

# Relación entre el viento Puelche y la ocurrencia de incendios forestales en la Región del Bío Bío, Chile

Relação entre o vento Puelche e a ocorrência de incêndios  
florestais na região do Bío Bío, Chile

The relation between Puelche wind and the occurrence of forest  
fires in Bío Bío region, Chile

Juan Carlos Inzunza<sup>1</sup>

*Recepción: 09-mar-2009/Modificación: 02-jun-2009/Aceptación: 03-jun-2009*  
*Se aceptan comentarios y/o discusiones al artículo*

---

## Resumen

Se estudia la relación entre el viento Puelche y los incendios forestales en la región del Bío Bío. Se aplicaron diferentes pruebas estadísticas, para analizar la relación entre la ocurrencia de viento Puelche y la frecuencia de incendios forestales en la región. Los resultados entre el número total de incendios por temporada y los días con viento Puelche son estadísticamente no significativos entre esas variables. Cuando se analizó los promedios de incendios por día, producidos con y sin viento Puelche, para cada temporada, los valores más elevados de ocurrencia de incendios por día se presentaron cuando hay viento Puelche, lo que indica un fuerte efecto de este evento en la ocurrencia diaria de incendios, ya que estos aumentan en un 90% en relación al número de días en que no hay Puelche. Los resultados de la diferencia entre el número de incendios con y sin viento Puelche respecto al número promedio del total de incendios, muestran que los días con viento Puelche superan tanto al valor

---

<sup>1</sup> Doctor en Ciencias de la atmósfera, jinzunza@udec.cl, profesor asociado, Facultad de Ciencias físicas y matemáticas, Universidad de Concepción, Concepción–Chile.

total como al valor promedio sin eventos Puelche, resultados que confirman el fuerte efecto que tiene un día con Puelche sobre los incendios forestales. En la provincia de Concepción se produce el mayor número de incendios con viento Puelche, siendo la más afectada a pesar de ser la que tiene menor superficie de la región, pero es la más poblada y con una mayor superficie de bosques y plantaciones en relación a su tamaño. Por lo tanto, con viento Puelche aumenta la ocurrencia de incendios forestales y se favorece su propagación.

**Palabras claves:** viento Puelche, incendios forestales, coeficientes de correlación, test estadísticos, frecuencia de incendios.

### Resumo

Se estuda a relação entre o vento Puelche e os incêndios florestais la Região do Bío Bío. Se aplicaram diferentes provas estadísticas, para analisar a relação entre a ocorrência do vento Puelche e a frequência de incêndios florestais na região. Os resultados entre o número total de incêndios por temporada e os dias com vento Puelche são estatisticamente não significativos entre essas variáveis. Quando se analisou as medias de incêndios por dia, produzidos com e sem vento Puelche, para cada temporada, os valores mais elevados de ocorrência de incêndios por dia se apresentavam quando existia vento Puelche, o que indica que um forte efeito de este vento na ocorrência diária de incêndios, pois que estes aumentam em um 90% em relação ao número de dias em que não existe Puelche. Os resultados da diferença entre os números de incêndios com e sem vento respeito ao número médio do total de incêndios, mostram que os dias com vento Puelche superam tanto o valor total como o valor médio sem eventos Puelche, resultados que confirma o forte efeito que tem um dia com Puelche sobre os incêndios florestais. Na província de Concepción se produz a maior quantidade de incêndios com vento Puelche, sendo a mais afetada a pesar de ser a que tem a menor superfície da região, mas é a mais populosa y com a maior superfície de bosques e planificações em relação ao seu tamanho. Por isso, com o vento Puelche aumenta a ocorrência de incêndios florestais e favorece a sua propagação.

**Palavras chaves:** vento Puelche, incêndios florestais, coeficientes de correlação, testes estadísticos, frequência de incêndios.

