas variedades de Manzanas (curva promedio).

CAPITULO 5

EVALUACION DE PERDIDAS DE PRODUCCION DEBIDO A LAS PRECIPITACIONES DE GRANIZO

5.1.- EVALUACION DE DAÑOS:

Haciendo una recapitulación, hasta aquí se ha realizado una serie de mediciones de precipitaciones de granizo a nivel del suelo por intermedio de una Red de Impactómetros (Capítulo 2), y con esos datos hemos realizado un estudio de los parámetros físicos de las superficies granizadas, obteniendo una base de datos de las precipitaciones de granizo ocurridas durante el periodo Octubre de 1987 hasta Marzo de 1991 (Capítulo 3). Por otra parte también hemos realizado un trabajo de campo consistente en golpear manzanas en los árboles en distintas fechas, y luego al momento de ser cosechadas, se evaluó el daño físico y económico producido en cada fruto por un solo impacto de granizo, y así se obtuvieron las Curvas de Sensibilidad Física a Impactos de Granizo en dos variedades de manzanas. Con esa base de datos se realizó un estudio para determinar el grado de dependencia de las variables intervinientes (Capítulo 4).

Para llegar al objetivo de poder evaluar el daño económico que una precipitación de granizo produce en la región, nos falta extender los anteriores resultados hallados a toda una plantación de manzanas.

A continuación definiremos la metodología de cómo pasar del daño individual de un granizo sobre una manzana, a todo un espectro de distribuciones de granizos sobre una superficie unitaria (un metro cuadrado) con manzanas según cantidad y tamaño representativos de la producción.

Para ello usaremos las técnicas de la simulación no determinística

5.2.- RELACION ENTRE CANTIDAD DE GRANIZOS, Y DAÑOS A FRUTOS DE MANZANOS

Como se dijera en el Capítulo 4, el valor de energía cinética en una granizada no es una relación directa del daño producido a un cultivo. Por ello, se ha elegido al *Número de Granizos* por metro cuadrado como parámetro para evaluar el daño. Para ello se desarrolló un algoritmo con las siguientes características:

a) Contiene el modelo de distribución de tamaños de granizos típicos para las precipitaciones que ocurren en el Alto Valle.

b) También contiene una modelización de las curvas de sensibilidad a impactos de granizo para las variedades de manzanas Granny Smith y Red Delicious.

c) Posee dos modelos de distribución espacial de frutos de manzanos para árboles en conducción: espaldera y tradicional o libre.

d) Los niveles de afectación o daño están según las prácticas que realizan los galpones de empaque de la región (grado económico, grado comercial, grado común, grado elegido, y grado superior), y para distintos tamaños (calibres) de manzanas.

5.2.a.- Modelo de distribución de tamaños de granizos:

En la Figura 46 del Capítulo 3, se muestran los distintos tamaños y su frecuencia relativa, del total de granizos precipitados en las cuatro temporadas de mediciones. Podríamos asumir que este espectro de tamaños de granizos, es el representativo de la región del Alto Valle, y es el que se utilizó como base para la modelación.

Las simulaciones consistieron en utilizar el espectro de granizos y por medio de una función aleatoria se asignan cantidades de granizos a cada categoría desde cero hasta el número promedio de cada categoría.

5.2.b.- Modelo de Curvas de Sensibilidad:

Para esta parte del modelo, se ha utilizado el contenido de la Figura 52 del Capítulo 4 sobre la curva promedio de Sensibilidad a Impactos de Granizo para ambas variedades de Manzanas.

5.2.c.- Distribución Espacial de Frutos de Manzanos en Arboles:

Para modelizar la distribución de manzanas en un árbol frutal, Olmos y otros (1990) [ref.47] realizaron la medición en 3 dimensiones de cada fruto de manzana, en los dos tipos de conducción más difundidos en la región: en espaldera y tradicional o libre, y luego desarrollaron un software. Cada árbol arrojó más de 500 manzanas, y estas fueron ubicadas espacialmente; en la Figura 53 se puede apreciar la representación de la ubicación tridimensional de los frutos de manzanas en un árbol en conducción de espaldera.

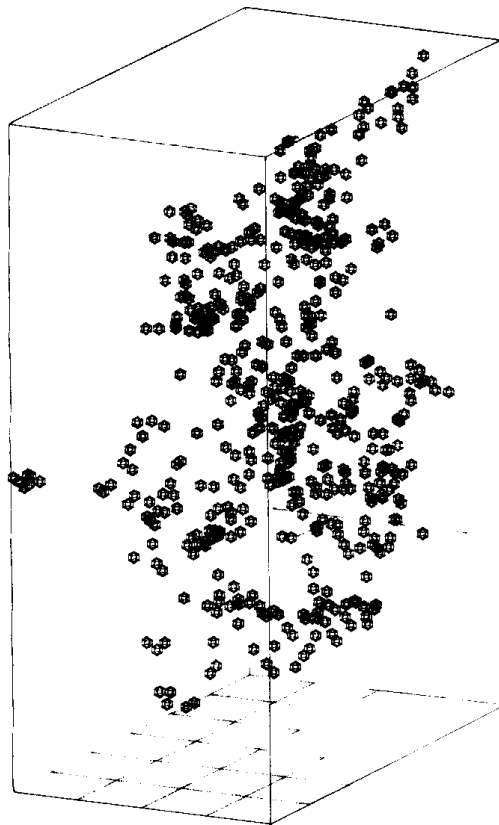


Figura 53: Distribución espacial de manzanas en un árbol en conducción espaldera, vista en perspectiva.

En las Figuras 54 y 55 se observa la proyección del mismo árbol vista desde arriba y desde el frente.

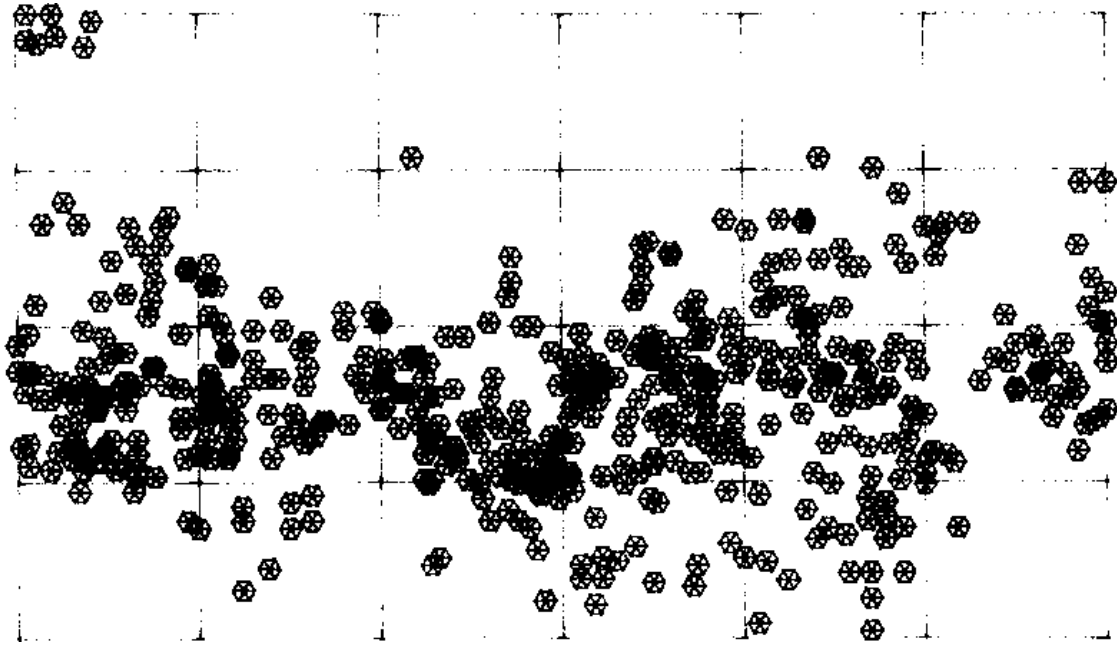


Figura 54: Vista desde arriba de una distribución de frutos de manzanas en conducción espaldera.

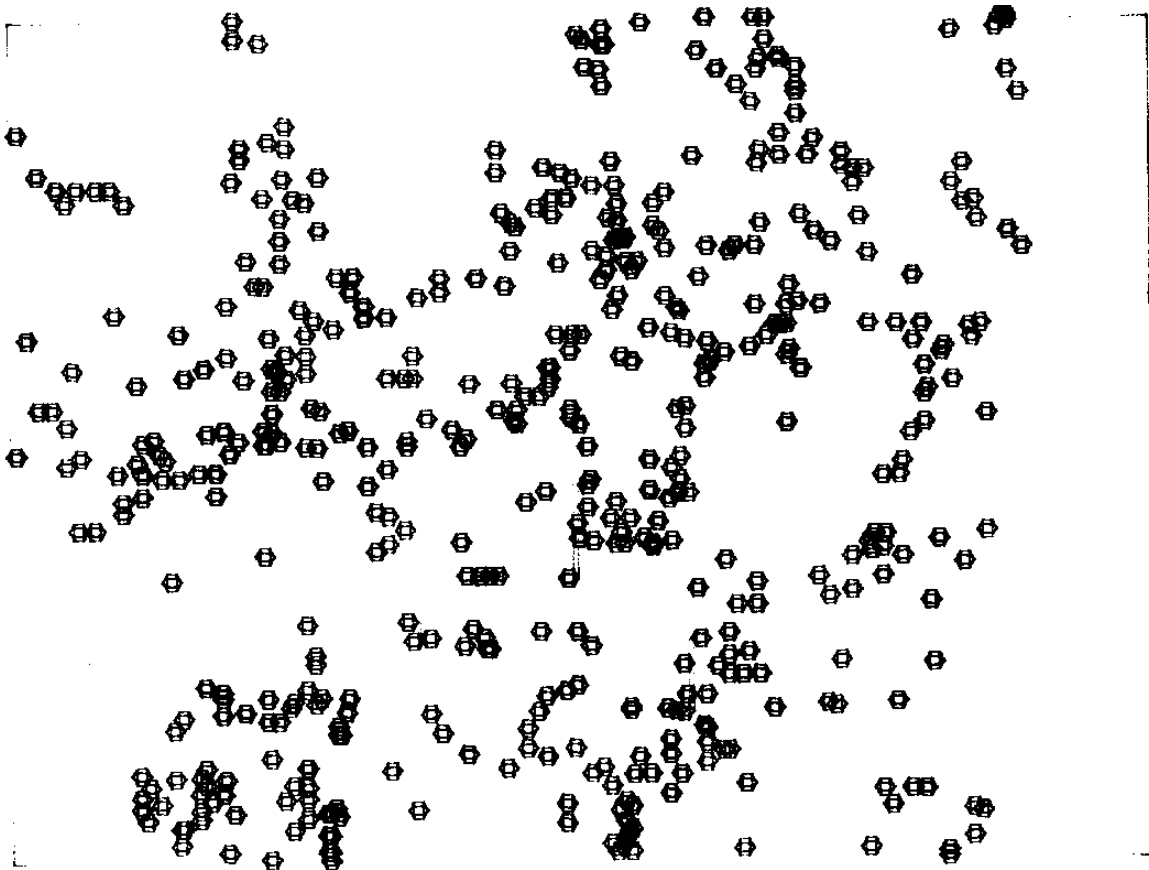


Figura 55: Vista de frente de la distribución de manzanas en un árbol en conducción espaldera.

Si imagináramos planos de por ejemplo un metro cuadrado en diversos lugares sobre las Figuras 54 y 55, veríamos que la disposición de las manzanas tiene las características de una distribución aleatoria.

En el modelo de simulación, precisamente se elige una función aleatoria para generar la ubicación de los centros de cada manzana. La Figura 56 muestra el plano que se genera según sea la trayectoria del granizo, y la Figura 57 muestra una salida del programa con la distribución de manzanas generadas aleatoriamente (círculos) y los granizos (cruces) impáctando en el plano de referencia.

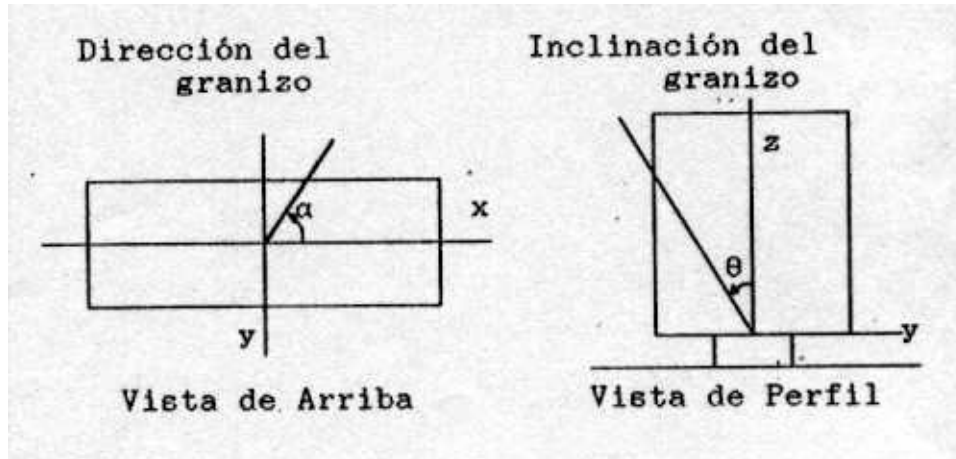


Figura 56: La trayectoria de un granizo está definida por los ángulos de Acimut y Elevación, que a su vez determinan un plano de referencia sobre la plantación.

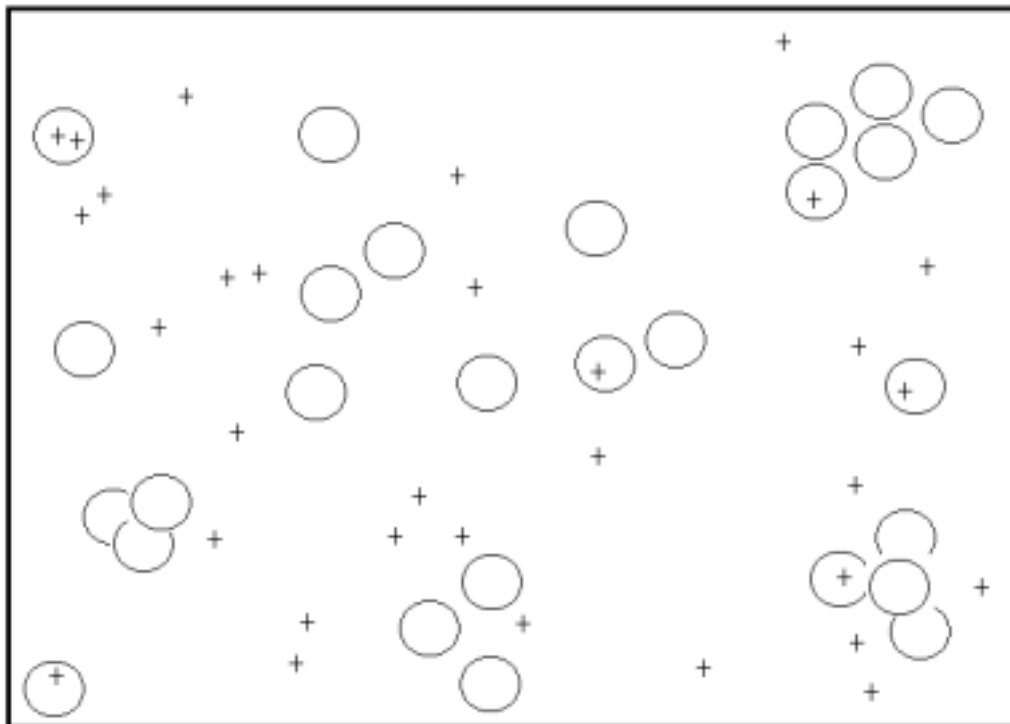


Figura 57: Salida de la simulación de distribución de manzanas en un plano de un metro cuadrado, con las trayectorias de 30 granizos sobre la misma, los círculos son las manzanas y las cruces representan a los granizos.

La lógica del software está representada en la Figura 58, y los detalles están en las referencias (1990) [ref.47] y (1991) [ref.48].

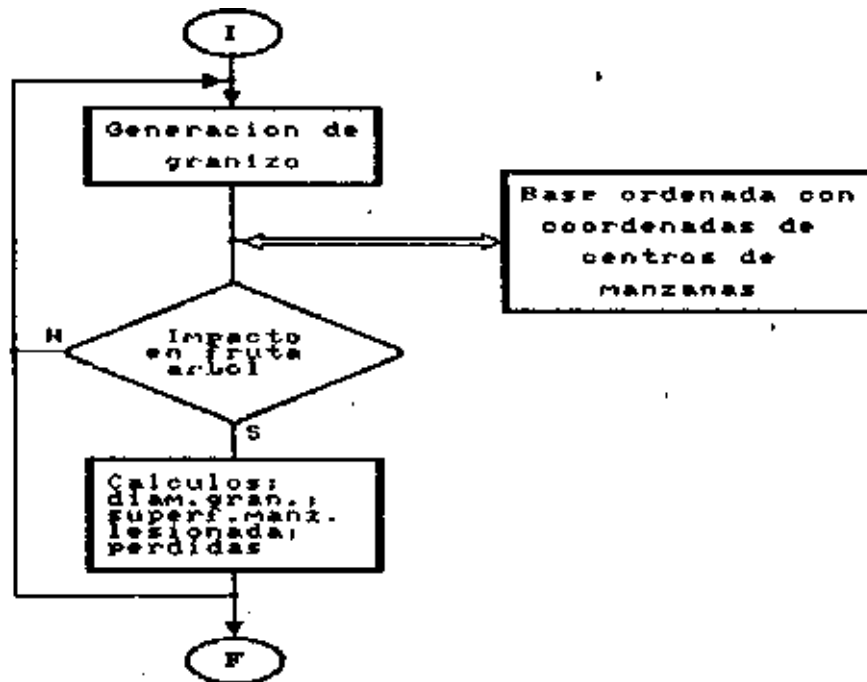


Figura 58: Lógica del algoritmo para simular impactos de granizos sobre una planta de manzanas.

5.2.d.- Niveles de Afectación o Daño:

Utilizando el software mencionado anteriormente, se procedió a realizar 10 simulaciones para cada intensidad de tormentas "virtuales" en donde precipitaban: 10, 30, 100, 300, 1000 y 3000 granizos por metro cuadrado, obteniéndose como resultados el porcentaje de manzanas afectadas por nivel de calidad.

Las condiciones para estas simulaciones fueron: distribución de tamaños de granizos según los registros en el Alto Valle, variedad de manzana Red Delicious (es la más abundante), mes de sensibilidad Enero, conducción en espaldera, y calibre entre 86 y 204. Luego se realizaron los promedios, y los resultados se presentan en las Figuras 59, 60 y 61.

Las Figuras 59 y 60 son totales porcentuales de manzanas afectadas, una expresada en ordenadas con escala lineal, y la segunda en escala logarítmica.

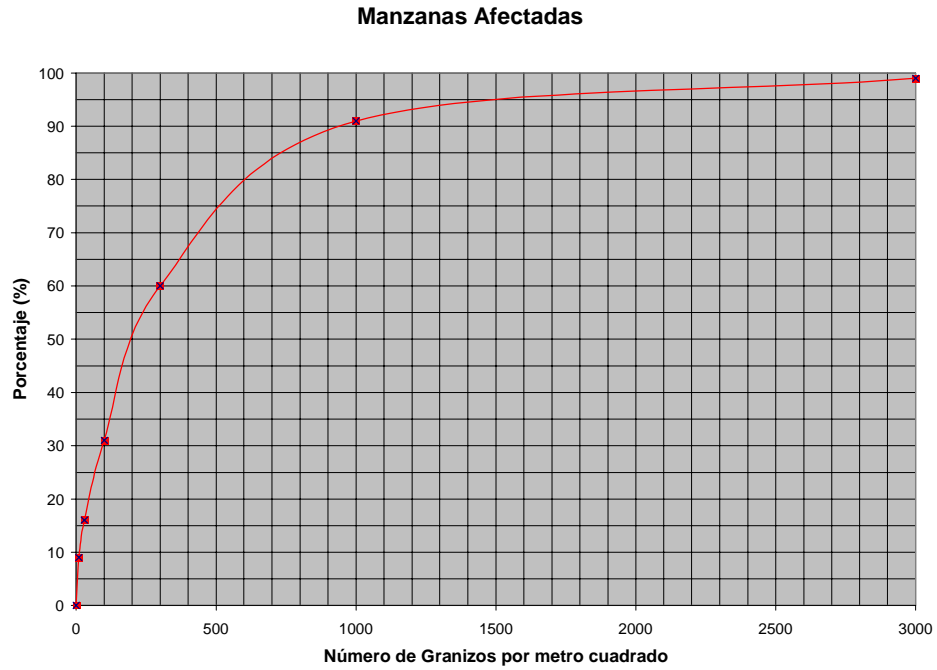


Figura 59: Porcentaje acumulado de manzanas afectadas según el número de granizos precipitados.

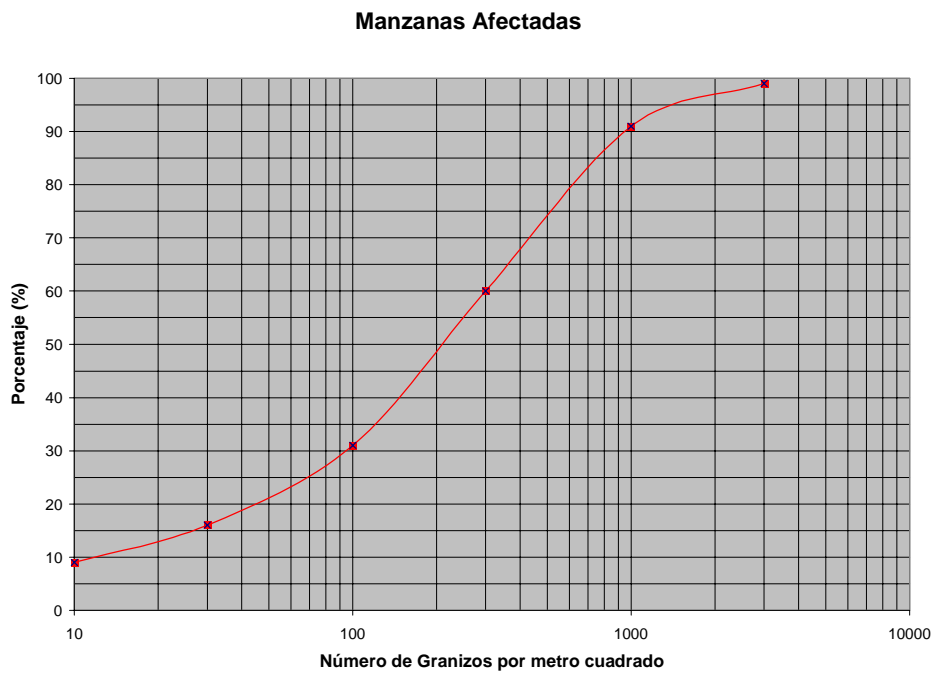


Figura 60: Porcentaje acumulado de manzanas afectadas según el número de granizos precipitados en representación semi-logarítmica.

La Figura 61 representa el porcentaje de manzanas con cada nivel de daño y las no afectadas, en función del número de granizos precipitados por metro cuadrado.

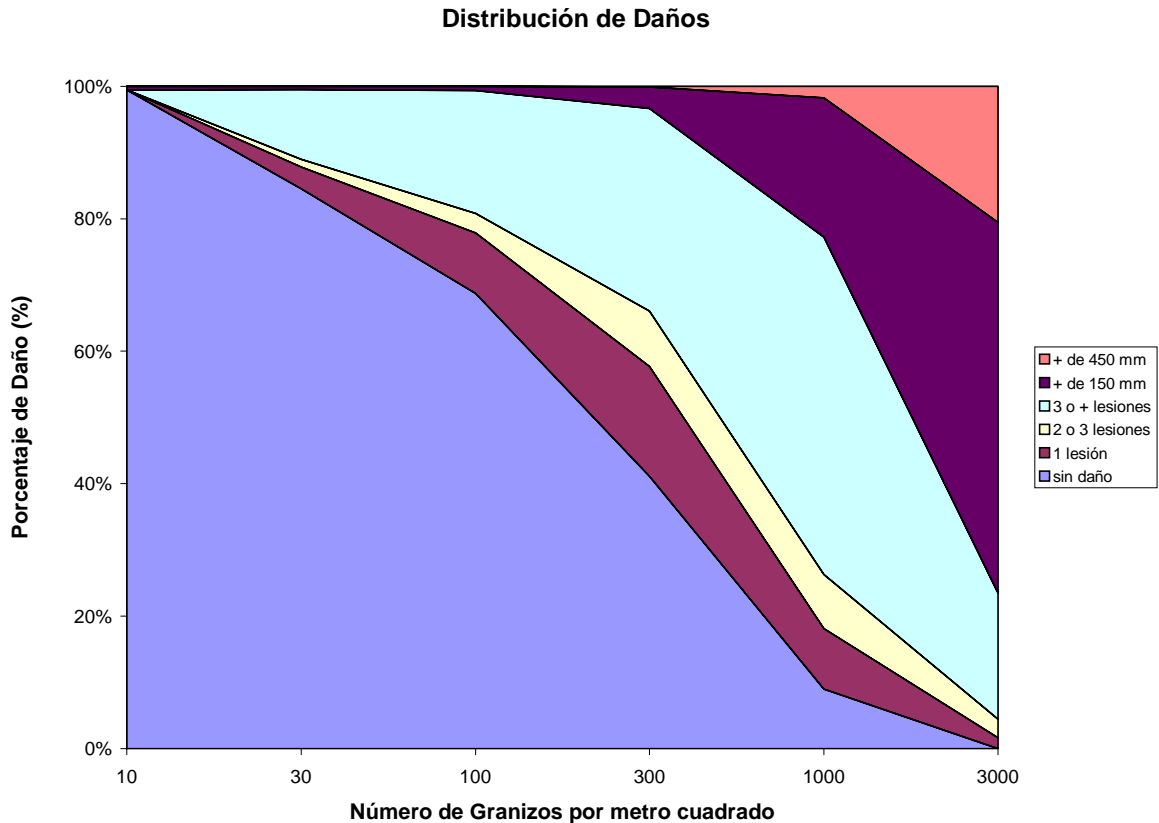


Figura 61: Distribución de daños en porcentajes, versus el número de granizos por m², y cada curva según la clasificación comercial por tipo de marca en el fruto.

La salida del modelo expresa la cantidad de granizos simulados de distintos rangos de diámetro, en la siguiente forma:

- diámetro 1 corresponde a granizos de 5 a 9 mm de diámetro
- diámetro 2 corresponde a granizos de 9 a 13 mm de diámetro
- diámetro 3 corresponde a granizos de 13 a 17 mm de diámetro
- diámetro 4 corresponde a granizos de 17 a 21 mm de diámetro
- diámetro 5 corresponde a granizos de 21 a 25 mm de diámetro
- diámetro 6 corresponde a granizos de 25 a 29 mm de diámetro

Luego expresa la energía cinética de la precipitación de granizo en Joule/m², y por último, el número y porcentaje de manzanas con distinto tipo de daño según el siguiente criterio:

Con mucha superficie afectada: manzanas con un área lesionada mayor a 450 mm² para calibres inferiores o iguales a 162, ó 150 mm² si el calibre es superior a 162 (corresponde a grado económico).

Con superficie medianamente afectada: manzanas con un área lesionada mayor a 300 mm² para calibres inferiores o iguales a 162, ó 100 mm² si el calibre es superior a 162 (corresponde a grado comercial).

Con más de 3 lesiones o mayores a 5mm: manzanas con 4 o más marcas de granizo, o por lo menos una, de más de 5 mm de diámetro (corresponde a grado común).

Con 2 ó 3 lesiones menores a 5mm (corresponde a grado elegido).

Con 1 lesión menor a 5 mm (corresponde a grado superior).

Sin lesiones.

Luego para realizar la evaluación económica, se tomarán dos niveles: fruta para Exportación y Mercado Interno (o fruta Fresca), y fruta para Industria.

La **fruta para exportación** está representada por la curva de *sin daño* de la Figura 62.

La **fruta para mercado interno o fresca**, está contemplada por las curvas: con *una lesión menor a 5 mm*, y con *2 ó 3 lesiones menores a 5mm*, de la misma figura.

La **fruta para industria** está representada por las curvas: con *más de 3 lesiones o mayores a 5mm*, y con *superficie afectada de manzanas con un área lesionada mayor a 300 mm² para calibres inferiores o iguales a 162, ó 100 mm² si el calibre es superior a 162*.

Las **frutas con mucha superficie afectada** (manzanas con un área lesionada mayor a 450 mm² para calibres inferiores o iguales a 162 ó 150 mm², si el calibre es superior a 162), con rotura de epidermis, y las arrancadas, se las consideran *totalmente perdidas*.

La Tabla XII refleja numéricamente a la Figura 61, para un dado porcentaje de frutas dañadas, estas se distribuyen en una parte en frutas con calidad para el mercado de exportación e interno (fresca), otras como destino la industria, y el resto totalmente perdidas.

Fruta Dañada %	Daño Fresca %	Daño Industria %	Perdida Total %
0	0	0	0
10	0	10	0
20	7	13	0
30	12	18	0
40	16	24	0
50	20	30	0
60	24	36	0
70	22	47	1
80	20	59	1
90	17	71	2
100	6	74	20

Tabla XII: Según el porcentaje total de fruta afectada durante una granizada, se indica el tipo de daño económico producido en las frutas.

La Figura 61 es un gráfico síntesis para evaluar la afectación de frutos de manzanas cuando precipita granizo, pues a la misma se puede entrar por la variable números de granizos precipitados (datos obtenidos desde una red de impactómetros), o por la variable global de porcentaje de daños (datos estimados por el productor, o calculados por un perito).

Así, sea la fuente de información que provenga el datos de la granizada, es posible estimar la fruta afectada por la misma.

5.2.e.- Modelo de Evaluación Económica por Precipitación de Granizos en Manzanas

Una vez concluidos los ítems anteriores, fue necesario decidir cómo evaluar los daños, y qué valores aplicar para su valuación.

Respecto del primer punto se desarrolló un modelo denominado "Potencial Frutícola por Localidad" que considera tanto las características propias del Alto Valle, como las limitaciones de la información obtenida.

En cuanto al segundo punto se realizó una sola hipótesis, fue con los precios de manzanas según el criterio utilizado por la Secretaría de Estado de Fruticultura de Río Negro a fines de la década de los años 90 [ref.49]. Cabe aclarar que en este trabajo únicamente se consideró la producción y valores de manzanas.

5.2.e.1.- Modelo de Potencial Frutícola por Localidad

Este modelo asume una distribución homogénea en el espacio de las tierras sin cultivar, de las destinadas a los distintos cultivos y de los rendimientos de los mismos, para cada localidad; esto es así ya que se aplica para estimar los daños un modelo basado en los tipos de tormenta, y no se recurre a la ubicación exacta de las mismas pues se necesitaría información muy detallada acerca de cuáles parcelas no están cultivadas, cuáles lo están, con que tipo de cultivo, que rendimiento tiene cada una y cuál fue el daño sufrido específicamente en cada chacra de cada localidad del Alto Valle, es decir con una mayor exactitud de la que los datos obtenidos desde la red de impactómetros y los datos periodísticos pueden aportar.

LOCALIDAD	Sup.Total Has	Sup.Cultiv. Has	SUPERFICIE CULTIVADA (%)	SUPERFICIE MANZANA Has	SUPERFICIE MANZANA (%)	RENDIMIENTO MANZANA (Tn/Has)
Río Negro						
ALLEN	10096	6457	63.95602219	3266	32.34944532	25.99
CAMPO GRANDE	4961	2474	49.86897803	1758	35.43640395	31.12
CERVANTES	5306	2915	54.93780626	1325	24.97173012	13.83
CINCO SALTOS	2766	1721	62.219812	1142	41.28705712	31.11
CIPOLLETTI	6886	4280	62.1550973	2580	37.46732501	29.48
CHICHINALES	4998	2817	56.36254502	1479	29.59183673	15.7
FERNANDEZ ORO	2572	1573	61.15863142	781	30.36547434	21.97
GRAL.GODOY	3387	2132	62.94656038	1185	34.98671391	21.21
GRAL.ROCA	10756	6135	57.03793232	3024	28.11454072	19.34
ING.HUERGO	4022	2875	71.48184983	1492	37.09597215	17.45
MAINQUE	3825	2510	65.62091503	996	26.03921569	17.68
VILLA REGINA	7282	4822	66.21807196	2907	39.92035155	23.32
Neuquén						
CENTENARIO	2878	1586	55.10771369	1222	42.4600417	30.41
VISTA ALEGRE	1410	891	63.19148936	678	48.08510638	31.81
NEUQUEN	1631	619	37.95217658	434	26.60944206	27.73
PLOTTIER	5224	1466	28.06278714	871	16.67304747	25.15

Tabla XIII: Modelo de Potencial de Potencial Frutícola por Localidad.

La información para las localidades de la Provincia de Río Negro se obtuvieron de la (1994) [ref.50], y para las localidades de la Provincia de Neuquén se obtuvieron de la (1995) [ref.51], y se presentan en la Tabla XIII.

5.2.e.2.- Fórmula Aplicada para Evaluar el Daño Económico

En base a que cada localidad tiene un rendimiento de producción y un índice de ocupación de suelos distintos, fue necesario utilizar una fórmula única para aplicarla en cada caso y para distintas especies, utilizando los archivos sobre precipitaciones de

granizo, y el Potencial Frutícola por Localidad, del que contenían la información de superficies afectadas y daños causados por cada tormenta, y los índices antes mencionados. Así se obtuvo la siguiente fórmula:

$$Dm = \text{SUPAFECT.} \cdot 100 \cdot \text{DAÑO} \cdot \text{RENDMANZ} \cdot \text{SUPMANZ} \cdot (\text{P\$m1} \cdot \text{DANOIND} + \text{P\$m2} \cdot \text{DANOPERD})$$

Dm: daño económico en manzanas.

SUPAFECT: superficie afectada por la tormenta, en km².

DAÑO: daño causado por la tormenta.

RENDMANZ: rendimiento de manzanas por localidad, en kg/ha.

SUPMANZ: índice de superficie cultivada con manzanas/localidad.

P\$m1: precio obtenido para la manzana con destino a la industria.

P\$m2: precio obtenido para la manzana fresca a nivel productor.

5.2.e.3.- Costos y Precios de la Secretaría de Estado de Fruticultura de Río Negro Correspondiente al año 2000

La mencionada Secretaría de la Provincia de Río Negro, utilizó hasta el año 2001 los siguientes valores [ref.49] a nivel productor, para determinar el impacto económico por inclemencias meteorológicas:

Costos de producción = 0,12 U\$/Kg

Precio fruta para industria = 0,04 U\$/Kg

Precio promedio para el pago de fruta fresca = 0,16 U\$/Kg

Para evaluar los daños económicos a nivel productor, utilizamos estos valores.

5.2.e.4.- Modelo 1: Red de Impactómetros del Alto Valle

El modelo 1 consistió en aplicar la evaluación económica a los datos obtenidos en los 4 años de operación de la Red de Impactómetros. En el Anexo 5A están los mismos expresados en la Tabla 5.1.

$$\text{Promedio Anual} = 14.637.753,50 \text{ U\$}$$

5.2.e.5.- Modelo 2: Periodo 1991-97.

El modelo 2 consistió en aplicar la evaluación económica a los datos correspondientes al periodo que va desde Octubre de 1991 hasta Marzo de 1997, para complementar una década de datos, a partir de los obtenidos con la Red de Impactómetros.

Hay dos fuentes de información: (a) aquellas que provienen de la Red de Impactómetros (pues la misma siguió operando parcialmente), y (b) las que provienen del análisis de otras fuentes como: información periodística, de la Secretaría de Fruticultura de Río Negro, de averiguaciones personales, etc.

La información es heterogénea, ya que hay precipitaciones con información de la Red de trabajo, y de las otras fuentes ya mencionadas. Lo que se hizo al analizar y evaluar la información proveniente de las otras fuentes, fue referirlas a los puestos donde se hallaban los Impactómetros, basándose en la experiencia de operar por más de

5 años dicha Red de Trabajo, y en la propuesta de Pierre Admirat sobre modelos de granizadas expuesto en el Capítulo 1. En el Anexo 5B están los mismos expresados en la Tabla 5.2.

$$\text{Promedio Anual} = 4.371.986,07 \text{ U\$}$$

5.2.e.6.- Modelo 3: Periodo 1966-86

Con datos periodísticos del Diario Río Negro, se construyó la base de datos de tormentas que precipitaron granizo en el Alto Valle desde Enero de 1966 hasta Enero de 1986, teniéndose así 20 años de información de: los días en los cuales granizó, la superficie afectada, así como su daño, estimados por el periodista. En el Anexo 5C está dicha información expresada en la Tabla 5.3. Esta información se la utilizó como modelo 3.

$$\text{Promedio Anual} = 2.378.441,34 \text{ U\$}$$

5.3.- Resultados Económicos

La Tabla XIV expresa los resultados alcanzados a través de los tres modelos de precipitación.

(en U\$s)	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Periodo considerado	58.551.013,82	26.231.916,42	47.568.826,79
Promedio Anual	14.637.753,50	4.371.986,07	2.378.441,34

Tabla XIV: resultados de la pérdida económica a nivel productor, en la producción de manzanas en el Alto Valle, de las tres bases de datos de granizadas.

El modelo 1, que fue obtenido a partir de los datos detallados de la Red de Impactómetros, es el más elevado, más de 14 millones de dólares en pérdidas anuales a nivel productor. Este resultado, tiene la virtud de ser el que mejor registró precipitaciones de granizo, en particular, registró las grandes y pequeñas granizadas, estas últimas también dañan a las manzanas, debido a que éstas son muy sensibles a los impactos de granizo, como se demostró en el Capítulo 4, pequeños granizos del orden de los 5 mm de diámetro dejan improntas en dichos frutos, haciendoles perder su valor comercial.

El alto valor a que se arribó también se debe a que hubo en Febrero de 1990 una semana con 3 días de precipitaciones (1994) [ref.52] afectando 54.900 hectáreas del Alto Valle (el 68% de la superficie del mismo).

El modelo 2 es más conservativo, ya que en ese periodo de tiempo, la Red de Impactómetros sólo operó en zonas cercanas a la ciudad de Neuquén durante dos años, y luego fue desactivada, por lo que las pequeñas precipitaciones de granizo no fueron registradas. El resto de la información proviene de las grandes granizadas que toman estado público, y es donde interviene la Secretarías de Estado de Fruticultura de Río Negro y realiza evaluaciones propias para declarar luego la emergencia agropecuaria.

El modelo 3, es una referencia histórica ya que como se dijera, se construyó la base de datos a partir de información periodística, y en ella sólo estarán reflejadas las granizadas que tienen algún tipo de repercusión pública (grandes precipitaciones,

Capítulo 5: Evaluación de Pérdidas por Precipitaciones de Granizo

granizadas a la vista de algún periodista, en un evento deportivo o cultural, etc), por lo que hay una significativa pérdida de información. De allí su valor bajo, un poco más de 2 millones de dólares.

Si sumamos los 4 años de pérdidas económicas del modelo 1, con los 6 años del modelo 2, obtenemos que para la década comprendida entre Octubre de 1987 y Marzo de 1997, los productores fueron afectados en 84.782.930,42 U\$s, lo que arroja una pérdida económica promedio anual del 8.478.293 U\$s.

Como el valor del Modelo 1 es alto, podemos hacer algunas simples correcciones en el mismo.

La temporada 1989-90 como se dijera, fue atípica, si sumamos el total de superficie afectada en ese periodo, da la cifra de 76.500 ha, eso representa casi el total de la superficie de todo el Alto Valle (80.700 ha), es decir en esa temporada las granizadas afectaron el 94,8% de la superficie del Alto Valle; por otra parte registramos dos precipitaciones en muchos impactómetros (en distintos días), eso nos puede hacer suponer que sobre una plantación ya afectada volvió a granizar, entonces es como valorar dos veces la pérdida. Razonando así, si asumimos que para esa temporada los daños calculados por la ecuación utilizada los reducimos a la mitad, entonces en lugar de haber sido afectados a nivel productor 30,9 millones de dólares, sólo se perdieron 15,45 millones, eso reduce la pérdida promedio anual para los diez años considerados a 6.931.994,53 U\$s.

Otro forma de compensar el exceso en el valor calculado por el modelo 1, es asumir que la producción anual que va a la industria no se contemple como pérdida, ya que aunque no hubieran habido granizadas ese porcentaje de igual manera tendría el mismo precio. Históricamente el porcentaje ronda el 40%.

Haciendo los cálculos entonces para los cuatro años de datos desde la Red de Impactómetros, las pérdidas son de 36.226.653 U\$s, lo que arroja un valor promedio de pérdidas anuales a nivel productor para el modelo 1 modificado de 6.557.979,11 U\$s. Llevado a la década de referencia (junto al modelo 2) da 6.245.856,95 U\$s.

En síntesis, se puede estimar que las pérdidas económicas promedio anual a nivel de productor para la producción de manzanas, en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén se ubican entre los 6.245.856,95 y los 8.478.293 U\$s, como se observa en la Tabla XV.

Período 1987-97 Modelos 1 y 2	Pérdida Anual Promedio en U\$s
Modelo 1 original	8.478.293
Modelo 1 *	6.931.994
Modelo 1 **	6.245.856

Tabla XV: Pérdidas anual de manzanas a nivel productor para una década; * corresponde a reducir las pérdidas de la temporada 1989-90 al 50%; ** corresponde al descontar en el Modelo 1 un 40% de las pérdidas que van a industria.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

En el desarrollo del presente trabajo, se han obtenido los resultados que se pasan a detallar.

Objetivo General:

Que consistía en “Estudiar las precipitaciones de granizo y su influencia en la fruticultura del Alto Valle de Río Negro y Neuquén”, fue ampliamente logrado, a través de:

- 1) La obtención de una base de datos sobre fechas de precipitaciones de granizo en la región del Alto Valle de 20 años (1966-1985), a partir de información periodística.
- 2) La obtención de una base de datos de las fechas en que ocurrieron precipitaciones de granizo a nivel del suelo, con una resolución de 9 km², de 4 años consecutivos 1987-1991, a través de la Red de Impactómetros que a tal fin fue instalada.
- 3) La obtención de una base de datos sobre fechas de precipitaciones de granizo en la región del Alto Valle desde 1991 a 1997, a partir de información periodística, de parte de la Red de Impactómetros y de la Secretaría de Estado de Fruticultura de Río Negro, para completar junto a lo mencionado en los ítems 1 y 2, unos 30 años de fechas de ocurrencia de precipitaciones de granizo en esta parte del país.

Por otra parte, por primera vez en la zona, se pudo instalar y operar una red de trabajo con más de 100 impactómetros para determinar las características físicas de las precipitaciones de granizo:

- 4) Experiencia de trabajo con la implementación de la Red de Impactómetros en el Alto Valle.
- 5) La obtención de una base de datos sobre propiedades físicas de precipitaciones de granizo a nivel del suelo, con una resolución de 9 km², de 4 años consecutivos 1987-1991.

Se evaluaron los daños físicos por granizo a frutos característicos de la zona (manzanas).

- 6) La determinación del daño físico en cultivos de frutos de manzanas, a través de la obtención de la Curva de Sensibilidad Física a impactos de granizo (Figura 52).
- 7) La determinación Distribución de daños en porcentajes, versus el número de granizos por m², y cada curva según la clasificación comercial por tipo de marca en el fruto (Figura 61).

Por último se evaluó el impacto económico del granizo en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén, lograndosé:

- 8) El desarrollo de un modelo de Potencial Frutícola por Localidad en e Alto Valle de Río Negro y Neuquén.
- 9) Determinar el valor medio de los daños económicos que las precipitaciones de granizo producen en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, a través del estudio y

mediciones sistemáticas de dichas precipitaciones, con una herramienta válida para ello, como lo es la Red de Impactómetros que a tal fin se instaló.

- 10) Dicha pérdida económica media anual a nivel de productor para la producción de manzanas, en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén se ubican entre los 6.245.856,95 y los 8.478.293 U\$s.

Interrogantes Planteados:

En cuanto a los interrogantes planteados se puede concluir que:

° Los daños por granizo en la fruticultura del Alto Valle de Río Negro y Neuquén son:

- a) Importantes, ya que el promedio anual oscila entre los 6 y 8 millones de dólares.
- b) Indudablemente este valor crece si se hiciera un estudio de su incidencia en la macro economía regional.

° Las particularidades que presentan las precipitaciones de granizo en esta región son:

- a) durante cada primavera y verano, hay en promedio sólo 7,5 días de tormentas con precipitación de granizos.
- b) el 25% de estas, están asociadas con sistemas frontales (calientes o fríos), y
- c) el 75% por masas de aire convectivas, de las cuales la mayoría (el 67.5%) corresponden a la situación sinóptica básica, denominada "Collado".
- d) Febrero y Marzo son los meses con mayor frecuencia de ocurrencia de tormentas con precipitaciones de granizo, coincidiendo con el mayor desarrollo de los frutos de peras y manzanas.
- e) la distribución de tamaños de granizo en el Alto Valle es: el 66% precipitan con diámetros (pequeños) inferiores a 9 mm, el 91% precipitan con diámetros inferiores a 13 mm, el 97% precipitan con diámetros inferiores a 17 mm, y un 3% precipita con diámetros mayores a 17 mm.