### Abstract

This paper presents a study of the relation between Puelche wind and forest fires in the Bío Bío Region, Chile. To establish a relationship between Puelche wind and forest fire generation, different data analysis methods and statistics test were applied. The relation between the total number of fires in the season and the days with Puelche wind were not statistically significant. When analyzing daily averages of fires produced with and without Puelche wind for each season, the highest daily fire occurrence values were found when there is Puelche wind, indicating that this event produces a strong effect on the daily

occurrence of fires since these increased by 90% in comparison to the days without Puelche wind. The results of the difference between the number of fires with and without Puelche wind with respect to the average number of total fires indicate that the days with Puelche wind surpass both the total and the average values for days without Puelche wind, confirming the strong effect that a Puelche wind day has on forest fires. The greatest number of fires produced with Puelche wind occurs in the Province of Concepción. This Province is the most affected by Puelche wind conditions despite having the smallest surface area for the region studied. Still, it is the most populous province of the region and has the greatest surface area with forests and plantations with respect to its size. Consequently, Puelche wind is a factor that increases the occurrence of forest fires and favors their propagation.

**Key words:** Puelche wind, forest fires, correlation coefficients, statistical tests, fire frequency.

---

## 1 Introducción

Los incendios forestales son un problema constante en los ecosistemas naturales de todo el mundo. Se estima que anualmente se pierden 10 a 15 millones de hectáreas de bosques en regiones boreales, australes y subtropicales, mientras que 20 a 40 millones de hectáreas se pierden en bosques tropicales [1]. En Chile el problema no resulta menor, según [2] la ocurrencia de incendios forestales se incrementó en forma significativa a partir de 1972, año en que se reportaban menos de 1000 incendios por temporada, hasta llegar a 7500 incendios en la temporada 2002–2003.

La ocurrencia de incendios forestales está condicionada por fenómenos de larga duración, por variaciones climáticas de corto, mediano y largo alcance, vulcanismo, etcétera. Estos fenómenos determinan, a su vez, la probabilidad de ocurrencia por causas naturales y antropogénicas [3].

Uno de los fenómenos que se presume favorece la ocurrencia y propagación de los incendios forestales en la zona central de Chile, es el viento Puelche. Es un sistema de vientos de mesoescala que en otras partes del mundo es conocido como viento Foehn, el cual se forma en las laderas norte de Los Alpes en Alemania; Chinook en Norteamérica, que se forma al este de las Montañas Rocosas; Santa Ana en California; Aspre en Francia o Zonda en Argentina, que se origina al este de la cordillera de los Andes. En Chile, al viento que

desciende por la ladera oeste de la cordillera de los Andes, en la zona del valle de Elqui se conoce como Terral y en la parte baja del Cajón del Maipú en Chile central, se conoce como Raco [4]. El viento Puelche se produce cuando un flujo de aire desciende desde una cordillera, lo que produce la compresión de la masa de aire y su calentamiento adiabático a sotavento de la cadena montañosa, acompañado de un fuerte secamiento de la masa de aire por la elevación de temperatura y el efecto de retención de humedad a barlovento de la cordillera. Este comportamiento denominado “efecto Foehn” origina en el lado de sotavento temperaturas elevadas y valores muy bajos de la humedad del aire, acompañado todo ello de fuertes ráfagas de viento, lo que junto a la escasez de nubosidad que acompaña, en general, a este tipo de situaciones y los elevados valores que alcanza la radiación solar directa en época estival, con fuertes tasas de evaporación y desecación del combustible, dan origen a un rápido incremento de la probabilidad de ignición y a unas condiciones muy propicias para el rápido desarrollo de los incendios forestales [5, 6].

En [7] se afirma que las características más importantes asociadas al viento Foehn (o Puelche en la región de este estudio) son:

- Un cambio abrupto en la temperatura, la cual puede aumentar en sólo pocas horas en varios grados Celsius.
- Cambios bruscos en la humedad relativa, la que en casos extremos puede descender en más de un 50%.
- Dirección del viento proveniente desde la montaña, con ráfagas de grandes intensidades, que pueden superar los 20 m/s.

Por las características de este viento, la presencia del Puelche en época de verano seca el suelo, los pastizales y los bosques, creando condiciones favorables para la generación y propagación de incendios forestales. A nivel mundial, al viento Foehn siempre se le relaciona con propagación y desarrollo de incendios forestales. En Suiza, [8], concluyeron que en presencia de Foehn la superficie promedio quemada por día era de 50 hectáreas y en días normales el promedio era sólo de 12,2 hectáreas. En el año 2003 en California, devastadores incendios quemaron 300 mil hectáreas en una semana y se presume que uno de los factores que ayudó a la rápida propagación de los incendios fue el viento Foehn, conocido en la región como Santa Ana, que alcanzó velocidades

de 25–40 km/h, llegando incluso a ráfagas de 60 km/h [9]. En Chile se cita un ejemplo de hace algunos años: en la temporada de incendios 2003–2004, el siniestro más grande en la Región del Bío Bío, en donde se quemaron sobre 1000 hectáreas en la comuna de Hualqui, el viento Puelche jugó un papel preponderante en la propagación y formación de focos satélites.