° Las precipitaciones de granizo en esta región presentan las siguientes características distintas comparados con otros dos lugares:

- 1) En el Alto Valle hay porcentualmente más granizos pequeños del tamaño d1 (66%), que en Napf (53%) y Mendoza (47%).
- 2) Tanto en Napf (35%) como en Mendoza (36%) hay más precipitación de granizos del tamaño d2 que en el Alto Valle (25%).
- 3) En Mendoza (13%) hay porcentualmente más granizos medianos del tamaño d3 que en el Alto Valle (6%).
- 4) En Napf (3,6%) hay porcentualmente más granizos medianos del tamaño d4 que en el Alto Valle (1%).
- 5) En Napf hay 20 días con tormentas de granizo, en Mendoza 28, y en el Alto Valle solo 7 u 8 días.

Lo expuesto anteriormente, nos conduce a afirmar que para un mismo cultivo, este se dañaría menos si estuviera en el Alto Valle que en los otros 2 lugares analizados.

° Los impactos por granizos a los frutos de manzanos variedades Red Delicious y Granny Smith los afectan de la siguiente forma:

- a) granizos con diámetros inferiores a 5 mm no marcan los frutos.
- b) granizos con diámetros superiores a 25 mm arrancan los frutos del árbol.
- c) granizos con valores intermedios entre 5 y 25 mm de diámetro producen distintos daños físicos en los frutos según el estado fenológico de los mismo, como se indicaron en las Figuras 51 y 52.
- d) no hay diferencias significativas, en las marcas producidas por granizos, entre las variedades Granny Smith y Red Delicious.
- e) no hay diferencias significativas, en las marcas producidas por granizos, entre distintos árboles de una misma especie.
- f) no hay diferencias significativas, en las marcas producidas por granizos, entre árboles de distintas edades de una misma especie.

Otros Logros:

Por otra parte, la metodología ha incluido un estudio del daño real (físico y económico) que el granizo produce en cada fruto de manzana, y se ha utilizado un algoritmo desarrollado por Olmos y Arenas (1990, 1991) para obtener el daño extendido a las plantaciones según el típico espectro de distribución de tamaños de granizos precipitados en el Alto Valle.

También se realizó una actualización de las Precipitaciones de Granizo en Argentina.

Por último, y tal vez lo más importante del presente trabajo, fue determinar los parámetros físicos de las granizadas en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén en forma natural, antes de que se lleven a cabo experimentos de modificación artificial del tiempo. Pues estos datos serán de un gran valor para el caso futuro en que se lleguen a realizar este tipo de prácticas, para poder cotejar los efectos de las siembras en las nubes, con los datos físicos naturales.

También los datos del presente trabajo podrán ser utilizados en el futuro, como referencia para determinar posibles variaciones en la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones de granizo en la zona de estudio, ya sean por causas naturales o artificiales.

AGRADECIMIENTOS

El autor esta muy agradecido del trabajo realizado por los Sres. Marcelo Bastanski y Hugo Lilli en su eficiente asistencia técnica en la operación de la Red de Impactómetros, y a la Ing.Agr. Silvia Viscovich por su colaboración en las tareas de impacto en manzanas y su evaluación.

Se agradece a los Sres. Gerardo García y Eusebio Lagos, personal No Docente de la Universidad Nacional del Comahue, por su trabajo en el mantenimiento de la red de trabajo.

Neuquén, Abril de 2006.

.....
Dra. Alicia de Garín
Directora de Tesis

.....
Ing. Jorge Luis Lässig
Doctorando

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- [1] Wojtiw, L and Lozowski, E., 1978; "Sampling statistic of Alberta hailpad data; Atmosphere-Ocean, 16, pp.17-34.
- [2] Federer, B. et all, 1986; "Main Results of Grossversuch IV", Journal Climatol. Appl. Meteor, Vol. 25, N.7, pp. 917-957, AMS.
- [3] Mezeix, J.F. and Doras, N., 1981; "Various kinetic energy characteristics of Hailpatterns in the Grossversuch IV experiment"; J.Appl. Meteorol., Vol 20, N#4; pp.377-385.
- [4] Shands, A.L.,1944; "The Hail-Thunderstorm ratio"; Mon.Wea.Rev., 72; pp. 71-73.
- [5] Beckwith, W., 1960; "Analysis of hailstorms in the Denver network"; Physics of Precipitation, Geophys. Monog. N#5, Amer. Geophys. Union, pp. 348-353.
- [6] Carter, A. And Held, G., 1978; "Variability of hailstorms on the South African Plateau"; J.Appl..Meteorol., Vol.17, N#3, A.M.S., USA.
- [7] Changnon, S.A., 1977: "The Climatology of Hail in North America", Hail: A Review of Hail Science and Hail Suppression; Meteorological Monographs; Volume 16, Number 38, pp.107-128.
- [8] Changnon, S.A., and Changnon,D.; 2000: "Long-Term Fluctuations in Hail Incidences in the United States",Journal of Climate; Vol.13, N° 3, pp.658-664.
- [9] Gokhale, N.R., 1974; "Hailstorms and Hailstone Growth"; State Univ. of New York Press, Albany, USA, Cap.1, pp.10-12.
- [10] Gokhale, N.R., 1974; "Hailstorms and Hailstone Growth", State Univ. of New York Press, Albany, USA, Cap.2, pp.31.
- [11] Carter, A. E. and Kidder, R. E., 1966; "Transvaall Hailstones"; Quart. Journal Royal Meteorology Soc., 92, 382-391.
- [12] Carter, A. E., and Mader,G.N., 1977; "Hailstorms in Transvaall on 29 November 1972"; Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 103, 731-74 9.
- [13] Basson, L. and Carter, A., 1970; "Hail in Pretoria-Witwatersrand area 1962-1969"; CSIR Rep. N° 293, Pretoria, pp.1-28.
- [14] Henderson, T.J., 1970; "Results from a two-year operational hail suppression program in Kenya, East Africa"; Preprints 3rd Nat. Conf. Weather Modification, Rapid City, Amer. Meteor. Soc., pp.260-267.
- [15] Estadísticas Climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina, décadas: 1951-60, 1961-70 y 1981-90. Buenos Aires, Argentina.

Referencias

- [16] Boletines Climatológicos Años 1970 á 1974. Ministerio Da Agricultura. Departamento Nacional de Meteorología. Brasilia.
- [17] Anuarios Meteorológico de Chile - Resúmenes Anuales. Publicaciones años: 1917 á 1950. Oficina Meteorológica de Chile. Santiago de Chile.
- [18] Anuarios Estadísticos D.G.E.C. de la República Oriental del Uruguay, años 1979 á 1995. Montevideo, Uruguay.
- [19] Grandoso, H.M., 1966; "Distribución temporal y geográfica del granizo en la Provincia de Mendoza y su relación con algunos parámetros meteorológicos"; F.C.E. y N. de U.B.A., Vol.1, N#7, Bs.As.
- [20] Hoxmark, G., 1927; "Granizo en la República Argentina", Ministerio de Agricultura; Dirección de Meteorología, Bs.As.
- [21] Saluzzi, M.E., y Nuñez, J.M., 1975; "Comportamiento de granizadas sobre diversas áreas cultivadas del país"; Geoacta, Vol.7, N#2.
- [22] Lac-Prugen, C. Vento, D. y Nicolini, M., 1979; "Red Instrumental para el Relevamiento de Datos Graniceros en la Provincia de Mendoza"; San Miguel, C.N.I.E., P.N.L.A.G.
- [23] Lassig, J., Lilli, H., y Bastanski, M., 1989; "Ground hailfall measurements in the Alto Valle of Río Negro and Neuquén"; 3rd Conference on the Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography; Bs.As.
- [24] Levi, L., y otros, 1987; "Tormenta convectiva en el Alto Valle, Parte II: procesos microfísicos"; II Congreso Interamericano de Meteorología; Bs.As.
- [25] Vento, D., 1972; "La determinazione della energia di impatto della grandine"; Rivista Italiana di Geofisica, Vol. XXI, N# 1/2.
- [26] Frisby, E. M, and Sansom,H.W., 1967; Hail Incidence in the Tropics; Journal of Applied Meteorology: Vol. 6, No. 2, pp. 339–354.
- [27] Wojtiw, L., 1977; "An initial assessment of the representativeness and accuracy of Alberta Hailpad data"; Thesis, Univ. of Alberta.
- [28] Doras, N., 1983; "Simulation de chutes de grèle sur un réseau de grèlimètres et évaluation des erreurs de mesures"; Journal Rech.Atmos., 17, N# 3.
- [29] Admirat, P., 1987; "Nota enviada a la Comisión de Lucha Anti Granizo de Río Negro, como consultor por la instalación de la Red de Impactómetros del Alto Valle de Río Negro"; Grenoble; 8/7/87.
- [30] Joss, y Waldvogel, 1969; "Raindrop size distribution and sampling size errors"; Journal Atm. SCI., 26.
- [31] Getzmon, H.S., y Atlas,D., 1977; "Sampling errors in the measurement of rain and hail parameters"; J. Geophys. Res, 82.

- [32] Waldvogel, A. et. All, 1978; "The kinetic energy of hailpads. Part II: Radar and hailpads"; *Journal Appl. Meteor.*, 17.
- [33] Morgan, G., y Towery, N., 1975; "Small-scale variability of hail and its significance for hail repercussion experiments", *Journ. Appl. Meteor.*, 14.
- [34] Strong, G., y Lozowski, E., 1977; " An Alberta study to objectively measures hailfall intensity"; *Atmosphere*, 15, pp. 33-53.
- [35] Admirat, P., 1982; "Formes et structures des surfaces de grêle"; *Etude Experimentale Du Phenomene grêle et de sa modification par la technique sovietique*; C.N.R.S., Francia.
- [36] Lozowski, E. And Strong, G., 1978; "Further reflections on the calibration of hailpad"; *Atmos. Ocean.*, 16; pp.69-80.
- [37] Long, A. Matson, R. and Crow, E., 1980; "The hailpad: material, data reduction and calibration"; *Journal Appl. Meteorol.* 19, 1300-1313.
- [38] Vento, D., 1979; "Uno Strumento per il Rilievo delle Caratteristiche Fisiche delle Grandinate"; U.C.E.A., Roma, Italia.
- [39] Admirat, P., 1977; "The Measurement of Hail at Ground Level"; C.N.R.S., Grenoble, Francia.
- [40] Norma ASTM D 2240-85; *ASTM Standards in BUILDING CODES*, 32nd Edition, 1995.
- [41] Saluzzi, M.E., Lassig, J., y otros, 1987; "Estudio de una Tormenta Convectiva Ocurrida en el Alto Valle, Parte I: procesos atmosféricos"; *II Congr. Interamericano de Meteorología*; Bs.As.
- [42] Lassig, J., Cogliati, M., Palese, C., Bastanski, M., y Levi, L., 1996; Tormenta de Granizo del 21/Nov/94 en la ciudad de Neuquén; *VII Congreso Argentino de Meteorología*, 2 al 6 de Septiembre de 1996, Buenos Aires.
- [43] Koeppen, W., 1931; "Grundriss der Klimakunde", 12, pp. 338; Walter de Gruyter, Berlín.
- [44] Ferrari, P., Paoletto, P. y Ferretti, O., 1978; "Osservazioni sull'attività grandigena rilevata in Trentino-Alto Adige durante el quinquennio 1973-77"; *Sta. Spe. Agraria Forestale San Michele All'ADIGE*, pp.147-209.
- [45] Roos, D. and Durrant, S., 1991; *Hail Impacts, Hail Nets and Damage*; *Proceeding XX Cloud Physics Congress*, Canada.
- [46] Jodar, J., 1985; "Recopilación de Normas y Directivas para la evaluación de calidad en manzanas y peras en la Provincia de Neuquén, Centenario.
- [47] Olmos, A., Arenas, L, Bastanski, M., y Ruiz, J., 1990; *Modelo Tridimensional de Arboles Frutales*; *Actas de la XXI JAAIO*, Bs.As.

Referencias

- [48] Olmos, A., y Arenas, L., 1991; “Simulación de daños por granizo y valuaciones económicas en un modelo tridimensional de árboles frutales”; Cuaderno de Economía y Administración, Facultad de Economía y Administración de la Universidad Nacional del Comahue, Abril de 1991.
- [49] Quadri, M., 2000; “Impacto de las Adversidades en la Provincia de Río Negro”; Primer Foro de Expertos en Defensa de Adversidades Climáticas en Cultivos Intensivos en la Patagonia, Gral. Roca, Río Negro, Junio 2000.
- [50] CENSAR '93; Censo Agrícola Rionegrino; Gobierno de Río Negro, Marzo de 1994.
- [51] CENSO-FRUT'94; Censo Frutihortícola 1994 de la Provincia de Neuquén, Ministerio de Producción y Turismo, Provincia de Neuquén, Marzo de 1995.
- [52] Levi, L., Lubart, L., y Lassig, J., 1994; “Study of a convective storm series and of precipitated hail in south Argentina”; Atmospheric Research 33, pp. 75-91, Ed. Elsevier.
- [53] Lassig, J, Bastanki, M, Forquera, J, y Gastiasoro, J., 1995; Sensibilidad física a impactos de granizo en peras, vid y damasco; VI AADA, Carlos Paz.
- [54] Ortíz Maldonado, A. y Puebla, E. C., 1996; “Daños producidos por granizo. Su determinación probabilística en función de la distancia”; Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo; Tomo XXVIII, N° 1.
- [55] Prieto, M.R., 1995; “Reconstrucción del clima de América del Sur mediante fuentes históricas. Estado de la cuestión.”; Revista del Museo de Historia Natural de San Rafael (Mendoza). Tomo XII (4).
- [56] Prieto, M.R., Soria D., y Herrera R., 1997; “Granizo, heladas y vitivinicultura en Mendoza (1887-1987)”; Revista de Estudios Regionales, Centro Interdisciplinario de Estudios Regionales (CEIDER), N°13/14, pp.151-185. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.
- [57] Prieto, R.; Gimeno, L.; García, R.; Herrera, R.; Hernández, E.; Ribera, P., 1999; “Interannual variability of hail-days in the Andes region since 1885”, Earth and Planetary Science Letters, Volume 171, Issue 3, pp. 503-509.
- [58] Saluzzi, M. E., 1983; “Aspectos físicos de la convección severa en Mendoza”; Tesis de Doctorado - Universidad de Buenos Aires - 115 pp.
- [59] Simonelli, S.C., 2000; Modelo estadístico de Pronóstico de Convección para la zona norte de la Provincia de Mendoza: Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires. 102 pp.
- [60] Rosenfeld, D., Woodley, W., Krauss, T., and Makitov, V., 2005; “Aircraft Microphysical Documentation from Cloud Base to Anvils of Hailstorm Feeder Clouds in Argentina”, Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.

Referencias

- [61] Browning,K., Ludlam,F., y Macklin,W., 1961; “The Density and Structure of Hailstones”; Technical (Scientific) Note N°10, Contract N° AF61 (052)-254 Project 8620 Task 86204, Imperial College of Science & Technology, London, Department of Meteorology.
- [62] Lassig y otros, 1987; “Evaluación Económica de Daños Históricos por Granizo en al Alto Valle de Río Negro y Neuquén”; Convenio UNC-Corpofrut-SEF-CAFI, Neuquén, Mayo de 1987.
- [63] Admirat, P., Goyer,G., Wojtiw,L., Carte,E., Roos,D., and Lozowki,E., 1985; “A Comparative Study of Hailstorms in Switzerland, Canada and South Africa”; Journal of Climatology, Vol.5, pp.35-51.
- [64] Ferrari,P., Montefinale,T., Rafanelli,C., Luttazzi,C. e Paoletto,P., 1983; “Misure dell`attività grandinigena in provincial di Trento Periodo 1974-1982, Parte seconda: Analisi del dati impattometrici”; Esperienze e Ricerche, Nuova serie, Vol. XII.
- [65] Dessens, J. and Fraile, R., 1994; “Hailstone Size Distributions in Southwestern France”; Atmospheric Research 33, pp.57-73.
- [66] Lac Prugent,C., Pomposiello,M.C.; Trigubó,A.B. y Falcoff,E.B., 1982; “Sobre la calibración de Medidores de Impacto”; Geoacta, Vol.11, N°2, pp.131-141.
- [67] Admirat, P., Vento,D., Mezeix,J., Rouet,J. and Aparo,A., 1979; “Reproductibilité de la méthode de dépouillement des dones grélimétriques utilices dans Grossversuch IV”; Manuscripto, 20 Septiembre de 1979.
- [68] Vento, D., 1979; "Estrazione dei dati grelimetrici dai pannelli degli indicatori di grandine Della rete di Mendoza; Convenio entre el Instituto Italo latinoamericano y la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales; Ufficio Centrale di Ecologia Agraria – UCEA, Roma, Diciembre de 1979.
- [69] Ghil, M., y Vautard, R., 1991; “Interdecadal oscillations and the warming trend in global temperature time series”; Nature 350, pp. 324–327.

ANEXO 1

Base de Datos

Días Granizo en Países del Cono Sur

ARGENTINA Tabla 1.1 Periodo: 1951-90			
Longitud	Latitud	Promedios de días granizo	Cantidad de Años
-60.91	-35.41	1	30
-58.41	-34.56	0.8	30
-67.61	-39.01	0.740740	27
-59.85	-36.83	1.107142	28
-62.15	-38.74	1.8	30
-71.17	-41.15	0.7	30
-58.91	-28.44	0.876923	26
-67.65	-35	4.366666	30
-67.5	-45.79	2.866666	30
-62.91	-26.58	0.251851	27
-61.83	-29.87	0.6	30
-66.61	-31.33	1.633333	30
-67.98	-38.95	1.414285	28
-64.21	-31.32	2.166666	30
-70.08	-32.83	1.333333	30
-71.55	-41.93	0.164285	28
-71.15	-42.91	0.9	28
-58.53	-34.82	1.933333	30
-58.61	-34.49	1.133333	30
-57.62	-27.75	1.033333	30
-63.74	-35.68	1.2	30
-59.25	-29.01	1.623076	26
-58.62	-33	1.066666	30
-58.27	-34.15	0.4	30
-44.71	-60.75	0.733333	30
-54.47	-25.72	0.4	30
-68.73	-30.23	0.533333	30
-65.08	-24.04	0.666666	30
-60.95	-34.55	1.733333	30
-72.25	-50.33	0.366666	30
-60.68	-24.71	0.366666	30
-57.91	-34.96	1.533333	30
-65.61	-22.11	4.8	30
-66.82	-29.41	0.566666	30
-63.37	-34.13	2.633333	30
-60.82	-37.54	1.566666	30
-61.11	-27.08	0.7	28
-57.65	-30.26	0.466666	30
-63.68	-37.12	2.915384	26
-69.58	-35.51	2.5	29
-68.73	-41.25	2.266666	30

-59.41	-33.61	1.2	30
-68.81	-32.83	2.433333	30
-58.61	-34.66	1.6	30
-68.13	-38.93	0.666666	30
-55.13	-27.48	1.492857	28
-64.32	-23.15	0.2	30
-57.28	-35.36	1.1	30
-57.15	-29.68	1.133333	30
-60.45	-31.78	1.533333	30
-65.92	-47.73	1.7	30
-60.55	-33.93	2	30
-56.87	-37.08	2.123076	26
-55.97	-27.37	1	30
-64.13	-39.01	0.98	25
-69.28	-51.62	2.466666	30
-60.45	-26.82	0.703448	29
-61.55	-31.16	1.766666	30
-59.67	-29.18	1.133333	30
-59.05	-27.45	0.48	24
-65.38	-33.73	1.533333	30
-64.08	-32.18	1.666666	30
-64.27	-33.08	2.066666	30
-62.9	-24.15	0.233333	30
-60.78	-32.92	1.666666	30
-64.95	-40.73	1.5	30
-69.03	-33.76	0.9	30
-66.35	-33.27	0.9	30
-68.41	-33.08	2.6	30
-68.41	-34.42	2.6	30
-64.27	-36.57	1.766666	30
-64.31	-27.77	0.566666	30
-65.48	-24.85	0.633333	30
-67.56	-28.06	0.366666	30
-65.27	-43.21	1.966666	30
-62.73	-35.96	3	30
-65.11	-26.85	0.833333	30
-68.32	-54.82	2.833333	30
-65.13	-31.95	1.566666	30
-63.68	-29.85	1.333333	30
-65.43	-36.21	0.661538	26

Tabla 1.1: Datos días granizo/año puntuales de Argentina, periodo 1951-1990.

Tabla 1.2: Datos días granizo/año puntuales del Sur de Brasil, periodo 1970-1974.

Sur de BRASIL		Periodo
Tabla 1.2		1970-74
Longitud	Latitud	Promedio Día granizo
-49.04	-22.19	0
-46.37	-23.3	1
-51.11	-23.23	0.6
-54.36	-25.33	0.6
-49.16	-25.26	0.4
-51.04	-26.14	2.6
-48.35	-27.35	0.8
-52.24	-28.15	2.8
-51.13	-30.02	2.4
-54.06	-31.2	0
-53.22	-33.31	0.2
-55.01	-28.24	4.2
-49.55	-28.17	1.8
-55.31	-29.41	0.4

Tabla 1.3				
CHILE			Periodo: 1921-50	
Longitud	Latitud	Nombre de la Estación	Cantidad de Años	Promedio De días granizo
-70.21	-18.28	Arica	22	0
-70.11	-20.12	Iquique	25	0
-70.24	-23.42	Antofagasta	25	0
-69.27	-26.31	Potrarillos	25	4.3333333
-70.51	-27.03	Caldera	26	0.3846153
-71.15	-29.54	La Serena	21	0.0952380
-71.22	-29.55	Punta Tortuga	28	0.0357142
-70.37	-32.51	Los Andes	29	0.8620689
-71.16	-32.53	Quillota	25	0.16
-71.38	-33.01	Valparaiso-Los Angeles	29	0.2068965

-70.42	-33.27	Santiago	30	1.6333333
-78.52	-33.27	Is.J.Fernandez	28	2.4642857
-70.22	-34.06	El Teniente	27	2.0370370
-71.01	-34.35	San Fernando	29	1.1379310
-71.14	-34.59	Curico	22	0.6363636
-72.26	-35.21	Constitucion	14	1.0714285
-71.41	-35.26	Talca	24	0.75
-72.38	-35.36	Punta Carranza	27	0.7407407
-71.36	-35.51	Linares	19	0.4736842
-72.22	-35.59	Cauquenes	16	0.25
-73.06	-36.37	Punta Tumbes	28	0.8928571
-72.02	-36.51	Concepcion	17	1.5294117
-73.32	-36.59	Is.Santa Maria	18	0.2777777
-72.39	-37.49	Los Angeles	12	1.3333333
-73.13	-38.02	Contulmo	28	3.3214285
-72.41	-38.15	Traiguén	29	1.5517241
-73.54	-38.22	Is.Mocha Este	30	1.5333333
-71.15	-38.25	Lonquimay	29	3.3103448
-72.35	-38.45	Temuco	28	1.5
-73.14	-38.54	Punta Dominguez	20	4.75
-73.14	-39.48	Valdivia	22	7.1818181
-73.44	-40.01	Punta Galera	30	4.0666666
-72.56	-41.28	Puerto Montt	26	6.4653461
-73.35	-41.37	Maulin	25	0.28
-73.52	-41.47	Punta Corona	28	6.8217821
-74.45	-43.34	Is.Guafo	30	8.6666666
-72.42	-45.24	Pto.Aysen	18	0.7222222
-75.35	-46.51	Cabo Raper	22	11.954545
-74.55	-47.43	San Pedro	19	12.736842
-68.26	-52.24	Pta.Dungeness	26	1.5769230
-75.36	-52.24	Is.Evangelista	30	20.9
-70.54	-53.11	Pta.Arenas-Magallanes	28	1.1587301
-70.58	-53.47	Cabo San Isidro	29	2.8965517

Tabla 1.3: Datos días granizo/año puntuales de Chile, periodo 1921-1950.

Tabla 1.4		URUGUAY Período: 1979-95		
Longitud	Latitud	Nombre de la Estación	Cantidad de Años	Promedio d/granizo
-56.5	-30.38	Artigas	16	1.75
-56	-34.98	Carrasco	16	1.375
-57.83	-34.45	Colonia	16	2.4375
-54.18	-32.36	Melo	16	0.9375
-58.06	-33.25	Mercedes	16	1.25
-56.52	-32.8	Paso de lo Toros	16	3.625
-58.1	-32.2	Paysandú	16	2.0625
-56.12	-34.52	Prado	12	2.3333333
-54.95	-34.97	Punta del este	11	1.3636363
-54.3	-34.48	Rocha	16	1.9375
-57.95	-31.38	Salto	16	1.8125
-56.32	-32.46	Tacuarembó	16	2.375

Tabla 1.4: Datos días granizo/año puntuales de Uruguay, período 1979-1995.

ANEXO 2

Metodología del Control de Calidad de las Placas Impactométricas

METODOLOGIA DEL CONTROL DE CALIDAD DE LAS PLACAS IMPACTOMETRICAS

La bibliografía consultada (ref.36, 37, 38 y 39), indicaba que el material, más apto para construir las placas impactométricas es el ROOFMATE o el STYROFOAM, ambos no fabricados en el país, por lo que el primer intento fue realizar las placas en TELGOPOR y Aluminio (también citado en las referencias 38 y 39).

Se construyeron 10 placas, se realizaron ensayos mecánicos de improntas, y se observó inconvenientes en la lectura de las marcas: excesivo brillo del aluminio, pronunciada deformación de la lámina de aluminio (se arrugaba), imprecisión para cuantificar granizos de diámetros superiores a los 25 mm; por lo que se decidió desechar este tipo de placas, a pesar del bajo costo (foto J).



Foto J: Placas de Tergopol con láminas de Aluminio, construidas y ensayadas por el autor en la Universidad Nacional del Comahue.

En una visita realizada a la Dirección de Lucha Anti Granizo de la Provincia de Mendoza, pudimos obtener una cantidad de placas de STYROFOAM que utilizaban en su red de impactómetros en el Oasis Norte de Mendoza. Se decidió entonces buscar un material semejante a él de fabricación nacional, ya que en esa época había problemas de importación. Por lo que la búsqueda se orientó a placas fabricadas en Poliuretano que es muy parecido (mecánicamente) al STYROFOAM.

El poliuretano expandido rígido presenta una densidad no constante, fruto de su aleatoria distribución de burbujas de freón, que al expandirse durante el proceso de fabricación, hace variar su dureza y por lo tanto el tamaño de la impronta que dejaría un granizo al impactar sobre la placa. Este aspecto hace que el valor de dureza deberá conservarse en todo el lote de placas a instalar en la Red Impactométrica. Por lo tanto, es muy importante cuantificar ésta con un método cuantitativo de control de calidad del material a utilizar en el proyecto.

Para estimar la dureza de las placas, se utilizó un método práctico incluido en la Norma ASTM D 2240-85 [ref.40]. La misma consiste básicamente en la aplicación de una carga “F” progresiva sobre una bolilla de diámetro “d” durante algunos segundos,

luego se mide el diámetro “D” de la impronta dejada sobre la superficie, y se aplica la fórmula proveniente del método de dureza Brinell H(bg):

$$H(bg) = \frac{(2 \cdot F \cdot C)}{\pi \cdot D \cdot \sqrt{D - (D^2 - d^2)}} \quad (16)$$

obteniéndose la dureza del material. Donde C es una constante arbitraria.

Para llevar a cabo este control de calidad, se construyó un durómetro. El mismo consta de una base de acero donde se apoya la pesa que suministra la carga “F”, debajo de ella se encuentra una bolilla de acero de 11 mm de diámetro, que es el penetrador (foto K).

La base está soldada a un largo brazo con el objeto de remover fácilmente el penetrador y la carga durante el ensayo.

La relación penetración de la bolilla en el material versus largo del brazo, es:

$$\frac{3mm}{1000mm} = 0.003$$

lo que implica un ángulo de 0.1718 grados, muy pequeño, pudiéndose asumir que $dS = dX$ (Figura 62).

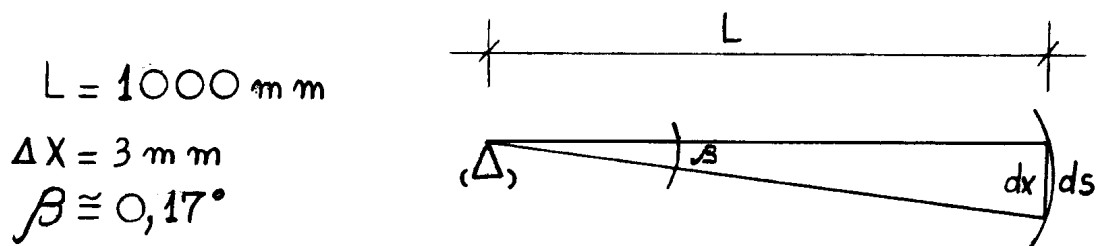


Figura 62: Esquema de la penetración de la bolilla en el material a ensayar.

No introduciendo perturbaciones, se considera entonces al desplazamiento del penetrador como lineal.

Una vez apoyada la bolilla penetrante sobre la placa, se le aplica durante 5 segundos una carga de 20 N, luego se mide el diámetro de la impronta, y con todos los datos se utiliza la fórmula anterior.

A la constante “C” se le asignó el valor 1000, para que el número de dureza dé con cifras de dos dígitos.

La elección de la carga “F” se hace según el criterio de semejanza geométrica utilizado en el método de Brinell (el ángulo α es aproximadamente 135°).

A este método que desarrollamos, lo denominamos “Brinell Granizo”, y se encuentra disponible para cuantificar la calidad de las placas impactométricas para medir energía cinética en tormentas con precipitación de granizo.



Foto K: El durómetro construido en la Universidad Nacional del Comahue para el control del material de espuma de poliuretano (Estisol), con que se construyeron las placas sensoras en la Red de Impactómetros del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

ENSAYO DE DUREZA DE LAS PLACAS

La definición de los índices es como sigue:

1) Número de dureza Brinell Granizo:

$$H(bg) = \frac{(2 \cdot F \cdot C)}{\pi \cdot D \cdot \sqrt{D - (D^2 - d^2)}}$$

F = 20 N.

d = diámetro de la bolilla = 11 mm.

D = diámetro promedio de la impronta, en mm.

2) Dureza promedio de toda la placa:

$$\overline{DU} = \frac{\sum_1^j D_j}{j} \quad (17)$$

j = cantidad de improntas de toda la placa.

3) Dureza promedio de cada sector “i”:

$$\overline{Di} = \frac{\sum_1^j D_j}{n} \quad (18)$$

n = cantidad de improntas del sector considerado.

4) Dispersión mayor y menor de la dureza en toda la placa:

Diferencia = Dj mayor - Dj menor

$$\varepsilon\}(\%) = \frac{\text{Diferencia}}{D_{j\text{ menor}}} \cdot 100 \quad (19)$$

$$\varepsilon\langle(\%) = \frac{\text{Diferencia}}{D_{j\text{ mayor}}} \cdot 100 \quad (20)$$

5) Factor de calidad de homogeneidad de la placa:

$$\text{F.C.H.P.} = \delta_{i\text{ mayor}} - \delta_{i\text{ menor}} \quad (21)$$

6) Dispersión de dureza del sector de placa:

$$\delta_i(\%) = \frac{\overline{Di} - \overline{DU}}{\overline{DU}} \cdot 100, \quad i = \text{sector considerado.} \quad (22)$$

Probeta a Ensayar:

Se toma una placa con las siguientes dimensiones:

$$\begin{aligned} A &= B = 310 \text{ mm} \\ \text{Espesor} &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

Se la divide en 5 sectores según la figura 63, y se realizan 3 improntas en cada sector.

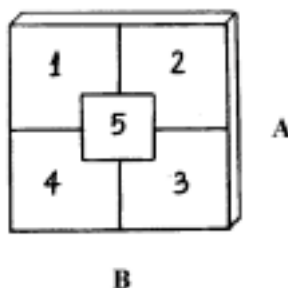


Figura 63: Esquema de los 5 sectores en donde se aplicaba el ensayo de dureza para el control de homogeneidad del material a usar en las placas sensoras.

Condiciones de la Placa:

No deberá tener más de dos burbujas con diámetros superiores á 3 mm.

Mediciones:

- a) Se pesa la placa y se calcula la densidad de la misma:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} = \frac{\text{Masa}}{0.31 \cdot 0.31 \cdot 0.02 \cdot \text{m}^3} \quad (23)$$

- b) Se miden las improntas “D” en dos direcciones perpendiculares, y se realiza el promedio, a ese valor lo denominamos “Diámetro de la impronta Dj”, en milímetros.
- c) Se calculan los índices citados anteriormente.

Material de Ensayo:

En la foto L se muestran 4 tipos de placas impactométricas de materiales distintos que fueron ensayadas: (a) de poliuretano expandido elaborada artesanalmente, (b) tergopol con lámina de aluminio, (c) Styrofoam, (d) poliuretano expandido realizada en la fábrica Estisol.

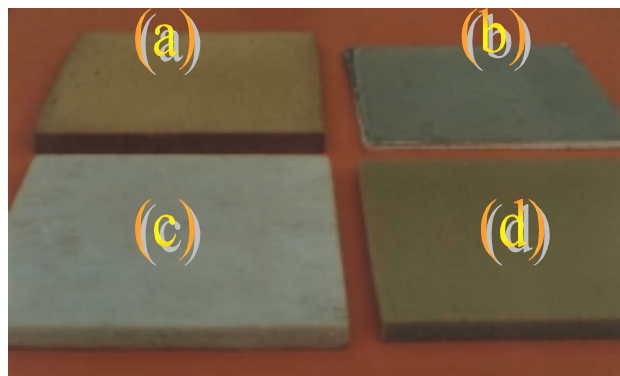


Foto L: Cuatro placas distintas, desde arriba superior derecha: (a) elaborada artesanalmente en poliuretano expandido, (b) tergopol con lámina de aluminio, (c) Styrofoam, y (d) poliuretano expandido realizada en la fábrica Estisol.

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL ENSAYO A PLACAS DE POLIURETANO MARCAS STYROFOAM Y ESTISOL.

A continuación se indican los resultados de los ensayos realizados a dos muestras de Styrofoam (placas 1 y 2), y a otras dos muestras de Estisol (placas 3 y 4).

PLACA 1

Material: Styrofoam.

DU = 33.43

Dispersión Mayor = $\delta_{\text{mayor}} (\%) = 9.63$

Dispersión Menor = $\delta_{\text{menor}} (\%) = 8.78$

F.C.H.P. = $1.40 - (-4.61) = 6.01$

DIAMETRO IMPRONTA (mm)	DUREZA (Kg/mm ²)	SECTOR
8.3	30.61	1
8	33.55	1
8.1	32.54	1
8.1	32.54	2
8.2	31.56	2
8	33.55	2
8.5	28.81	3
8.4	29.7	3
8.4	29.7	3
8.1	32.54	4
8.3	30.61	4
8.1	32.54	4
8.3	30.61	5
8.1	32.54	5
8.3	30.61	5

Tabla 2.1: Resultados de la placa 1 de Styrofoam.

PLACA 2

Material: Styrofoam.

$$DU = 32.42$$

$$\text{Dispersión Mayor} = \delta_{\text{mayor}} (\%) = 9.60$$

$$\text{Dispersión Menor} = \delta_{\text{menor}} (\%) = 8.76$$

$$\text{F.C.H.P.} = 2.43 - (-3.60) = 6.03$$

DIAMETRO IMPRONTA (mm)	DUREZA (Kg/mm ²)	SECTOR
7.4	40.45	1
7.6	37.98	1
7.5	39.19	1
7.6	37.98	2
7.2	43.13	2
7.9	34.6	2
7.8	35.68	3
7.6	37.98	3
7.7	36.81	3
7.2	43.13	4
7.7	36.81	4
7.5	39.19	4
7.8	35.68	5
7.7	36.81	5
7.7	36.81	5

Tabla 2.2: Resultados de la placa 2 de Styrofoam.

PLACA 3

Material: Estisol

DU = 30.82

Dispersión Mayor = δ_{mayor} (%) = 27.58

Dispersión Menor = δ_{menor} (%) = 21.61

F.C.H.P. = 4.88 - (-5.34) = 10.22

DIAMETRO IMPRONTA (mm)	DUREZA (Kg/mm ²)	SECTOR
8	33.55	1
8	33.55	1
8	33.55	1
8	33.55	2
7.9	34.6	2
8.1	32.54	2
7.9	34.6	3
8	33.55	3
7.9	34.6	3
8.1	32.54	4
8.2	31.56	4
8.2	31.56	4
7.9	34.6	5
8	33.55	5
8	33.55	5

Tabla 2.3: Resultados de la placa 3 de Estisol.

PLACA 4

Material: Estisol

$$DU = 38.14$$

$$\text{Dispersión Mayor} = \delta_{\text{mayor}} (\%) = 24.65$$

$$\text{Dispersión Menor} = \delta_{\text{menor}} (\%) = 19.77$$

$$\text{F.C.H.P.} = 4.09 - (-4.50) = 8.58$$

DIAMETRO IMPRONTA (mm)	DUREZA (Kg/mm2)	SECTOR
8.1	32.54	1
8	33.55	1
8.1	32.54	1
8.2	31.56	2
8.2	31.56	2
8.1	32.54	2
8.3	30.61	3
8.3	30.61	3
8.1	32.54	3
8	33.55	4
8	33.55	4
8 .2	31.56	4
8	33.55	5
8	33.55	5
8.1	32.54	5

Tabla 2.4: Resultados de la placa 4 de Estisol.

ANALISIS

De acuerdo con el valor de la dureza total de cada placa, se observa que el de material Styrofoam es en ambas placas muy constante, estando ubicado prácticamente en un valor de 33 (32.42 y 33.43) dureza Brinell Granizo.

El del poliuretano Estisol varía entre 30.82 y 38.14, dando un valor medio de 34.48, que se aproxima muy bien al del Styrofoam con una dispersión del 10% en valores de dureza.

Se puede mejorar ésto con una selección de las placas, poniendo límites más estrictos de dispersión.

Pero el mejor criterio aplicado es la homogeneidad, pues de nada vale mantener un valor promedio de dureza en la placa, si ella presenta una discontinuidad importante. Viendo este factor en las placas de STYROFOAM que se mantiene en 6, y comparando con las de poliuretano ESTISOL que van de 8.58 á 10.22, indicando en ambas un bajo índice de deshomogeneidad (F.C.H.P.).

CONCLUSIONES

Se cuantificó con un método de ingeniería, la calidad de deformación plástica a cargas estáticas (con un criterio de dureza) , y su homogeneidad.

A partir de allí se definió el siguiente criterio para rechazar las placas ensayadas:

- 1) Cuando en la partida de un metro cúbico (450 placas) las muestras extraídas del medio y de ambos extremos, presentaban valores de dureza promedio de toda la placa $DU > 40$ Hg, y $DU < 30$ Hg.
- 2) En caso de pasar esta condición, se deberá verificar en las mismas muestras, el Factor de Calidad de Homogeneidad de la placa, inferior a:

$$F.C.H.P. \leq 12$$

- 3) Se rechazará toda placa que presente más de dos agujeros (debidos a las burbujas del freon), de diámetros promedios mayores á 3 milímetros.

Nota: en cada partida se ensayaron 10 placas de un total de 450, del material de poliuretano ESTISOL, dando resultados similares a los de los ejemplos expuestos.

La foto M muestra el resultado final del trabajo de calibración: aceptada la partida de material se procede a cortar las placas a las medidas, y se las almacena en el depósito a la espera de ser instaladas en los respectivos porta placa de los impactómetros de la Red de Trabajo.



Foto M: Stocks de placas, próximas a ser instaladas en los porta impactómetros, luego del control de calidad.

ANEXO 3

Base de Datos de la Red de Impactómetros

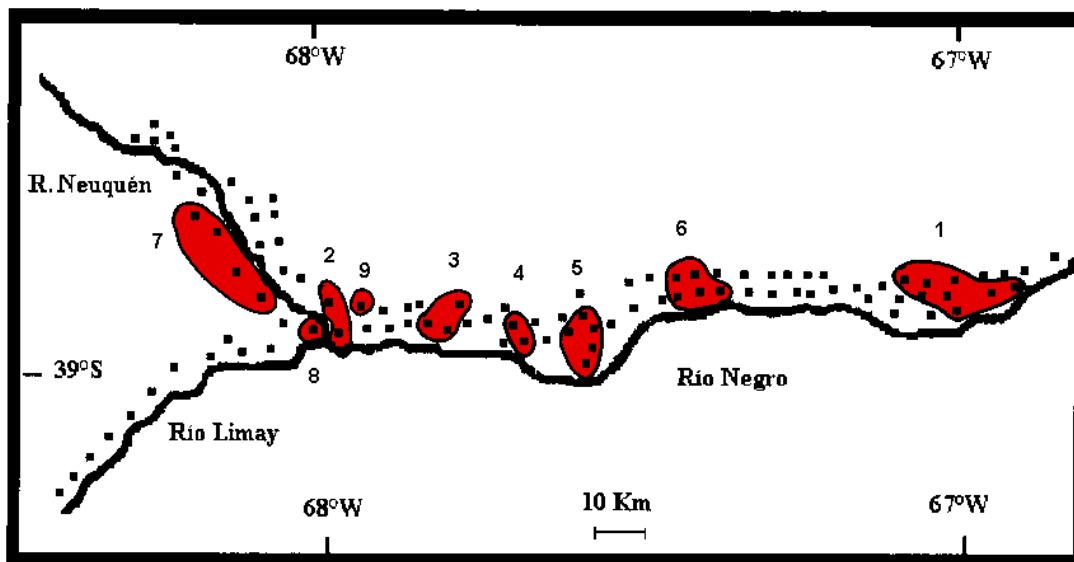
Temporada		1987	1988									Tabla 3.1	
Puesto	Cod	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Dmax mm	N Cant/m ²	Et Joule/m ²		
R86	1	33	11	0	0	0	0	0	10	44	0,9972		
R79	1	0	33	0	0	0	0	0	10	33	2,0051		
R81	1	11	11	0	0	0	0	0	9	22	0,778		
R76	1	0	11	0	0	0	0	0	12	11	0,6684		
R84	1	0	11	0	0	0	0	0	9	11	0,6684		
R88	1	11	0	0	0	0	0	0	5	11	0,1096		
R94	1	55	0	0	0	0	0	0	7	55	0,548		
R21	2	88	33	0	0	0	0	0	10	121	2,8819		
R25	2	99	66	11	0	0	0	0	17	176	7,3077		
R34	3	286	165	0	0	0	0	0	13	451	12,8752		
R31	3	44	0	0	0	0	0	0	7	44	0,4384		
R38	4	110	55	0	0	0	0	0	10	165	4,4379		
R39	4	44	11	0	0	0	0	0	10	55	1,1068		
R43	5	44	44	11	0	0	0	0	14	99	5,4229		
R45	5	0	11	0	0	0	0	0	9	11	0,6684		
R47	5	44	44	0	0	0	0	0	10	88	3,1119		
R47*	5	44	0	0	0	0	0	0	5	44	0,4384		
R58	6	11	33	0	0	0	0	0	10	44	2,1147		
R59	6	11	33	11	0	0	0	0	15	55	4,4257		
R56	6	11	44	0	0	0	0	0	10	55	2,7831		
R61	6	0	11	0	0	0	0	0	12	11	0,6684		
N18	7	11	0	0	0	0	0	0	7	11	0,1096		
N17	7	176	55	0	0	0	0	0	10	231	5,0955		
N15	7	220	286	77	0	0	0	0	15	583	35,7467		
N14	7	1320	1100	792	0	0	0	0	15	3212	246,3831		
N29	8	22	11	0	0	0	0	0	10	33	0,8876		
R24	9	22	11	0	0	0	0	0	10	33	0,8876		
R61	10	77	11	0	0	0	0	0	10	88	1,4356		
R63	10	11	33	0	0	0	0	0	12	44	2,1147		
R43	11	33	0	0	0	0	0	0	7	33	0,3288		
R41	11	33	0	0	0	0	0	0	5	33	0,3288		
R45	11	11	0	0	0	0	0	0	5	11	0,1096		
R39	11	55	110	0	0	0	0	0	12	165	7,2316		
R42	11	121	253	0	0	0	0	0	10	374	16,578		
R40	11	308	715	77	0	0	0	0	15	1100	62,6897		
R48	11	4257	1386	990	0	0	0	0	15	6633	334,6237		
R60	12	242	55	0	0	0	0	0	9	297	5,7531		
R62	12	77	77	0	0	0	0	0	10	154	5,4458		
R64	12	66	55	0	0	0	0	0	10	121	3,9994		
R68	12	121	22	0	0	0	0	0	9	143	2,5424		
R65	12	44	11	0	0	0	0	0	9	55	1,1096		
R67	12	33	11	0	0	0	0	0	10	44	0,9972		
R63	12	0	44	0	0	0	0	0	10	44	2,6734		
R58	12	187	88	0	0	0	0	0	10	275	7,2102		
R61	12	33	0	0	0	0	0	0	7	33	0,3288		
R79	13	242	121	0	0	0	0	0	10	363	9,7633		
R78	13	44	0	0	0	0	0	0	7	44	0,4384		
R76	13	66	22	0	0	0	0	0	12	88	1,9944		
R82	13	22	11	0	0	0	0	0	10	33	0,8876		
R56	14	88	0	0	55	0	0	0	18	143	30,6226		
R59	14	0	33	0	0	0	0	0	12	33	2,0051		

Tabla 3.1: Datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1987-88.