En el presente trabajo, usando diferentes pruebas estadísticas, se describen las relaciones existentes entre el viento Puelche con la ocurrencia y propagación de incendios forestales y se determina si existen diferencias significativas entre el promedio de ocurrencia de incendios por temporada con viento Puelche y sin viento Puelche, en la Región del Bío Bío, ubicada en la zona central de Chile.

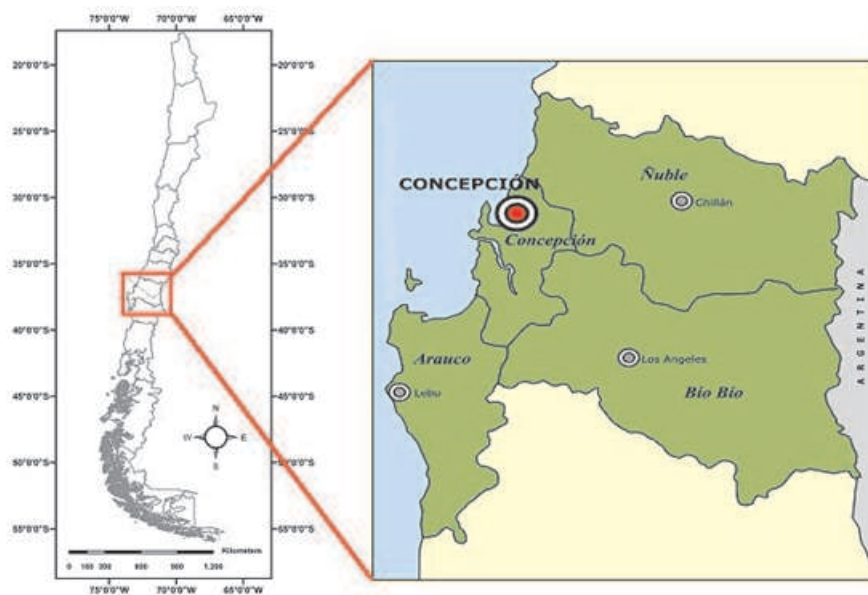
## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Datos

El estudio analizó los datos registrados en las provincias de la Región del Bío Bío (figura 1). La base de datos de ocurrencia de incendios forestales fue obtenida de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y abarca el periodo comprendido entre 1985–2003 para las temporadas de incendio, considerada desde noviembre hasta abril. Los datos de viento fueron obtenidos en el Departamento de Geofísica (DGF) de la Facultad de Ciencias físicas y matemáticas de la Universidad de Concepción. Son registros horarios de la dirección, en grados y de la rapidez del viento, en m/s. Los datos provienen de la estación meteorológica Carriel Sur ( $36^{\circ}46'S$ ;  $73^{\circ}04'W$ ) para el periodo 1981–1994 y de la estación meteorológica Bellavista ( $36^{\circ}44'S$ ;  $73^{\circ}05'W$ ) en el periodo comprendido entre 1994–1999. Los datos de temperatura y humedad relativa también fueron obtenidos de la estación Bellavista y abarcan el periodo 1989–1999, estos últimos son datos medidos en las horas sinópticas 09, 15 y 21 hora local de verano.

### 2.2 Identificación de eventos de viento Puelche

Para cada temporada de incendio, que comprende el periodo entre el primero de noviembre y el 30 de abril del año siguiente, se siguió la siguiente meto-



**Figura 1:** ubicación de la región del Bío Bío, Chile

dología para identificar los posibles eventos de viento Puelche: se elaboró una planilla Excel con todos los datos agrupados en mes, día, hora, dirección y velocidad del viento. Luego se confeccionaron gráficos de doble eje, cada cinco días, para representar la dirección y velocidad del viento. Posteriormente la información disponible se filtró aplicando tres restricciones a la dirección y velocidad del viento, considerando que en esta zona el viento Puelche tiene una dirección con componente del este, descendiendo de la cordillera de los Andes. Se eligieron los casos siguientes:

- Todas las horas, viento con dirección entre  $50^\circ$  y  $180^\circ$  y rapidez mayor que 5 m/s,
- Entre las 0 y 6 AM, viento con dirección entre  $50^\circ$  y  $180^\circ$  y rapidez mayor que 5 m/s,
- Entre las 0 y 6 AM, viento de todas las direcciones con rapidez mayor que 10 m/s.