Código	Fecha	Hora	Localidad	Sup. (Km ²)
1	Nov-87	0	V. Regina	63
2	22/12/87	4	Cipolletti	18
3	22/12/87	2	Allen	18
4	23/12/87	1	Guerrico	18
5	23/12/87	3	G. Roca	36
6	12/01/88	3	Cervantes	36
7	26/01/88	18	Centenario	36
8	26/01/88	18	Neuquen	9
9	12/02/88	14	Cipolletti	9
10	12/02/88	14	Cervantes	18
11	01/03/88	3	G. Roca	63
12	01-Mar	3	Cervantes	81
13	08/03/88	0	V. Regina	36
14	15/04/88	18	G. Roca	18

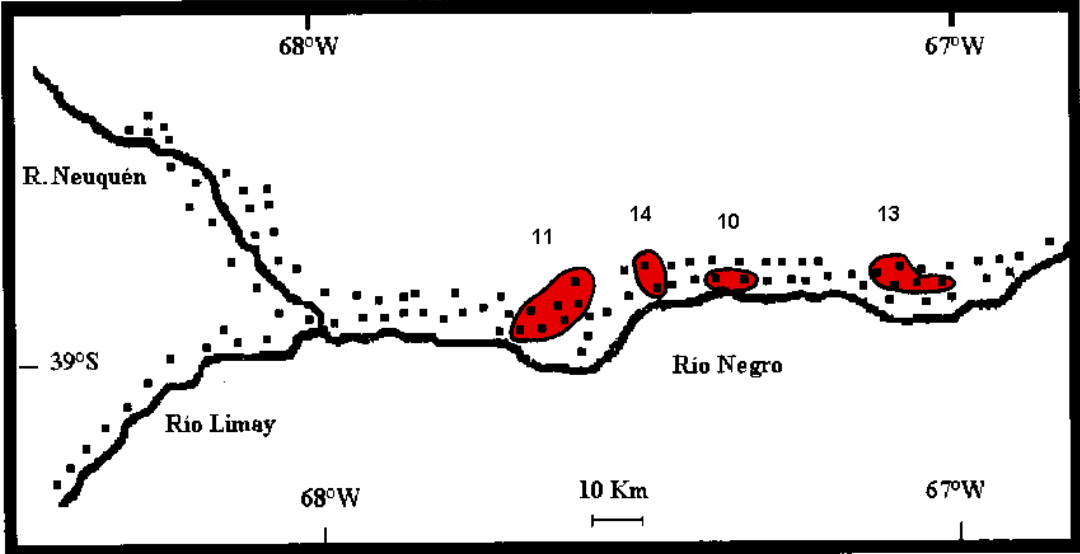
Tabla 3.2: Todas las tormentas con precipitación de granizos ocurridas durante la temporada 1987-88 en el Alto Valle, fueron codificadas con números correlativos, en total para esta temporada fueron 14.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1987-88



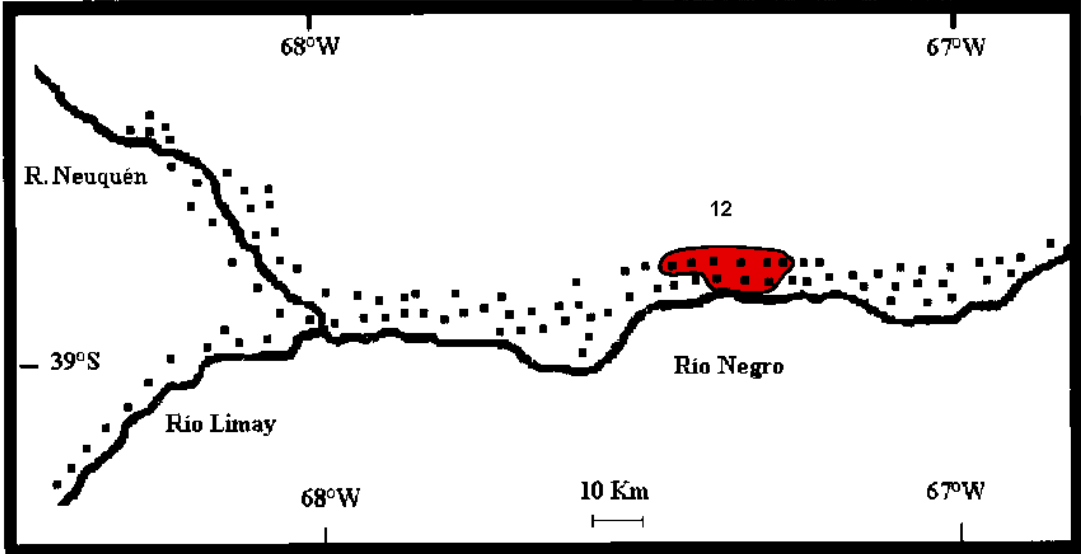
Mapa 5: Ubicación geográfica de 9 precipitaciones sobre 14 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1987-88.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1987-88



Mapa 6 :Ubicación geográfica de 4 precipitaciones sobre 14 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1987-88.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1987-88



Mapa 7: Ubicación geográfica de 1 precipitaciones sobre 14 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1987-88.

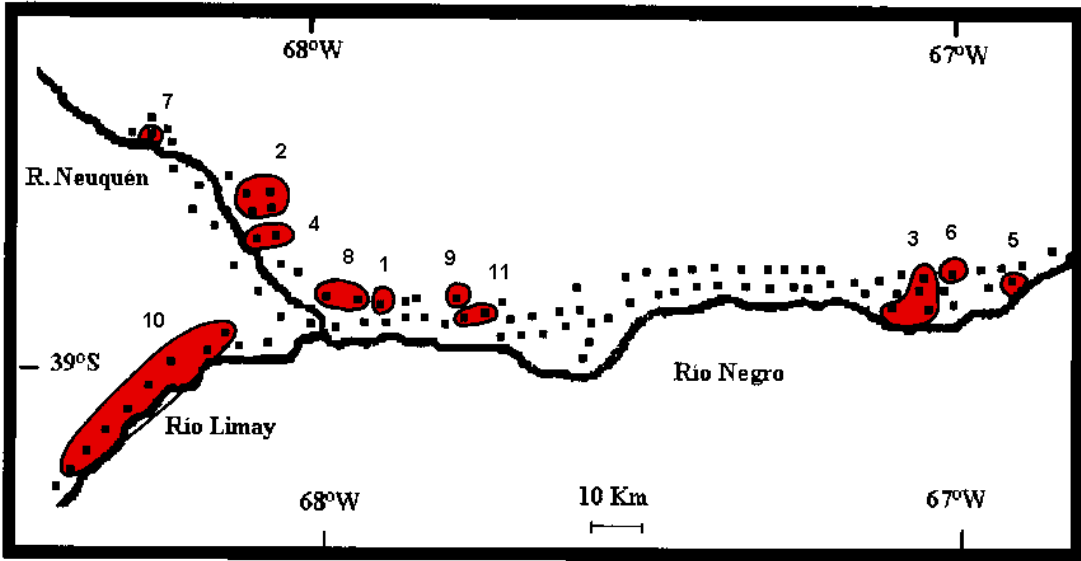
Temporada		1988	1989	Tabla 3.3							
Puesto	Cód	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Dmax mm	N Cant/m ²	Et Joule/m ²
R28	1	110	30	0	0	0	0	0	10	140	2,9189
R9	2	260	120	0	0	0	0	0	11	380	9,8819
R10	2	200	20	0	0	0	0	0	10	220	3,208
R11	2	110	0	0	0	0	0	0	8	110	1,0961
N16	2	840	580	0	0	0	0	0	13	1420	43,6108
R80	3	11	0	0	0	0	0	0	8	11	0,1096
R81	3	3784	308	0	0	0	0	0	12	4092	56,4185
R82	3	198	0	0	0	0	0	0	7	198	1,9729
R83	3	11	0	0	0	0	0	0	6	11	0,1096
R12	4	24	0	0	0	0	0	0	7	24	0,2391
R14	4	11	0	0	0	0	0	0	7	11	0,1096
R94	5	70	110	0	0	0	0	0	10	180	7,3811
R84	6	0	11	0	0	0	0	0	11	11	0,6684
R6	7	40	0	0	0	0	0	0	8	40	0,3986
R24	8	10	10	0	0	0	0	0	9	20	0,7072
R21	8	30	10	0	0	0	0	0	12	40	0,9065
R32	9	77	11	11	0	0	0	0	14	99	3,7466
N26	10	550	0	0	0	0	0	0	9	550	5,4803
N33	10	319	33	0	0	0	0	0	12	352	5,1836
N32	10	30	10	0	0	0	0	0	10	40	0,9065
N34	10	44	11	0	0	0	0	0	10	55	1,1068
N41	10	220	0	0	0	0	0	0	8	22	2,1921
N44	10	341	33	0	0	0	0	0	9	374	5,4029
N43	10	319	88	0	0	0	0	0	11	407	8,5255
N45	10	140	10	0	0	0	0	0	9	150	2,0026
R33	11	20	10	123	0	0	0	0	12	153	26,6484
R34	11	120	40	0	0	0	0	0	12	160	3,6261
R4	12	100	60	0	0	0	0	0	9	160	4,642
R6	12	231	11	0	0	0	0	0	10	242	2,9701
R3	12	11	0	0	0	0	0	0	8	11	0,1096
R5	12	10	30	0	0	0	0	0	13	40	1,9224
R34	13	170	0	0	0	0	0	0	8	170	1,6939
R36	13	660	22	11	0	0	0	0	14	693	10,2241
R37	13	1089	264	0	0	0	0	0	12	1353	26,8916

Tabla 3.3: Datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1988-89.

Código	Fecha	Hora	Localidad	Sup. (Km ²)
1	23/03/89	23	F. Oro	9
2	23/03/89	23	C. Saltos	36
3	02/03/89	0	V. Regina	36
4	23/10/88	18	C. Saltos	18
5	25/10/88	0	Chichinales	9
6	25/10/88	0	V. Regina	9
7	Ene-89	1	C. Grande	9
8	23/03/89	23	Cipolletti	18
9	23/03/89	23	Allen	9
10	28/10/88	14	Plottier	72
11	05/01/89	0	Allen	18
12	23/03/89	23	C. Grande	36
13	25/10/88	14	Guerrico	27

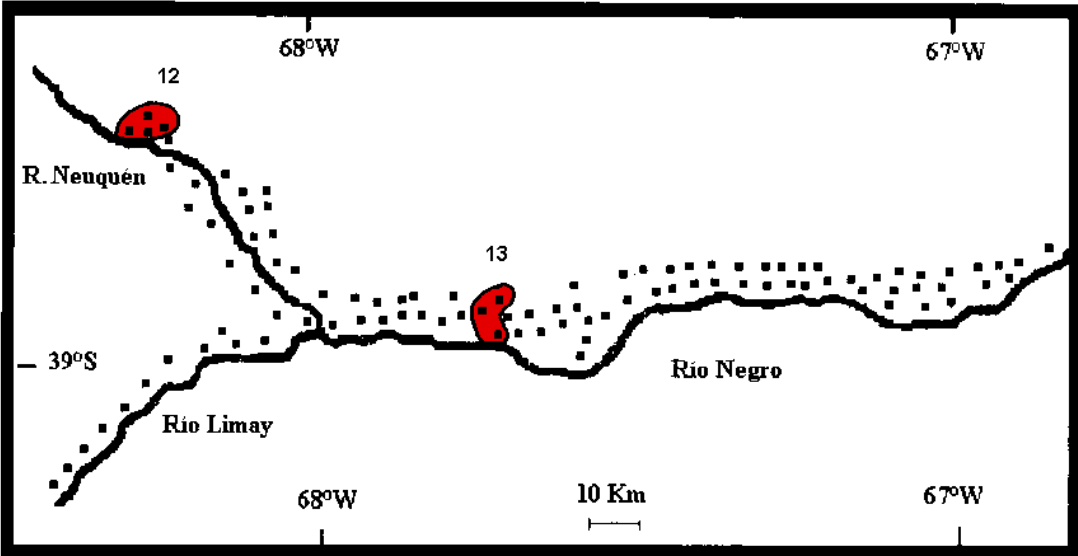
Tabla 3.4: Todas las tormentas con precipitación de granizos ocurridas durante la temporada 1988-89 en el Alto Valle, fueron codificadas con números correlativos, en total para esta temporada fueron 13.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1988-89



Mapa 8: Ubicación geográfica de 11 precipitaciones sobre 13 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1988-89.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1988-89



Mapa 9: Ubicación geográfica de 2 precipitaciones sobre 13 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1988-89.

Temporada		1989	1990	Tabla 3.5								
Puesto	Cód	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Dmax mm	N Cant/m ²	Et Joule/m ²	
N24		1	224	82	0	0	0	0	0	11,3	306	8
R67		2	913	11	0	0	0	0	0	10	924	10,8
R69		2	33	0	0	0	0	0	0	5,2	33	0,4
R71		2	11	0	0	0	0	0	0	5,3	11	0,1
R74		2	3254	1930	202	11	0	0	0	18,5	5397	218,8
R75		2	384	34	0	0	0	0	0	10,9	418	6,5
R76		2	378	98	0	0	0	0	0	11,8	476	10,7
R79		2	1057	368	0	0	0	0	0	12,3	1425	36,3
R80		2	33	0	0	0	0	0	0	7,1	33	0,4
R51		3	506	176	11	0	0	0	0	15	693	19,9
R53		3	452	376	11	0	0	0	0	15,2	839	32,7
R56		3	681	64	0	0	0	0	0	11,8	745	11,8
R58		3	386		88	0	0	0	0	10,7	474	10,2
R60		3	545	76	0	0	0	0	0	13,5	621	11,1
R61		3	450	65	0	0	0	0	0	10,5	515	9,4
R64		4	11	6	0	0	0	0	0	10	17	0,5
R65		4	70	0	0	0	0	0	0	8,6	70	0,8
R67		4	68	0	0	0	0	0	0	9	68	0,8
N26		6	1066	1711	511	22	11	0	0	22	3321	272,5
R21		6	822	910	197	0	0	0	0	16,5	1929	115,8
N33		7	282	27	0	0	0	0	0	10,9	309	4,9
N34		7	582	160	0	0	0	0	0	11,3	742	17,2
N35		7	536	27	0	0	0	0	0	9,4	563	7,7
N36		7	159	11	0	0	0	0	0	9,4	170	2,5
R88		8	75	161	0	0	0	0	0	12,7	236	11,6
R90		8	65	0	0	0	0	0	0	8,7	65	0,7
R91		8	286	22	0	0	0	0	0	10,7	308	4,6
R93		8	55	11	0	0	0	0	0	10,9	66	1,4
R84		9	431	298	11	0	0	0	0	14,1	740	27,3
R85		9	79	11	0	0	0	0	0	10,9	90	1,6
R68		11	526	0	0	0	0	0	0	8,7	526	5,8
R67		11	615	0	0	0	0	0	0	9	615	6,8
R5		12	293	0	0	0	0	0	0	8,8	293	3,2
R11		13	22	22	11	11	0	0	0	17,5	66	10,9
R15		14	32	65	0	0	0	0	0	12,3	97	4,7
R58		15	293	98	0	0	0	0	0	10,9	391	9,8
R60		15	22	170	0	0	0	0	0	15,2	192	11,6
R61		15	77	27	11	0	0	0	0	13,2	115	5,2
R24	a		11	0	0	0	0	0	0	8,4	11	0,1
R25	a		522	143	11	0	0	0	0	14,4	676	17,9
R26	a		1019	144	0	0	0	0	0	13,4	1163	20,9
R27	a		598	78	22	0	0	0	0	16,9	698	16,9
R28	a		400	246	43	16	0	0	0	19,8	705	40,4
R29	a		3246	2727	476	87	22	11	0	26,5	6569	434,7
R30	a		322	87	22	0	0	0	0	15,7	431	14,5
R31	a		2800	3511	1244	489	133	22	0	27,4	8199	1071,6
R32	a		157	11	0	0	0	0	0	9	168	2,5

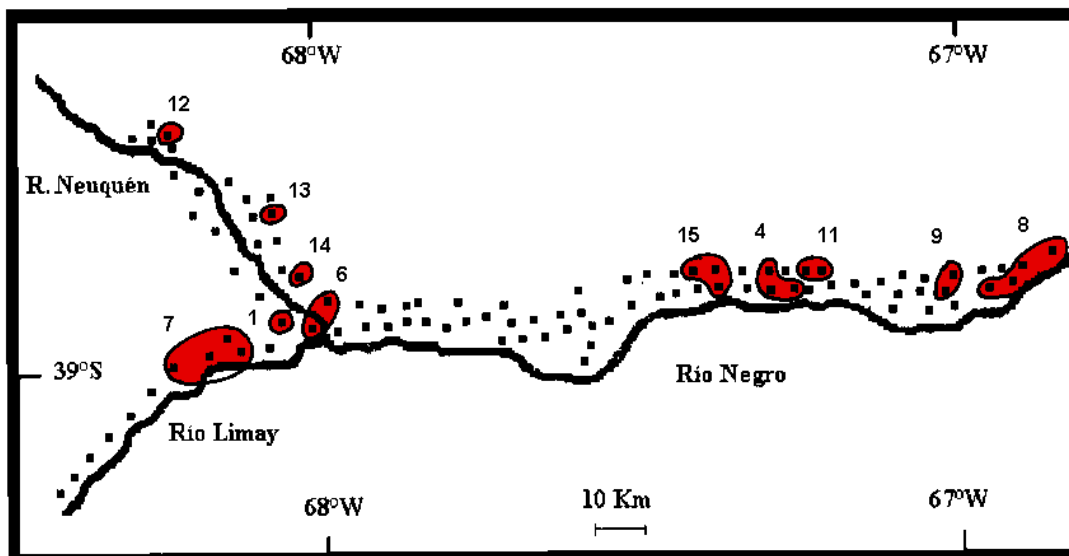
Temporada		1989	1990	Tabla 3.5							Continuación	
Puesto	Cód	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Dmax mm	N Cant/m ²	Et Joule/m ²	
R33	a	1879	973	347	22	0	0	0	17,7	3221	179,7	
R34	a	1892	623	86	22	0	0	0	17,4	2623	95,4	
R36	a	1340	764	115	0	0	0	0	15,1	2219	92,7	
R38	a	791	412	11	0	0	0	0	14,5	1214	38,9	
R39	a	1239	460	0	0	0	0	0	12,8	1699	44,5	
R40	a	3689	2400	933	311	44	11	0	25	7388	687,6	
R41	a	215	107	11	0	0	0	0	13,8	333	12,1	
R42	a	3422	2556	1333	578	133	11	0	25,7	8033	1060,9	
R43	a	1688	1688	675	65	11	0	0	21,2	4127	341,3	
R45	a	230	42	0	0	0	0	0	11,9	272	5,3	
R44	a	740	276	77	11	0	0	0	17,5	1104	51,1	
R46	a	3156	3111	1333	222	89	0	0	21,1	7911	799	
R47	a	1934	1860	98	11	0	0	0	18	3903	175,2	
R47*	a	287	11	0	0	0	0	0	12,3	298	3,9	
R48	a	197	175	11	0	0	0	0	13,7	383	16,4	
R51	a	167	33	0	0	0	0	0	10,1	200	4,1	
R52	a	153	22	0	0	0	0	0	12,5	175	3,1	
R53	b	822	56	0	0	0	0	0	13,1	878	12,8	
R55	b	823	747	184	11	0	0	0	17,4	1765	108,3	
R56	b	43	0	0	0	0	0	0	8,6	43	0,5	
R57	b	1983	739	35	0	0	0	0	13,7	2757	79,5	
R58	b	879	199	44	11	0	0	0	17,5	1133	39,9	
R59	b	2778	1057	108	33	0	0	0	20,4	3976	146,2	
R60	b	3090	898	73	0	0	0	0	14,4	4061	111,1	
R61	b	2226	727	109	43	33	0	0	22,9	3138	166,1	
R63	b	1612	132	0	0	0	0	0	12	1744	26,5	
R64	b	77	82	22	0	0	0	0	13,8	181	11,4	
R65	b	556	79	0	0	0	0	0	11,5	635	11,4	
R66	b	205	260	164	28	0	0	0	10	657	74,2	
R68	b	962	222	11	0	0	0	0	15,8	1195	27,9	
R69	b	368	34	0	0	0	0	0	9,9	402	6,3	
R70	b	746	688	300	82	17	12	0	25,2	1845	224,1	
R71	b	416	329	66	0	0	0	0	10,4	811	41,9	
R74	b	22	11	10	0	0	0	0	14,2	43	3,5	
R75	b	576	155	89	11	11	0	0	20,5	842	58,1	
R76	b	199	66	0	0	0	0	0	12,3	265	6,6	
R78	b	924	88	0	0	0	0	0	10	1012	16,1	

Tabla 3.5: Datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1989-90.

Código	Fecha	Hora	Localidad	Sup. (Km ²)
1	09/10/89		Neuquén	9
2	07/11/89	15	Ing. Huergo	72
3	06/01/90	19	Stefenelli	54
4	06/01/90	19	Mainque	27
6	10/02/90	18	Neuquén	18
7	10/02/90	18	Plottier	36
8	Feb-90	21	Chichinales	36
9	10/02/90	22	Villa Regina	18
11	25/03/89		Ing. Huergo	18
12	19/02/90	20	Campo Grande	9
13	19/02/90	20	Cinco Saltos	9
14	19/02/90	20	Cinco Saltos	9
15	12/03/90		Cervantes	27
a	xx-Feb-90			234
b	xx-Feb-90			180

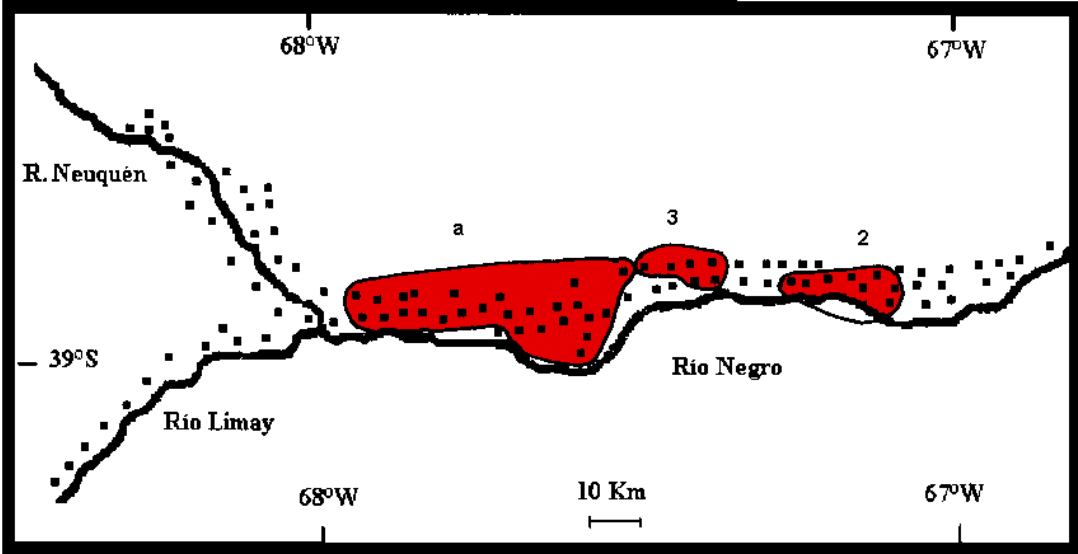
Tabla 3.6: Todas las tormentas con precipitación de granizos ocurridas durante la temporada 1989-90 en el Alto Valle, fueron codificadas con números correlativos, y con letras aquellas que no se pudo precisar el día de ocurrencia, en total para esta temporada fueron 17.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1989-90



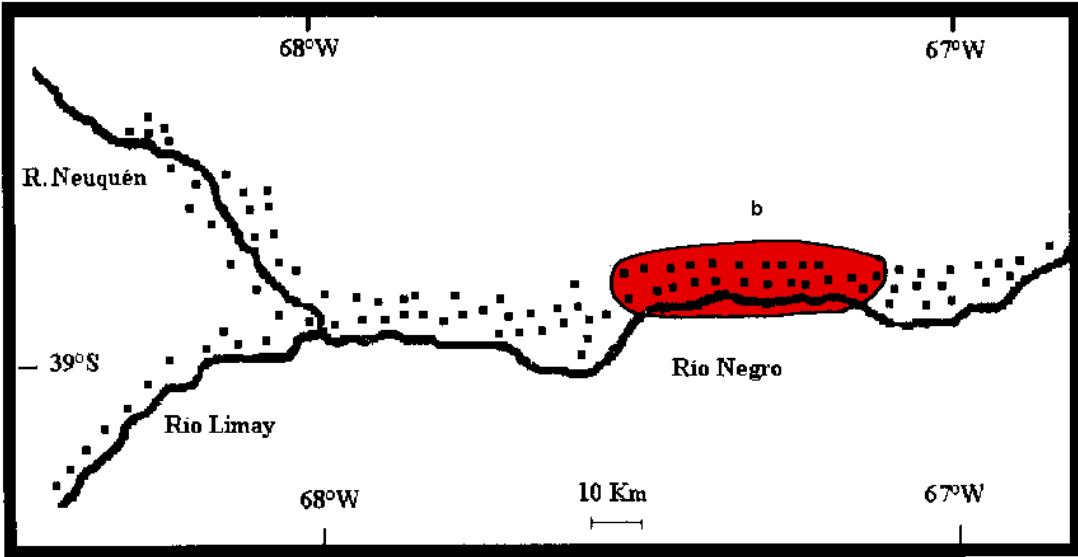
Mapa 10: Ubicación geográfica de 11 precipitaciones sobre 17 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1989-90

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1989-90



Mapa 11 : Ubicación geográfica de 3 precipitaciones sobre 17 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1989-90

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1989-90



Mapa 12: Ubicación geográfica de 1 precipitaciones sobre 17 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1989-90

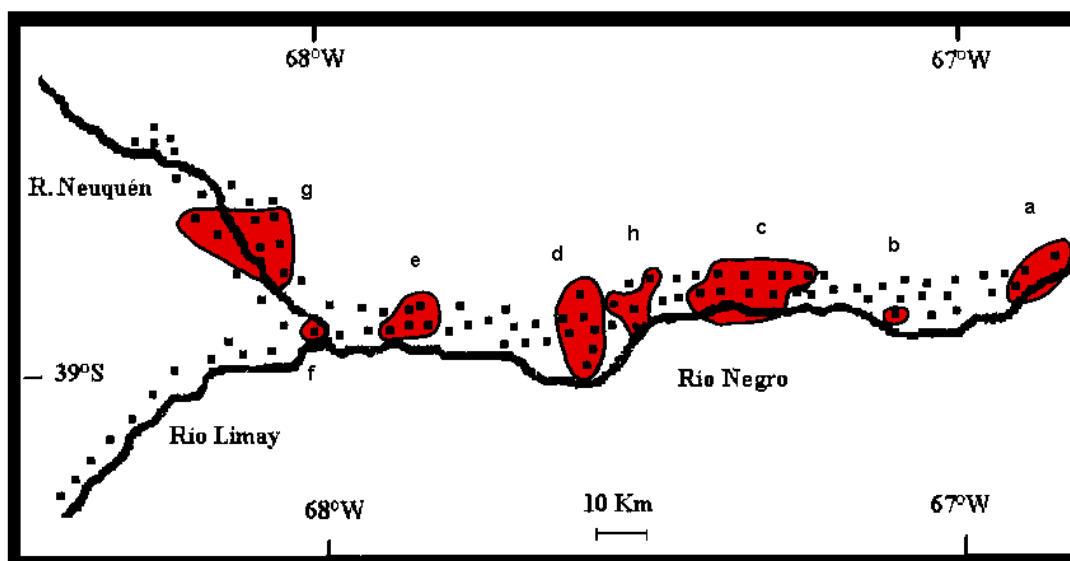
Temporada		1990	1991							Tabla 3.7	
Puesto	Cod	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	Dmax	Nt	Et
									mm	Cant/m ²	Joule/m ²
R93	a	6988	411	10	0	0	0	0		7409	106
R94	a	6508	358	0	0	0	0	0		6866	95
R95	a	6324	544	0	0	0	0	0		6868	106
R80	b	1387	10	0	0	0	0	0		1397	15
R58	c	695	414	62	41	20	10	0		1242	145
R59	c	62	10	0	0	0	0	0		72	1
R60	c	793	95	10	10	0	0	0		908	23
R61	c	139	139	96	43	0	0	0		417	59
R63	c	41	41	0	0	10	10	0		102	59
R64	c	5171	551	10	20	0	0	0		5752	108
R65	c	20	0	0	0	0	0	0		20	0,2
R66	c	399	11	0	0	0	0	0		410	5
R41	d	10	10	0	0	0	0	0		20	0,8
R43	d	184	195	20	51	0	0	0		450	50
R45	d	20	20	10	0	0	0	0		50	3
R46	d	71	30	40	0	10	0	10		161	68
R47	d	93	196	20	0	0	0	0		309	18
R47*	d	133	225	92	40	20	30	0		540	163
R48	d	184	217	152	32	10	0	0		595	85
R27	e	30	0	0	0	0	0	0		30	0,3
R29	e	51	0	0	0	0	0	0		51	0,5
R30	e	1061	0	0	0	0	0	0		1061	11
R31	e	113	30	10	0	0	0	0		153	5
R33	e	437	0	0	0	0	0	0		437	4
N26	f	1222	66	0	0	0	0	0		1288	17
N17	g	1245	33	0	0	0	0	0		1278	15
N18	g	20	10	0	0	0	0	0		30	0,9
R10	g	11	0	0	0	0	0	0		11	0,1
R12	g	1492	91	0	0	0	0	0		1583	22
R14	g	1844	177	0	0	0	0	0		2021	32
R16	g	22	0	0	0	0	0	0		22	0,2
R17	g	21	10	0	0	0	0	0		31	0,9
R42	m	10	10	0	0	0	0	0		20	0,7
R48	h	116	0	0	0	0	0	0		116	1
R51	h	384	30	0	0	0	0	0		414	6
R52	h	317	92	0	0	0	0	0		409	9
R53	h	109	0	0	0	0	0	0		109	1
R56	k	758	20	20	0	0	0	0		798	14
R58	k	71	61	20	0	0	0	0		152	9
R60	l	165	124	41	10	0	0	0		340	25
R61	l	71	30	0	0	0	0	0		101	2
R69	i	31	0	0	0	0	0	0		31	0,3
R70	i	59	0	0	0	0	0	0		59	0,6
R74	j	9	9	0	0	0	0	0		18	0,7

Tabla 3.7: Datos extraídos de la Red de Impactómetros del Alto Valle en la Temporada 1990-91.

Código	Fecha	Hora	Localidad	Sup. (Km ²)
a	xx-Oct-90		Chichinales	27
b			Villa Regina	9
c	25/11/90	17	Cervantes	72
d	25/11/90	17	Guerrico	63
e	06/01/91		Allen	45
f	xx-Dic-90		Neuquén	9
g			Centenario	63
h	07/02/91	23	Gral.Roca	36
i	xx-Feb-91		Ing. Huergo	18
j	xx-Feb-91		Godoy	9
k	xx-Mar-91		Mainque	18
l	xx-Ene-91		Cervantes	18
m			Gral.Roca	9

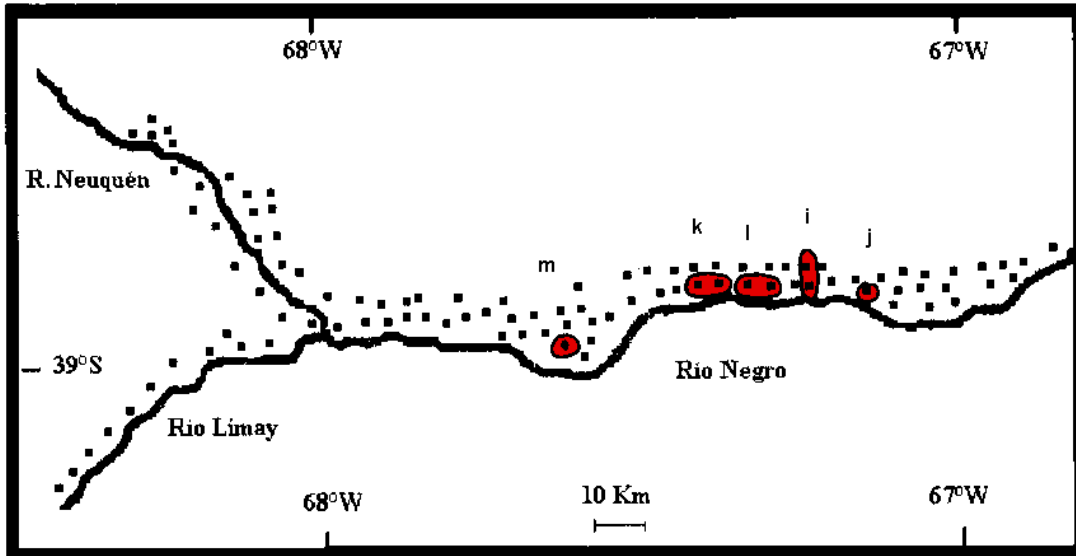
Tabla 3.8: Todas las tormentas con precipitación de granizos ocurridas durante la temporada 1990-91 en el Alto Valle , fueron codificadas con letras correlativas, pues en muchas de ellas no se pudo precisar el día de ocurrencia, en total para esta temporada fueron 13.

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1990-91



Mapa 13 : Ubicación geográfica de 8 precipitaciones sobre 13 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1990-91

Red de Impactómetros del Alto Valle Granizadas Temporada 1990-91



Mapa 14 : Ubicación geográfica de 5 precipitaciones sobre 13 ocurridas en el Alto Valle durante la temporada 1990-91

ANEXO 4a

Base de Datos

Granny Smith 1987-88

ARBOL	NMZA	DIMP	DMAR	PROF	EVEC	ORI	OBS	DIA	MES	ANO
2	1	8.5	6.3	0.9	eleg	n		27	11	87
2	99	8.5	6.9	0.8	común	n		27	11	87
2	3	12.7	12.5	2.0	común	s		27	11	87
2	4	12.7	12.0	2.0	común	s		27	11	87
2	5	17.4	14.0	2.5	común	s		27	11	87
2	6	17.4	15.5	3.0	común	s		27	11	87
2	7	14.3	10.7	1.4	común	n		27	11	87
2	8	14.3	10.0	2.1	común	n		27	11	87
3	7	17.5	16.2	3.0	descarte	s	Con tejido necrozado	20	11	87
3	1	17.4	14.5	2.1	común	n	Tejido necrozado	27	11	87
3	2	17.4	17.2	3.5	común	n		27	11	87
3	3	0.0	0.0	0.0		s	se perdió	0	0	0
3	4	8.5	10.5	2.6	común	s		27	11	87
3	5	14.3	11.0	1.6	común	s		27	11	87
3	6	5.0	3.5	0.5	eleg	n		27	11	87
2	3	12.7	7.0	0.7	común	n		27	11	87
2	4	12.7	8.0	1.2	común	n		27	11	87
3	7	8.5	4.2	0.3	eleg	n		27	11	87
2	5	17.4	12.8	2.5	común	n		27	11	87
2	6	17.4	16.3	2.9	común	n		27	11	87
3	5	8.5	7.9	0.7	común	n		27	11	87
3	3	14.3	13.3	2.8	comer	n		27	11	87
3	4	14.3	18.3	3.2	común	n		27	11	87
3	12	20.0	14.5	2.2	común	s		23	12	87
3	35	17.0	11.0	1.6	comer	s		23	12	87
3	42	2.0	15.0	2.1	común	s		23	12	87
3	31	4.0	0.0	0.0			perdida	0	0	0
3	32	4.0	3.5	0.2	eleg	n	apareció 20/4	23	12	87
3	36	25.0	16.0	3.0	desc	n	necrozada	23	12	87
3	44	15.4	14.0	1.7	común	s		23	12	87
3	33	5.0	0.0	0.0			sin evaluar	0	0	0
3	34	5.0	3.5	0.0	eleg	s		23	12	87
3	5	15.0	12.0	0.0	comer	n		23	12	87
3	6	15.0	13.0	0.0	común	n		23	12	87
3	41	16.0	16.0	2.8	desc	s	necrozada	23	12	87
2	1	20.0	11.0	1.6	común	s		7	1	88
2	3	11.0	8.0	0.6	común	s		7	1	88
2	2	17.0	0.0	0.0		n	dudosa	7	1	88
2	3	15.0	10.0	1.6	común	n		7	3	88
2	1	20.0	14.0	1.3	común	n		7	1	88
2	2	17.0	10.0	1.3	común	s		7	1	88
2	7	20.0	15.0	2.1	común	n		26	1	88
2	1	0.0	0.0	0.0			dudosa	0	0	0
2	2	5.0	11.0	0.2	común	n	dudosa	26	1	88
2	5	15.0	11.0	1.0	común	n		26	1	88
2	6	15.0	12.0	1.3	común	n		26	1	88
2	3	10.0	8.0	0.8	eleg	s		26	1	88

2	8	25.0	16.0	1.0	común	n		26	1	88
2	5	15.0	11.0	1.5	común	s		26	1	88
2	6	15.0	0.0	0.0			perdida	0	0	0
2	7	20.0	13.0	0.1	común	s	marca amarilla	26	1	88
2	8	20.0	10.0	0.9	común	s		26	1	88
2	4	10.0	11.0	2.4	común	s		26	1	88
2	3	10.0	7.5	1.0	eleg	s		26	1	88
2	3	10.0	6.0	0.1	eleg	n		26	1	88
3	5	15.0	13.4	2.3	común	n		26	1	88
3	6	15.0	14.0	2.4	común	n		26	1	88
2	7	20.0	12.5	1.2	común	n	madura	18	2	88
2	8	20.0	14.0	1.5	común	n	madura	18	2	88
2	5	15.0	9.0	1.2	común	n	madura	18	2	88
2	6	15.0	8.0	0.7	comer	n		18	2	88
2	3	11.0	7.0	0.4	eleg	n		18	2	88
2	4	11.0	7.0	0.5	eleg	n		18	2	88
2	13	15.0	11.3	1.5	común	s	madura	18	2	88
2	14	15.0	10.5	1.4	común	s		18	2	88
2	11	11.0	7.2	0.5	eleg	s	apareció 20/4/	18	2	88
2	12	11.0	7.2	0.8	eleg	s		18	2	88
2	15	20.0	13.0	2.3	común	s	madura	18	2	88
2	16	20.0	12.5	1.8	común	s		18	2	88
2	9	5.5	0.0	0.0	eleg	s	sin marca	18	2	88
2	10	5.5	0.0	0.0	eleg	s	sin marca	18	2	88
2	1	5.5	0.0	0.0	eleg	n	despreciable	18	2	88
2	2	5.5	0.0	0.0	eleg	n	despreciable	18	2	88
3	37	4.0	3.0	0.1	eleg	s		23	12	87
3	38	4.0	0.0	0.0	eleg	s		23	12	87

ARBOL = número de árbol.

NMZA = número de manzana.

DIMP = diámetro de la bolilla que impactó en la manzana, en mm.

DMAR = diámetro de la marca en mm.

PROF = profundidad de la marca en mm.

EVEC = evaluación comercial (elegida, común, descarte).

ORI = orientación (n: norte, s: sur)

OBS = observaciones

DIA = día

MES = mes

ANO = año

Tabla 4.1: Base de datos de daños en la variedad Granny Smith, correspondiente a la primera temporada de ensayos golpeando los frutos en la simulación de precipitaciones de granizo.

Anexo 4b

Base de Datos

Granny Smith 1988-89

ARBOL	MANZANA	FECHA	DIAMETRO	DMAR	UBICACION	VARIEDAD	COMENTARIO
2	7	0	10	5.50	m	g	
2		0	15	6.20	b	g	
2	4	0	20	12.50	m	g	
	5	1	10	7.15	m	g	
1	4	1	10	7.15	m	g	
1	6	1	10	6.90	m	g	
1	5	1	10	5.85	a	g	
1	3	1	10	5.90	m	g	
1	2	1	10	8.40	m	g	
1	7	1	10	8.75	m	g	
1	8	1	10	8.00	m	g	
2	1	1	10	7.50	m	g	
2	3	1	10	7.60	m	g	
2	4	1	10	6.55	m	g	
		1	15	11.35	m	g	
		1	15	12.00	m	g	
1	8	1	15	11.65	m	g	
1	3	1	15	11.70	m	g	
1	6	1	15	11.60	m	g	
1	1	1	15	10.90	m	g	
1	7	1	15	10.00	m	g	
1	2	1	15	12.04	m	g	
2	3	1	15	10.00	m	g	
2	6	1	15	10.50	m	g	
2	4	1	15	9.50	m	g	
2	1	1	15	9.80	a	g	
2	2	1	15	9.10	m	g	
1	6	1	20	13.80	a	g	
1	7	1	20	11.20	m	g	
1	8	1	20	12.40	m	g	
1	4	1	20	16.55	m	g	
1	7	1	20	12.95	m	g	
2	1	1	20	11.90	a	g	
2	6	1	20	11.30	m	g	
		1	25	14.50	m	g	
1	8	1	25	15.00	a	g	
1	2	1	25	14.20	m	g	
1	3	1	25	17.15	m	g	
1	4	1	25	18.00	m	g	
1	9	1	25	15.25	b	g	
1	5	1	25	15.50	m	g	
2		1	25	15.85	m	g	
2	6	1	25	15.25	a	g	
2	5	1	25	12.00	a	g	
2	2	1	25	14.00	m	g	
2	2	1	25	14.90	a	g	
2	7	1	25	13.80	a	g	
2	5	1	25	12.80	m	g	
2	1	1	25	28.70	m	g	
1	2	1	5	3.70	a	g	
1	8	1	5	3.50	m	g	
1	6	1	5	2.90	m	g	
1	2	1	5	0.00		g	
1	5	1	5	2.50	m	g	

1	1	1	5	3.00	m	g	
1	4	1	5	3.00	m	g	
1	3	1	5	3.00	a	g	
2	4	1	5	3.50	m	g	
1	4	2	10	5.90	a	g	
1	5	2	10	7.90	a	g	
1	3	2	10	8.20	a	g	
1	2	2	10	7.35	m	g	
1	6	2	10	5.75	m	g	
1	7	2	10	7.30	a	g	
2	7	2	10	5.35	m	g	
2	1	2	10	6.55	m	g	
2	3	2	10	8.00	m	g	
2	6	2	10	10.00	m	g	
2	2	2	10	7.95	a	g	
2	5	2	10	5.10	a	g	
2	4	2	10	7.40	m	g	
1	2	2	15	12.30	m	g	
1	1	2	15	12.00	m	g	
1	6	2	15	10.55	m	g	
1	4	2	15	10.00	m	g	
1	7	2	15	9.75	m	g	
1	5	2	15	11.05	m	g	
2	3	2	15	7.20	a	g	
2	3	2	15	9.55	a	g	
2	2	2	15	10.35	a	g	
2	6	2	15	9.20	m	g	rota
2	4	2	15	9.50	a	g	
2	1	2	15	9.65	a	g	
1	6	2	20	14.40	a	g	
1	3	2	20	12.60	a	g	
1	1	2	20	13.65	a	g	
1	1	2	20	14.00	a	g	
1	2	2	20	11.30	m	g	
2	1	2	20	12.60	m	g	
2	5	2	20	11.60	a	g	
2	3	2	20	13.00	a	g	
2	2	2	20	15.75	a	g	
2	1	2	20	15.15	a	g	
2	5	2	20	14.90	a	g	
2	6	2	20	15.40	a	g	
		2	25	14.45	m	g	
1	3	2	25	14.50	m	g	
1	5	2	25	13.80	m	g	
1	2	2	25	16.05	a	g	
1	4	2	25	15.85	a	g	
2	1	2	25	14.80	a	g	
2	3	2	25	16.50	m	g	
2	2	2	25	12.25	a	g	
2	4	2	25	13.60	m	g	
3	1	2	25	16.20	m	g	
1	5	2	5	2.60	a	g	
1	3	2	5	3.00	m	g	
1	1	2	5	0.00		g	
1	4	2	5	3.30	a	g	

1	6	2	5	9.00	a	g
2	5	2	5	2.60	a	g
2	1	2	5	3.20	m	g
2	3	2	5	2.80	a	g
2	2	2	5	3.20	m	g
2	6	2	5	4.00	b	g
2	4	2	5	3.00	m	g
1	5	3	10	6.80	a	g
1	1	3	10	8.95	a	g
1	2	3	10	10.00	a	g
1	4	3	10	7.15	a	g
1	6	3	10	6.80	a	g
1	3	3	10	6.00	a	g
2	6	3	10	8.80	m	g
2	2	3	10	5.30	a	g
1	5	3	15	10.20	a	g
1	1	3	15	12.50	a	g
1	4	3	15	12.20	m	g
1	2	3	15	9.45	a	g
1	6	3	15	11.85	a	g
1	3	3	15	9.30	a	g
2	6	3	15	11.65	a	g
2	5	3	15	10.30	m	g
2	1	3	15	7.40	m	g
2	5	3	15	7.20	a	g
2	2	3	15	12.50	a	g
						semejante a 20
1	2	3	20	14.65	a	g
1	6	3	20	14.30	a	g
1	5	3	20	12.10	m	g
1	3	3	20	16.10	m	g
1	4	3	20	14.20	a	g
2	6	3	20	11.70	m	g
2	4	3	20	12.70	m	g
2	3	3	20	13.00	m	g
1	5	3	25	14.30	m	g
1	1	3	25	17.30	a	g
2	1	3	25	16.60	m	g
1	4	3	5	0.00		g
1	1	3	5	0.00		g
1	6	3	5	0.00		g
1	3	3	5	0.00		g
1	5	3	5	3.10	b	g
1	2	3	5	2.40		g
2	5	3	5	2.50	a	g
2	6	3	5	4.20	m	g
2	2	3	5	3.20	a	g
2	3	3	5	4.70	m	g
2	4	3	5	0.00		g
1	1	4	10	5.50	m	g
1	5	4	10	5.00	m	g
1	3	4	10	5.40	m	g
1	6	4	10	5.50	m	g
1	2	4	10	4.80	m	g
3	4	4	10	5.75	a	g

3	5	4	10	5.95	m	g	
3	3	4	10	4.50	a	g	
3	7	4	10	5.40	a	g	
3	6	4	10	4.80	a	g	
3	2	4	10	5.00	a	g	
1	2	4	15	10.00	a	g	
1	1	4	15	11.00	m	g	
1	6	4	15	8.80	a	g	
1	3	4	15	8.00	m	g	
1	4	4	15	10.85	b	g	
1	5	4	15	9.30	a	g	
3	6	4	15	13.80	a	g	
3	2	4	15	12.50	b	g	
3	5	4	15	11.15	a	g	
3	3	4	15	8.70	m	g	
3	1	4	15	10.50	a	g	
1	2	4	20	13.35	m	g	
1	1	4	20	13.55	m	g	
1	3	4	20	12.90	b	g	
1	5	4	20	13.20	a	g	Podrida
2	8	4	20	13.90	m	g	
3	5	4	20	14.50	m	g	
3	7	4	20	13.50	m	g	
3	4	4	20	12.30	m	g	
1	2	4	25	13.60	a	g	
1	6	4	25	14.20	a	g	
1	5	4	25	14.80	a	g	
1	3	4	25	15.00	m	g	
1	1	4	25	15.00	a	g	
2	4	4	25	16.20		g	
1	6	4	5	0.00		g	
1	4	4	5	0.00		g	
1	3	4	5	0.00		g	
1	5	4	5	0.00		g	
1	2	4	5	3.20	m	g	
1	1	4	5	0.00		g	
2	7	4	5	0.00		g	
2	3	4	5	3.80	b	g	
3	6	5	5	0.00		g	
3	5	4	5	2.80	a	g	
3	2	4	5	0.00		g	

ARBOL = número de árbol.