Con los datos filtrados, y para cada restricción anterior, analizando los valores en forma gráfica se seleccionaron días en los cuales las variables mostrarán características típicas de viento Puelche según el criterio definido en [7], es decir, alta intensidad del viento, súbito aumento de temperatura y abrupta caída de la humedad relativa.

### 2.3 Método de análisis

El número promedio de incendios,  $N$ , ocurridos en días con viento Puelche y sin viento Puelche, para cada temporada, se determinó de la forma

$$N = \frac{N_t}{n},$$

donde  $N_t$  es el número total de incendios ocurridos en la temporada y  $n$  el número total de eventos con viento Puelche o sin Puelche, según sea el caso.

Se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre número de incendios de la temporada y número de días con viento Puelche, y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre el número de incendios para días con viento Puelche y el número de días con viento Puelche. Se aplicó un test de normalidad con el programa estadístico XLSTAT al número promedio de incendios diarios para días con viento Puelche y sin viento Puelche para cada temporada. Posteriormente se realizó la prueba de hipótesis *t student* de diferencia de promedios  $\mu$  para dos muestras independientes, con un valor de umbral de significación  $\alpha = 0,1$ , donde las hipótesis son:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

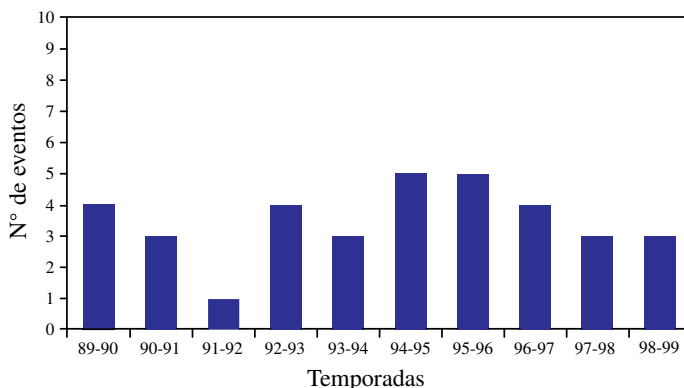
$$H_1 : \mu_1 > \mu_2 .$$

La hipótesis nula  $H_0$  indica que no existen diferencias entre los promedios  $\mu_1$  y  $\mu_2$ , mientras que la hipótesis alterna  $H_1$  indica que el promedio del número de incendios para días con viento Puelche  $\mu_1$  es mayor que el promedio  $\mu_2$  del número de incendios sin este fenómeno.

### 3 Resultados

#### 3.1 Casos de viento Puelche e incendios forestales

En las 10 temporadas del periodo comprendido entre 1989 y 1999, se detectaron 35 eventos que mostraban características de viento Puelche según el criterio de [7], dando un promedio de 3,5 casos por temporada. El número de casos por temporada se muestra en la figura 2. Las temporadas consecutivas 94–95 y 95–96 registran el mayor número de eventos de viento Puelche, ambas con cinco casos, mientras que la temporada 91–92 se presenta como la más baja, con un sólo evento.



**Figura 2:** eventos de viento Puelche por temporada de incendios, periodo 1989–1999

El número de incendios bajo la presencia de días con viento Puelche registró un promedio de 86 siniestros por temporada (tabla 1) y representa sólo alrededor del 4 % del total de incendios desde noviembre a abril. Sin embargo este porcentaje, no es un parámetro significativo pues sólo contabiliza los incendios que ocurren en 3,5 días por temporada de un total de 174 días. Más adelante se evalúa la situación del número de incendios por cada día en que hubo viento Puelche, parámetro que es más representativo para realizar algún tipo de análisis.