MANZANA = número de manzana.

FECHA = fecha

DIAMETRO = diámetro de la bolilla que impactó en la manzana, en mm.

DMAR = diámetro de la marca en mm.

UBICACIÓN = ubicación (a: abajo, b: arriba, m: medio).

VARIEDAD = variedad (g: Granny Smith, r: Red Delicious).

COMENTARIOS = observaciones

Tabla 4.2: Base de datos de daños en la variedad Granny Smith, correspondiente a la segunda temporada de ensayos golpeando los frutos en la simulación de precipitaciones de granizo.

Anexo 4c

Base de Datos

Red Delicius 1987-88

ARBOL	NMANZ	DIMP	DMAR	PROF	EV.EC.	ORI	OBS	DIA	MES	ANO
1	3	8.0	6.7	36	comun	n		20	11	87
1	4	8.0	0.0	0			perdida	0	0	0
1	1	5.0	2.5	12	eleg	n		20	11	87
1	7	15.0	15.0	363	desc	n		20	11	87
1	8	15.0	0.0	0			perdida	0	0	0
1	9	15.0	0.0	0			perdida	0	0	0
1	2	3.0	0.0	0	eleg	n	dudosa	20	11	87
1	10	17.4	0.0	700	descn	n	rota	20	11	87
1	10	17.4	13.7	317	comer	n	bis 10/imp 2	20	11	87
1	10	17.4	12.7	313	comun	n	bis 10/imp 3	20	11	87
1	11	17.4	19.0	410		n		20	11	87
4	3	3.0	0.0	0	eleg	n		23	11	87
4	4	3.0	0.0	0	eleg	n		23	11	87
4	11	15.9	12.5	290	comun	n		23	11	87
4	12	15.9	12.2	210	comun	n		23	11	87
4	5	4.0	0.0	0	eleg	n		23	11	87
4	6	0.0	0.0	0		n	perdida	23	11	87
4	7	5.0	5.0	60	eleg	n	sin marca	23	11	87
4	8	5.0	3.5	27	eleg	n	sin marca	23	11	87
4	3	17.4	11.2	210	comun	s		27	11	87
4	4	17.4	17.7	428	desc	s		27	11	87
4	6	5.0	5.0	17	eleg	s		27	11	87
4	5	5.0	3.9	22	eleg	n		27	11	87
1	10	0.0	13.3	158	comun	s		27	11	87
1	11	0.0	12.0	258	desc	s		27	11	87
1	8	15.0	12.5	283	comun	s		27	11	87
1	9	15.0	13.5	430	comun	s		27	11	87
1	5	12.7	11.6	301	comun	s		27	11	87
4	1	17.4	19.4	613	desc	n	marca con sol	27	11	87
4	22	4.0	0.0	0	eleg	s	marca despres	24	12	87
4	1	2.0	0.0	0	eleg	n	marca despres	24	12	87
4	26	11.0	10.0	240	comun	s		24	12	87
4	27	11.0	11.0	205	comun	s		24	12	87
4	19	2.0	0.0	0	eleg	s	despresiable	24	12	87
4	9	9.8	9.9	165	comun	n	despresiable	24	12	87
4	10	9.8	12.0	140	comun	n		24	12	87
4	29	25.0	17.5	125	desc	s	zona inf/impres	24	12	87
4	30	25.0	13.2	250	comun	s	zona inf/impres	24	12	87
4	16	20.0	19.5	345	comun	n		24	12	87
4	20	3.0	0.0	0	eleg	s	despresiable	24	12	87
4	18	25.0	16.3	145	comun	n		24	12	87
4	27	17.0	16.6	180	comun	s		24	12	87
4	28	17.0	0.0	0		s	perdida	24	12	87
4	13	17.0	14.5	135	comun	n		24	12	87
4	14	17.0	12.4	152	comun	n		24	12	87

4	15	20.0	15.0	50	comun	n		24	12	87
4	17	25.0	16.0	93	comun	n		24	12	87
4	24	5.0	4.8	8	eleg	s		24	12	87
4	25	5.0	3.8	8	eleg	s		24	12	87
4	9	12.0	10.0	94	comer	n		7	1	88
1	1	20.0	17.0	250	comun	n		7	1	88
1	7	12.0	9.5	73	comun	s	marca quem/sol	7	1	88
4	5	20.0	17.0	250	comun	s		7	1	88
4	11	17.0	12.3	60	comun	n		7	1	88
1	3	17.0	12.0	95	eleg	s		7	1	88
4	10	15.0	12.3	75	comun	n		7	1	88
1	6	14.0	8.6	170	come	n		7	1	88
1	4	5.0	3.5	80	eleg	n		7	1	88
4	8	5.0	0.0	0	eleg	n	despresiable	7	1	88
1	2	17.0	12.7	145	comun	n		7	1	88
4	12	20.0	14.5	145	comun	n		7	1	88
4	13	0.0	0.0	0			bis12/arrançada	7	1	88
4	1	11.0	9.7	200	comun	s	dudosa	7	1	88
1	5	11.0	9.8	75	come	n		7	1	88
4	4	5.0	3.8	10	eleg	s	despresiable	7	1	88
4	3	15.0	12.0	140	comun	s		7	1	88
1	3	15.0	13.0	125	comun	n		7	1	88
4	6	3.0	5.2	27	eleg	n		7	1	88
4	5	9.8	0.0	115	eleg	s		26	1	88
4	6	9.8	8.0	190	eleg	s		26	1	88
4	5	5.0	5.8	70	eleg	s		26	1	88
4	2	17.0	14.2	87	comun	s		26	1	88
1	3	6.4	5.8	40	eleg	n		26	1	88
1	4	6.4	5.2	20	eleg	n		26	1	88
4	4	6.4	3.7	10	eleg	s		26	1	88
1	6	15.0	10.5	110	come	s		26	1	88
1	7	15.0	0.0	0		s	perdida	26	1	88
4	1	5.0	4.2	10	eleg	s		26	1	88
4	7	15.4	12.5	260	comun	s		26	1	88
4	8	15.4	12.5	250	comun	s		26	1	88
4	3	17.0	12.8	210	comun	s		26	1	88
4	11	30.0	15.7	290	comun			26	1	88
4	12	30.0	0.0	0			arrancada/impac	26	1	88
1	5	16.0	13.6	110	comun	n		26	1	88
1	6	16.0	11.0	50	comun	n	imp. lateral	26	1	88
5	9	20.0	15.8	170	comun	s		26	1	88
5	10	20.0	14.7	260	desc	s		26	1	88
1	3	9.8	60.0	9	eleg	n		26	1	88
1	4	0.0	0.0	0			perdida	0	0	0
1	7	20.0	16.0	260	comun	n		26	1	88
1	8	20.0	14.0	450	desc	n	marca rota	26	1	88
1	11	17.4	14.5	120	comun	n		26	1	88

1	12	17.4	12.5	90	comun	n		26	1	88
1	1	5.0	4.5	10	eleg	s		26	1	88
1	2	5.0	0.0	0		s	perdida	0	0	0
4	5	20.0	13.5	240	comun	n		18	2	88
4	6	20.0	13.3	140	comun	n		18	2	88
4	3	9.8	9.5	80	come			18	2	88
4	4	9.8	0.0	0			sin marca	18	2	88
4	8	4.0	0.0	0	eleg		despresiable	18	2	88
4	1	15.0	11.4	100	come	n		18	2	88
4	2	15.0	0.0	0			sin marca	18	2	88
4	9	5.5	0.0	0		s	sin marca	18	2	88
4	10	5.5	0.0	0		s	sin marca/bis 9	18	2	88
4	11	11.0	8.3	50	eleg	s		18	2	88

ARBOL = número de árbol.

NMZA = número de manzana.

DIMP = diámetro de la bolilla que impactó en la manzana, en mm.

DMAR = diámetro de la marca en mm.

PROF = profundidas de la marca en mm.

EVEC = evaluación comercial (elegida, común, descarte).

ORI = orientación (n: norte, s: sur)

OBS = observaciones

DIA = día

MES = mes

ANO = año

Tabla 4.3: Base de datos de daños en la variedad Red Delicious, correspondiente a la primer temporada de ensayos golpeando los frutos en la simulación de precipitaciones de granizo.

Anexo 4d

Base de Datos

Red Delicius 1988-89

ARBOL	MANZANA	FECHA	DIAMETRO	DMAR	UBICACION	VARIEDAD	COMENTARIO
1	2	1	10	6.75	a	r	
1	3	1	10	7.60		r	
2	1	1	10	6.50	m	r	
2	2	1	10	7.75	a	r	
1	4	1	15	8.60	m	r	
2		1	15	10.50	m	r	
2		1	15	11.00	m	r	
2	3	1	15	5.00	a	r	
2	4	1	20	10.50	m	r	
2	5	1	20	12.50	m	r	
2	6	1	20	16.00	m	r	rota por el sol
2	2	1	20	12.65	m	r	
2	1	1	20	14.40	b	r	
2	3	1	20	13.85	m	r	
1		1	5	4.20	m	r	
2	4	1	5	3.40		r	
2	6	1	5	7.00	m	r	
		1	5	3.00	m	r	
		1	5	2.50	a	r	
		1	5	3.20	b	r	
1	4	2	10	8.20	b	r	
1	6	2	10	7.20	m	r	
1	5	2	10	7.20	a	r	
2	1	2	10	6.10	m	r	
2	2	2	10	6.20	m	r	
2	3	2	10	5.80	b	r	
1	6	2	15	10.30	a	r	
1	1	2	15	9.25	m	r	
1	2	2	15	11.25	m	r	
2	4	2	15	9.00	m	r	
2	1	2	15	12.00	m	r	
2	7	2	15	10.10	m	r	
2	4	2	15	8.75	a	r	
2	6	2	15	9.50	m	r	
1	2	2	20	15.00	m	r	
2	6	2	20	14.10	m	r	
2	4	2	20	13.10	m	r	
1	4	2	25	15.20	m	r	
1	2	2	25	16.65	m	r	
1	3	2	25	18.85	m	r	
2	6	2	25	12.20	a	r	
2	4	2	25	16.10	m	r	
1	1	2	5	3.00	m	r	
1	2	2	5	2.60	m	r	
1	5	2	5	2.80	a	r	
1	3	2	5	0.20	m	r	
2	2	2	5	2.80	b	r	
2	4	2	5	2.00	b	r	
2	1	2	5	2.80	b	r	

1	6	3	10	7.50	m	r
1	4	3	10	6.45	m	r
1	5	3	10	5.80	m	r
1	2	3	10	8.00	m	r
1	1	3	10	7.25	a	r
1	3	3	10	4.50	m	r
2	6	3	10	6.85	a	r
2	1	3	10	6.40	a	r
2	3	3	10	5.10	m	r
2	2	3	10	7.70	a	r
1	3	3	15	12.00	a	r
1	1	3	15	10.40	m	r
2	1	3	15	11.05	m	r
2	3	3	15	9.20	a	r
2	2	3	15	10.30	m	r
2	5	3	15	10.95	m	r
3	1	3	15	8.40	m	r
1	3	3	20	13.70	a	r
1	6	3	20	15.85	b	r
1	4	3	20	10.35	a	r
1	2	3	20	15.20	a	r
2	3	3	20	15.85	a	r
2	1	3	20	14.50	a	r
2	6	3	20	12.90	m	r
2	2	3	20	14.90	m	r
2	5	3	20	12.70	a	r
2	4	3	20	13.90	m	r
1	5	3	25	16.50	m	r
1	1	3	25	17.35	m	r
2	3	3	25	16.00	a	r
2	1	3	25	10.10	m	r
2	2	3	25	13.75	m	r
1	6	3	5	0.00		r
1	5	3	5	2.80	m	r
2	4	3	5	0.00		r
2	1	3	5	2.70	m	r
1	3	4	10	5.40	m	r
1	6	4	10	5.35	m	r
1	5	4	10	5.30	m	r
1	4	4	10	4.80	m	r
3	2	4	10	4.00	m	r
3	6	4	10	4.90	m	r
3	1	4	10	6.00	m	r
1	5	4	15	18.35	m	r
1	5	4	15	8.55	a	r
1	4	4	15	4.65	a	r
1	2	4	15	10.10	m	r
1	1	4	15	9.40	m	r
3	3	4	15	7.50	m	r
3	5	4	15	9.50	m	r

3	6	4	15	10.80	m	r	
1	3	4	20	12.50	m	r	
1	2	4	20	31.00	m	r	muy dudosa/podrida
1	1	4	20	11.85	m	r	algo rota
1	5	4	20	14.65	m	r	rota
1	4	4	20	15.90	m	r	
3	3	4	20	13.00	a	r	
3	2	4	20	12.70	a	r	
3	1	4	20	11.30	a	r	
3	6	4	20	11.00	a	r	
3	5	4	20	13.65	m	r	
3	4	4	20	12.40	a	r	
1	1	4	25	15.80	b	r	
1	3	4	25	21.80	a	r	
1	2	4	25	24.50	a	r	rota
1	4	4	25	17.20	a	r	rota/pod/DMA RDUDOSA
3	1	4	25	15.50	m	r	
3	4	4	25	14.10	b	r	
3	2	4	25	17.50	a	r	rota
1	6	4	5	0.00		r	
3	2	4	5	2.50	a	r	no muy visible
3	6	4	5	0.00		r	
3	5	4	5	0.00		r	
3	3	4	5	0.00		r	

ARBOL = número de árbol.

MANZANA = número de manzana.

FECHA = fecha

DIAMETRO = diámetro de la bolilla que impactó en la manzana, en mm.

DMAR = diámetro de la marca en mm.

UBICACIÓN = ubicación (a: abajo, b: arriba, m: medio).

VARIEDAD = variedad (g: Granny Smith, r: Red Delicious).

COMENTARIOS = observaciones

Tabla 4.4: Base de datos de daños en la variedad Red Delicious, correspondiente a la segunda temporada de ensayos golpeando los frutos en la simulación de precipitaciones de granizo.

Anexo 5A

Evaluación de Daños Económicos Modelo 1

Localidad	Código Tormenta	Código Localidad	Día	Mes	Año	Superficie Dañada(Km2)	Daño Total %	Fruta Fresca %	Fruta Industria %	Fruta Pérdida %	SUPMANZ	RENDMANZ	DañoTotal U\$s
REGINA	81	12		11	1987	45	12	0	12	0	0.3992	23320	603245.491
CHICHINALES	81	6		11	1987	18	15	5	10	0	0.2959	15700	100345.608
CIPOLLETTI	82	5	22	12	1987	18	40	16	24	0	0.3746	29480	572479.903
ALLEN	83	1	22	12	1987	18	43	16	27	0	0.3235	25990	490340.855
GUERRICO	84	1	23	12	1987	18	33	12	21	0	0.3235	25990	381376.22
ROCA	85	9	23	12	1987	36	21	7	14	0	0.2811	19340	328797.948
CERVANTES	86	3	23	12	1987	36	14	4	10	0	0.2497	13830	149184.763
CENTENARIO	87	13	26	1	1988	36	61	24	37	0	0.4246	30410	2063867.83
NEUQUEN	88	15	26	1	1988	9	13	3	10	0	0.2661	27730	79692.6924
CIPOLLETTI	89	5	12	2	1988	9	13	3	10	0	0.3746	29480	119266.646
CERVANTES	90	3	12	2	1988	18	21	7	14	0	0.2497	13830	104429.334
ROCA	91	9	1	3	1988	54	40	16	24	0	0.2811	19340	845480.436
STEFENELLI	91	9	1	3	1988	9	100	2	74	24	0.2811	19340	622367.544
CERVANTES	92	3	1	3	1988	36	43	16	27	0	0.2497	13830	402798.861
HUERGO	92	10	1	3	1988	18	27	10	17	0	0.3709	17450	237659.368
MAINQUE	92	11	1	3	1988	27	23	7	16	0	0.2604	17680	238664.724
GODOY	93	8	8	3	1988	9	28	10	18	0	0.3499	21210	144271.608
REGINA	93	12	8	3	1988	27	31	12	19	0	0.3992	23320	573083.217
F.ORO	100	7	23	10	1988	18	10	0	10	0	0.3036	21970	144073.987
CINCO SALTOS	101	4	25	10	1988	9	49	19	30	0	0.4129	31110	416188.336
REGINA	102	12	25	10	1988	9	10	0	10	0	0.3992	23320	100540.915
CINCO SALTOS	103	4	25	10	1988	27	74	20	53	1	0.4129	31110	2261289.96
CHICHINALES	104	6	28	10	1988	72	40	16	24	0	0.2959	15700	963317.837
REGINA	105	12	5	1	1989	18	41	16	25	0	0.3992	23320	502704.576
CAMPO GRANDE	106	2		1	1989	9	15	5	10	0	0.3544	31120	119112.422
CIPOLLETTI	107	5	2	3	1989	36	43	16	27	0	0.3746	29480	1288079.78
ALLEN	108	1	23	3	1989	9	40	16	24	0	0.3235	25990	217929.269
PLOTTIER	109	16	23	3	1989	36	62	24	38	0	0.1667	25150	688241.621
ALLEN	110	1	23	3	1989	18	14	4	10	0	0.3235	25990	181607.724
CAMPO GRANDE	111	2	23	3	1989	9	30	12	18	0	0.3544	31120	214402.36
GUERRICO	120	1	23	3	1989	36	31	12	19	0	0.3235	25990	690109.351

NEUQUEN	121	15	9	10	1989	9	61	24	37	0	0.2661	27730	294862.962
HUERGO	122	10	7	11	1989	18	52	20	32	0	0.3709	17450	447358.81
GODOY	122	8	7	11	1989	36	62	24	38	0	0.3499	21210	1218293.58
REGINA	122	12	7	11	1989	18	54	20	34	0	0.3992	23320	683678.223
STEFENELLI	123	9	6	1	1990	27	87	15	70	2	0.2811	19340	1279963.44
CERVANTES	123	3	6	1	1990	27	77	21	55	1	0.2497	13830	630305.625
MAINQUE	124	11	6	1	1990	18	11	1	10	0	0.2604	17680	99443.6352
HUERGO	124	10	6	1	1990	9	22	8	14	0	0.3709	17450	97859.7396
NEUQUEN	126	15	10	2	1990	9	100	2	74	24	0.2661	27730	844742.539
CIPOLLETTI	126	5	10	2	1990	9	97	4	73	13	0.3746	29480	1077375.37
PLOTTIER	127	16	10	2	1990	36	68	20	47	1	0.1667	25150	875395.044
CHICHINALES	128	6	10	2	1990	36	40	16	24	0	0.2959	15700	481658.918
REGINA	129	12	10	2	1990	18	57	21	36	0	0.3992	23320	723894.589
HUERGO	131	10	25	3	1989	18	79	19	59	1	0.3709	17450	843457.756
CAMPO GRANDE	132	2	19	2	1990	9	59	23	36	0	0.3544	31120	428804.721
CINCO SALTOS	133	4	19	2	1990	9	23	8	15	0	0.4129	31110	208094.168
CINCO SALTOS	134	4	19	2	1990	18	27	10	17	0	0.4129	31110	471680.114
CERVANTES	135	3	12	3	1990	27	50	20	30	0	0.2497	13830	335665.717
F.ORO	136	7		2	1990	9	10	0	10	0	0.3036	21970	72036.9936
ALLEN	136	1		2	1990	18	88	15	71	2	0.3235	25990	1337843.57
CIPOLLETTI	136	5		2	1990	27	90	17	71	2	0.3746	29480	2635792.89
F.ORO	136	7		2	1990	9	70	22	47	1	0.3036	21970	348178.802
ALLEN	136	1		2	1990	36	86	14	70	2	0.3235	25990	2639365.59
GUERRICO	136	1		2	1990	27	95	10	72	13	0.3235	25990	2433543.5
ROCA	136	9		2	1990	90	84	22	60	2	0.2811	19340	3679405.6
STEFENELLI	137	9		2	1990	27	62	24	38	0	0.2811	19340	669338.679
CERVANTES	137	3		2	1990	81	84	22	60	2	0.2497	13830	2103505.16
MAINQUE	137	11		2	1990	27	86	14	70	2	0.2604	17680	1083935.62
HUERGO	137	10		2	1990	18	83	21	60	2	0.3709	17450	876077.669
GODOY	137	8		2	1990	36	63	24	39	0	0.3499	21210	1250353.93
REGINA	137	12		2	1990	9	91	17	71	3	0.3992	23320	754056.864
CHICHINALES	140	6		10	1990	27	100	2	74	24	0.2959	15700	1595495.17
REGINA	141	12				9	94	9	72	13	0.3992	23320	898165.509
CERVANTES	142	3	25	11	1990	54	69	21	47	1	0.2497	13830	1081589.53

HUERGO	142	10	25	11	1990	18	40	16	24	0	0.3709	17450	335519.107
ROCA	143	9	25	11	1990	63	53	20	33	0	0.2811	19340	1356291.53
CIPOLLETTI	144	5	25	11	1990	9	14	4	10	0	0.3746	29480	119266.646
F.ORO	144	7	25	11	1990	18	56	22	34	0	0.3036	21970	489851.556
ALLEN	144	1	25	11	1990	18	56	22	34	0	0.3235	25990	617466.262
NEUQUEN	145	15		12	1990	9	93	9	72	14	0.2661	27730	722547.078
CENTENARIO	146	13				18	54	20	34	0	0.4246	30410	948263.596
CINCO SALTOS	146	4				45	46	16	30	0	0.4129	31110	2080941.68
ROCA	147	9				9	12	2	10	0	0.2811	19340	58713.9192
ROCA	148	9	7	2	1991	9	30	12	18	0	0.2811	19340	105685.055
STEFENELLI	148	9	7	2	1991	27	57	21	36	0	0.2811	19340	634110.327
CERVANTES	149	3		3	1991	18	64	27	36	1	0.2497	13830	278478.225
CERVANTES	150	3		1	1991	18	48	18	30	0	0.2497	13830	223777.145
HUERGO	151	10		2	1991	18	17	9	11	0	0.3709	17450	153779.591
GODOY	152	8		2	1991	9	12	2	10	0	0.3499	21210	80150.8932
												Suma Total:	58551013.8
												Promedio Anual:	14637753.5

Tabla 5.1: Resumen de la Evaluación de Daños Económicos ocurridos durante los 4 años de operación plena de la Red de Impactómetros del Alto Valle.

Anexo 5B

Evaluación de Daños Económicos Modelo 2

Localidad	Código Tormenta	Código Localidad	Día	Mes	Año	Superficie Dañada(%)	Daño Total %	Fruta Fresca (%)	Fruta Industria(%)	Fruta Pérdida(%)	SUPMANZ	RENDMANZ	Daño Total U\$s
MAINQUE	161	11	15	10	1991	54	30	12	18	0	0.2604	17680	536995.63
GODOY	162	8	7	11	1991	18	5	0	5	0	0.3499	21210	80150.8932
REGINA	163	12	7	11	1991	18	5	0	5	0	0.3992	23320	100540.915
CERVANTES	164	3	21	11	1991	54	17	7	10	0	0.2497	13830	223777.145
HUERGO	165	10	21	11	1991	18	5	0	5	0	0.3709	17450	69899.814
CINCO SALTOS	166	4	22	1	1992	9	5	0	5	0	0.4129	31110	69364.7226
CIPOLLETTI	167	5	22	1	1992	9	5	0	5	0	0.3746	29480	59633.3232
CHICHINALES	169	6	29	1	1992	18	70	22	47	1	0.2959	15700	485003.772
CENTENARIO	170	13	12	2	1992	99	85	23	60	2	0.4246	30410	9612789.79
PLOTTIER	171	16	15	3	1992	18	65	24	40	1	0.1667	25150	374306.846
NEUQUEN	181	15	27	10	1992	9	10	0	10	0	0.2661	27730	79692.6924
ROCA	182	9	13	11	1992	18	8	0	8	0	0.2811	19340	93942.2707
ALLEN	186	1	20	11	1992	9	5	0	5	0	0.3235	25990	45401.931
CERVANTES	184	3	20	11	1992	9	5	0	5	0	0.2497	13830	18648.0954
STEFENELLI	185	9	20	11	1992	9	5	0	5	0	0.2811	19340	29356.9596
REGINA	183	12	20	11	1992	9	10	0	10	0	0.3992	23320	100540.915
NEUQUEN	187	15	3	12	1992	9	10	0	10	0	0.2661	27730	79692.6924
ROCA	188	9	9	12	1992	9	10	0	10	0	0.2811	19340	58713.9192
CENTENARIO	191	13	24	12	1992	9	5	0	5	0	0.4246	30410	69725.2644
ALLEN	201	1	4	11	1993	72	59	23	26	0	0.3235	25990	1888720.33
F.ORO	202	7	4	11	1993	9	50	20	30	0	0.3036	21970	216110.981
CIPOLLETTI	203	5	4	11	1993	27	70	22	47	1	0.3746	29480	1729366.37
ROCA	204	9	4	11	1993	18	35	15	20	0	0.2811	19340	234855.677
ROCA	205	9	4	11	1993	45	54	21	33	0	0.2811	19340	968779.667
CERVANTES	206	3	4	11	1993	18	70	22	47	1	0.2497	13830	360529.844
CERVANTES	207	3	4	11	1993	18	60	24	36	0	0.2497	13830	268532.574

NEUQUEN	208	15	5	11	1993	9	2	0	2	0	0.2661	27730	15938.5385
NEUQUEN	210	15	14	11	1993	9	10	0	10	0	0.2661	27730	79692.6924
ALLEN	211	1	14	11	1993	9	5	0	5	0	0.3235	25990	45401.931
PLOTTIER	212	16	18	11	1993	9	2	0	2	0	0.1667	25150	9055.8108
PLOTTIER	213	16	25	11	1993	18	6	0	6	0	0.1667	25150	54334.8648
MAINQUE	214	11	26	12	1993	144	52	20	32	0	0.2604	17680	2545757.06
CHICHINALES	215	6	26	12	1993	18	50	20	30	0	0.2959	15700	301036.824
REGINA	217	12	23	2	1994	9	2	0	2	0	0.3992	23320	20108.183
PLOTTIER	221	16	21	11	1994	18	99	2	73	24	0.1667	25150	950860.134
HUERGO	222	10	17	12	1994	36	23	8	14	0	0.3709	17450	391438.958
GODOY	222	8	17	12	1994	36	60	24	36	0	0.3499	21210	1154172.86
REGINA	222	12	17	12	1994	45	36	14	22	0	0.3992	23320	1105950.07
HUERGO	231	10	14	11	1995	18	70	22	47	1	0.3709	17450	675698.202
ALLEN	232	1	19	12	1995	18	20	7	13	0	0.3235	25990	236090.041
CIPOLLETTI	233	5	19	12	1995	18	30	12	18	0	0.3746	29480	429359.927
REGINA	234	12	19	12	1995	9	60	24	36	0	0.3992	23320	361947.295
CINCO SALTOS	241	4	18	11	1997	18	45	17	28	0	0.4129	31110	776884.893
F.ORO	242	7	18	11	1997	18	65	25	39	1	0.3036	21970	581098.415
CINCO SALTOS	242	4	18	11	1997	18	45	17	28	0	0.4129	31110	776884.893
REGINA	243	12	18	11	1997	18	38	14	24	0	0.3992	23320	482596.393
HUERGO	244	10	4	1	1998	18	10	0	10	0	0.3709	17450	139799.628
GODOY	244	8	4	1	1998	36	38	14	24	0	0.3499	21210	769448.575
REGINA	244	12	4	1	1998	126	47	17	30	0	0.3992	23320	4222718.44
CHICHINALES	244	6	4	1	1998	27	47	17	30	0	0.2959	15700	451555.236
											Sumatoria Total:	34432902.9	
											Promedio Anual:	5738817.15	

Tabla 5.2: Resumen de la Evaluación de Daños Económicos ocurridos durante desde Octubre de 1991 hasta Marzo de 1998, utilizando datos parciales desde la Red de Impactómetros del Alto Valle, Información Periodística del Diario Río Negro, y datos de la Secretaría Estado de Fruticultura de Río Negro.

Anexo 5C

Evaluación de Daños Económicos Modelo 3

Localidad	Código Tormenta	Día	Mes	Año	Superficie Daña (Km2)	Daño Total %	Código Localidad	Fruta Fresca(%)	Fruta Industria(%)	Fruta Perdida(%)	SUPMANZ	REND MANZ	Daño Total U\$s
C.SALTOS	1	14	1	1966	50	13	4	3	10	0	0.4129	31110	770719.14
CIPOLLETTI	1	14	1	1966	1	30	5	12	18	0	0.3746	29480	23853.32928
V.ALEGRE	1	14	1	1966	13	80	14	20	59	1	0.4808	31810	1439494.622
ALLEN	2	29	3	1966	30	0	1				0.3235	25990	0
CENTENARIO	2	29	3	1966	24	60	13	24	36	0	0.4246	30410	1338725.076
CIPOLLETTI	2	29	3	1966	55	60	5	24	36	0	0.3746	29480	2623866.221
F.ORO	2	29	3	1966	46	0	7				0.3036	21970	0
GUERRICO	2	29	3	1966	28	40	1	16	24	0	0.3235	25990	678002.1696
NEUQUEN	2	29	3	1966	34	60	15	24	36	0	0.2661	27730	1083820.617
ROCA	2	29	3	1966	12	0	9				0.2811	19340	0
REGINA	3	24	11	1966	4	2	12	0	2	0	0.3992	23320	8936.97024
CIPOLLETTI	4	26	11	1966	28	20	5	7	13	0	0.3746	29480	482367.3254
REGINA	5	13	1	1968	1	0	12				0.3992	23320	0
ALLEN	6	13	10	1968	16	40	1	16	24	0	0.3235	25990	387429.8112
F.ORO	6	13	10	1968	2	30	7	12	18	0	0.3036	21970	28814.79744
GUERRICO	6	13	10	1968	13	60	1	24	36	0	0.3235	25990	472180.0824
J.J.GOMEZ	6	13	10	1968	1	1	9	0	1	0	0.2811	19340	652.37688
CHICHINALES	7	13	10	1968	6	90	6	17	71	2	0.2959	15700	246404.2152
GODOY	7	13	10	1968	4	90	8	17	71	2	0.3499	21210	262419.9614
CIPOLLETTI	8	20	10	1968	8	0	5				0.3746	29480	0
F.ORO	8	20	10	1968	5	0	7				0.3036	21970	0
ALLEN	9	13	11	1968	2	0	1				0.3235	25990	0
GUERRICO	9	13	11	1968	6	0	1				0.3235	25990	0
J.J.GOMEZ	9	13	11	1968	2	0	9				0.2811	19340	0
ALLEN	10	19	11	1968	1	0	1				0.3235	25990	0
C.SALTOS	11	26	11	1968	2	10	4	0	10	0	0.4129	31110	30828.7656
REGINA	11b	26	11	1968	1	0	12				0.3992	23320	0
ROCA	11c	26	11	1968	14	3	9	0	3	0	0.2811	19340	27399.82896
ALLEN	12	26	11	1968	36	3	1	0	3	0	0.3235	25990	108964.6344
CIPOLLETTI	12	26	11	1968	20	3	5	0	3	0	0.3746	29480	79511.0976

F.ORO	12	26	11	1968	20	3	7	0	3	0	0.3036	21970	48024.6624
GUERRICO	12	26	11	1968	24	3	1	0	3	0	0.3235	25990	72643.0896
GODOY	13	14	4	1969	5	0	8				0.3499	21210	0
REGINA	13	14	4	1969	22	0	12				0.3992	23320	0
C.SALTOS	14	13	11	1969	5	0	4				0.4129	31110	0
CIPOLLETTI	14	13	11	1969	5	0	5				0.3746	29480	0
CHICHINALES	15	27	11	1969	14	10	6	0	10	0	0.2959	15700	78046.584
GODOY	15	27	11	1969	15	10	8	0	10	0	0.3499	21210	133584.822
REGINA	15	27	11	1969	23	30	12	12	18	0	0.3992	23320	462488.2099
C.SALTOS	16	20	1	1970	15	0	4				0.4129	31110	0
ALLEN	17	27	1	1970	24	80	1	20	59	1	0.3235	25990	1460933.246
GODOY	18	27	1	1970	1	0	8				0.3499	21210	0
CIPOLLETTI	19	7	1	1970	8	10	5	0	10	0	0.3746	29480	106014.7968
C.SALTOS	20	3	1	1970	24	90	4	17	71	2	0.4129	31110	2725262.879
CENTENARIO	20	3	1	1970	24	90	13	17	71	2	0.4246	30410	2739428.166
CIPOLLETTI	21	3	1	1970	12	70	5	22	47	1	0.3746	29480	768607.2768
NEUQUEN	21	3	1	1970	11	30	15	12	18	0	0.2661	27730	175323.9233
ALLEN	22	28	1	1970	28	30	1	12	18	0	0.3235	25990	508501.6272
C.CORDERO	23	16	2	1971	18	0	4				0.4129	31110	0
C.GRANDE	23b	16	2	1971	1	0	2				0.3544	31120	0
C.SALTOS	23	16	2	1971	9	0	4				0.4129	31110	0
CHICHINALES	24	1	10	1971	1	0	6				0.2959	15700	0
GODOY	24b	1	10	1971	1	0	8				0.3499	21210	0
ROCA	25	16	12	1971	1	0	9				0.2811	19340	0
ALLEN	26	4	1	1972	9	1	1	0	1	0	0.3235	25990	9080.3862
CIPOLLETTI	26	4	1	1972	9	1	5	0	1	0	0.3746	29480	11926.66464
F.ORO	26	4	1	1972	27	1	7	0	1	0	0.3036	21970	21611.09808
ROCA	26b	4	1	1972	1	1	9	0	1	0	0.2811	19340	652.37688
GODOY	27	21	1	1972	14	70	8	22	47	1	0.3499	21210	602615.9748
REGINA	27	21	1	1972	7	70	12	22	47	1	0.3992	23320	377959.3664
ALLEN	28	6	11	1972	8	50	1	20	30	0	0.3235	25990	242143.632
GUERRICO	28	6	11	1972	15	50	1	20	30	0	0.3235	25990	454019.31
C.GRANDE	29b	6	11	1972	1	0	2				0.3544	31120	0
CENTENARIO	29	6	11	1972	4	0	13				0.4246	30410	0

NEUQUEN	29	6	11	1972	6	0	15					0.2661	27730	0
C.GRANDE	30	11	12	1972	1	0	2					0.3544	31120	0
NEUQUEN	30b	11	12	1972	1	0	15					0.2661	27730	0
C.SALTOS	31	30	1	1973	1	0	4					0.4129	31110	0
C.SALTOS	32	5	10	1973	4	20	4					0.4129	31110	0
CIPOLLETTI	32	5	10	1973	25	70	5	22	47	1		0.3746	29480	1601265.16
NEUQUEN	32	5	10	1973	13	70	15	22	47	1		0.2661	27730	556373.0562
ROCA	33	18	10	1973	1	0	9					0.2811	19340	0
CENTENARIO	34	4	10	1973	1	20	13	7	13	0		0.4246	30410	20142.85416
CIPOLLETTI	34	4	10	1973	9	50	5	20	30	0		0.3746	29480	357799.9392
NEUQUEN	34	4	10	1973	1	20	15	7	13	0		0.2661	27730	11511.16668
HUERGO	35	5	1	1975	25	70	10	22	47	1		0.3709	17450	938469.725
MAINQUE	35	5	1	1975	11	55	11	22	33	0		0.2604	17680	200544.6643
CHICHINALES	36	3	1	1975	10	80	6	20	59	1		0.2959	15700	336343.612
REGINA	36	3	1	1975	15	80	12	20	59	1		0.3992	23320	1010994.758
NEUQUEN	37	21	10	1975	1	0	15					0.2661	27730	0
NEUQUEN	38	11	10	1976	10	0	15					0.2661	27730	0
CHICHINALES	39	28	10	1976	14	60	6	24	36	0		0.2959	15700	280967.7024
CHICHINALES	40	29	1	1977	7	60	6	24	36	0		0.2959	15700	140483.8512
REGINA	40	29	1	1977	8	50	12	20	30	0		0.3992	23320	268109.1072
GUERRICO	41	13	12	1977	21	100	1	2	74	24		0.3235	25990	2245882.187
ALLEN	42	29	12	1977	35	80	1	20	59	1		0.3235	25990	2130527.651
CIPOLLETTI	42	29	12	1977	24	25	5	9	16	0		0.3746	29480	508871.0246
F.ORO	42	29	12	1977	15	30	7	12	18	0		0.3036	21970	216110.9808
GUERRICO	42	29	12	1977	11	30	1	12	18	0		0.3235	25990	199768.4964
GODOY	43	12	1	1978	3	70	8	22	47	1		0.3499	21210	129131.9946
REGINA	43	12	1	1978	22	70	12	22	47	1		0.3992	23320	1187872.294
CIPOLLETTI	44	12	1	1978	1	0	5					0.3746	29480	0
GUERRICO	45	16	12	1978	1	0	1					0.3235	25990	0
CIPOLLETTI	46	22	12	1978	31	2	5	0	2	0		0.3746	29480	82161.46752
F.ORO	46	22	12	1978	2	10	7	0	10	0		0.3036	21970	16008.2208
CERVANTES	47	1	1	1979	25	30	3	12	18	0		0.2497	13830	186480.954
STEFENELLI	47	1	1	1979	10	50	9	20	30	0		0.2811	19340	195713.064
ALLEN	48	4	3	1979	3	0	1					0.3235	25990	0

CERVANTES	49	3	3	1980	25	10	3	0	10	0	0.2497	13830	103600.53
HUERGO	49	3	3	1980	15	80	10	20	59	1	0.3709	17450	702881.463
MAINQUE	49	3	3	1980	17	30	11	12	18	0	0.2604	17680	169054.1798
ROCA	49	3	3	1980	35	50	9	20	30	0	0.2811	19340	684995.724
CHICHINALES	50	14	10	1980	1	70	6	22	47	1	0.2959	15700	26944.654
REGINA	51	18	11	1980	1	20	12	7	13	0	0.3992	23320	14522.57664
CERVANTES	52	31	1	1981	22	70	3	22	47	1	0.2497	13830	440647.5876
ROCA	52	31	1	1981	16	70	9	22	47	1	0.2811	19340	504504.7872
C.SALTOS	53	6	2	1981	6	0	4				0.4129	31110	0
ROCA	54	6	2	1981	16	0	9				0.2811	19340	0
CHICHINALES	55	28	12	1981	5	80	6	20	59	1	0.2959	15700	168171.806
GODOY	55	28	12	1981	4	20	8	7	13	0	0.3499	21210	46309.40496
REGINA	55	28	12	1981	21	30	12	12	18	0	0.3992	23320	422271.8438
CHICHINALES	56		12	1981	5	70	6	22	47	1	0.2959	15700	134723.27
REGINA	56		12	1981	2	70	12	22	47	1	0.3992	23320	107988.3904
MAINQUE	57	0	0	1982	11	70	11	22	47	1	0.2604	17680	293727.0336
CERVANTES	58	1	11	1982	8	80	3	20	59	1	0.2497	13830	200018.0899
HUERGO	58	1	11	1982	12	80	10	20	59	1	0.3709	17450	562305.1704
MAINQUE	58	1	11	1982	28	80	11	20	59	1	0.2604	17680	933296.9318
ALLEN	59	3	12	1982	5	80	1	20	59	1	0.3235	25990	304361.093
GUERRICO	59	3	12	1982	19	0	1				0.3235	25990	0
J.J.GOMEZ	59	3	12	1982	10	0	9				0.2811	19340	0
CHICHINALES	60	4	12	1982	1	10	6	0	10	0	0.2959	15700	5574.756
REGINA	61	12	12	1982	7	30	12	12	18	0	0.3992	23320	140757.2813
CHICHINALES	62	12	12	1982	4	40	6	16	26	0	0.2959	15700	57977.4624
NEUQUEN	63	25	1	1983	9	1	15	0	1	0	0.2661	27730	7969.26924
GUERRICO	64	22	2	1983	12	75	1	21	53	1	0.3235	25990	657823.5336
ROCA	64	22	2	1983	33	75	9	21	53	1	0.2811	19340	1169711.746
ROCA	65	1	3	1983	24	60	9	24	36	0	0.2811	19340	563653.6243
CERVANTES	66	8	12	1983	16	40	3	16	24	0	0.2497	13830	159130.4141
ROCA	66	8	12	1983	45	50	9	20	30	0	0.2811	19340	880708.788
ALLEN	67	10	12	1983	23	30	1	12	18	0	0.3235	25990	417697.7652
CIPOLLETTI	67	10	12	1983	20	50	5	20	30	0	0.3746	29480	795110.976
F.ORO	67	10	12	1983	15	60	7	24	36	0	0.3036	21970	432221.9616

CERVANTES	68	16	2	1984	14	40	3	16	24	0	0.2497	13830	139239.1123
CHICHINALES	68	16	2	1984	4	10	6	0	10	0	0.2959	15700	22299.024
GODOY	68	16	2	1984	8	30	8	12	8	0	0.3499	21210	56996.19072
HUERGO	68	16	2	1984	7	50	10	20	30	0	0.3709	17450	163099.566
MAINQUE	68	16	2	1984	20	30	11	12	18	0	0.2604	17680	198887.2704
REGINA	68	16	2	1984	28	50	12	20	30	0	0.3992	23320	938381.8752
CHICHINALES	69	28	12	1984	1	0	6				0.2959	15700	0
GODOY	70	1	1	1985	18	30	8	12	18	0	0.3499	21210	288543.2155
HUERGO	70	1	1	1985	18	30	10	12	18	0	0.3709	17450	251639.3304
REGINA	70	1	1	1985	9	30	12	12	18	0	0.3992	23320	180973.6474
MAINQUE	71	11	12	1985	3	0	11				0.2604	17680	0
ROCA	72	16	1	1986	13	60	9	24	36	0	0.2811	19340	305312.3798
												Suma Total:	47568826.79
												Promedio Anual:	2378441.34

Tabla 5.3: Resumen de la Evaluación de Daños Económicos, a partir de información periodística, extraída del diario Río Negro, desde Octubre de 1967 hasta Marzo de 1986, cubriendo dos décadas de datos.