**Tabla 1:** cuadro resumen del número de incendios por temporada, para días con viento Puelche y días sin viento Puelche

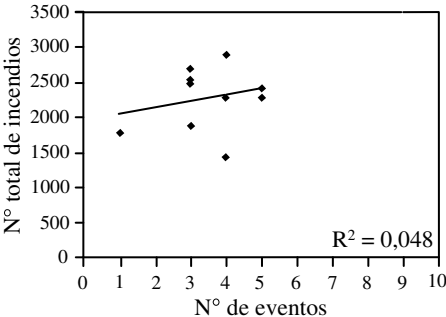
Temporada	Días por temporada	Días sin Puelche	Nº total de incendios	Días con Puelche	Nº incendios días con Puelche	Nº incendios días sin Puelche
89 – 90	180	176	1417	4	41	1376
90 – 91	156	153	2483	3	102	2381
91 – 92	169	168	1745	1	10	1735
92 – 93	178	174	2914	4	153	2761
93 – 94	175	172	2667	3	83	2584
94 – 95	177	172	2355	5	109	2246
95 – 96	176	171	2238	5	89	2149
96 – 97	171	167	2276	4	104	2172
97 – 98	180	177	1862	3	80	1782
98 – 99	180	177	2531	3	88	2443
<b>Promedio</b>	174	171	2249	4	86	2163

### 3.2 Correlación entre número total de incendios y viento Puelche

Para confirmar el bajo porcentaje de ocurrencia de incendios en días con viento Puelche señalado en el párrafo anterior, se calculó el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) entre el número de incendios de la temporada y los días con viento Puelche, obteniéndose un valor de 0,048, es decir, la cantidad de días con viento Puelche en la temporada no tiene una incidencia mayor en el número de incendios que se reporta cada año. La figura 3 muestra la relación entre el número de eventos de viento Puelche y el número total de incendios para cada una de las 10 temporadas. Esta baja relación puede explicarse debido a que no se definieron magnitudes de viento Puelche y durante el periodo se observó este fenómeno con intensidades variables.

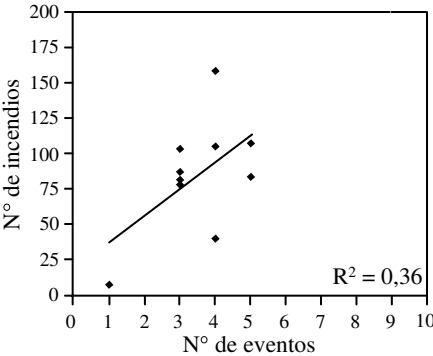
### 3.3 Correlación entre número de incendios con viento Puelche y viento Puelche

El análisis de correlación entre el número de incendios ocurridos con viento Puelche y el número de días con este fenómeno determinó que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es 0,36, es decir, la variación del número de días con viento Puelche explica en un 36 % la variación del número de incendios que hay bajo este evento. La relación entre estas variables se muestra en la figura



**Figura 3:** diagrama de dispersión y línea de tendencia entre el número total de incendios para cada temporada y el número de eventos de viento Puelche, en el periodo 1989–1999

4. Es un valor bajo, por lo que una vez más se concluye que la intensidad del evento debe jugar un rol importante en la generación de incendios forestales.



**Figura 4:** diagrama de dispersión y línea de tendencia para la ocurrencia de incendios de la temporada para días con viento Puelche y el número de días con viento Puelche en el periodo 1989–1999

Los resultados encontrados muestran la relación que existe entre el viento Puelche y la ocurrencia de incendios a nivel general, es decir, valores globales por temporada, enumerados en la tabla 1.

### 3.4 Comparación entre el número de incendios en días con y sin viento Puelche

Desde otro punto de vista, para tener una interpretación diferente del efecto del viento Puelche en los incendios forestales, se analizó los promedios de incendios por día, producidos con viento Puelche y sin viento Puelche, para cada temporada, resultados que se resumen en la tabla 2. Los valores medios más elevados de ocurrencia de incendios por día se presentaron cuando hay viento Puelche. A excepción de la temporada 91–92, el promedio de ocurrencia diaria de incendios forestales siempre fue mayor cuando se presentó este fenómeno que en aquellos días en que no hubo registros de viento Puelche. En el periodo total analizado se observa que el promedio general del número de incendios en condiciones de viento Puelche es de 24,2 por día, mientras que sin viento Puelche este valor es de 12,7 (tabla 2). Estos valores medios indican un fuerte efecto del viento Puelche en la ocurrencia de incendios por día, ya que estos aumentan en un 90 % en relación a días en que no hay viento Puelche.

**Tabla 2:** promedio de ocurrencia diaria de incendios de la temporada, para días con viento Puelche y sin viento Puelche

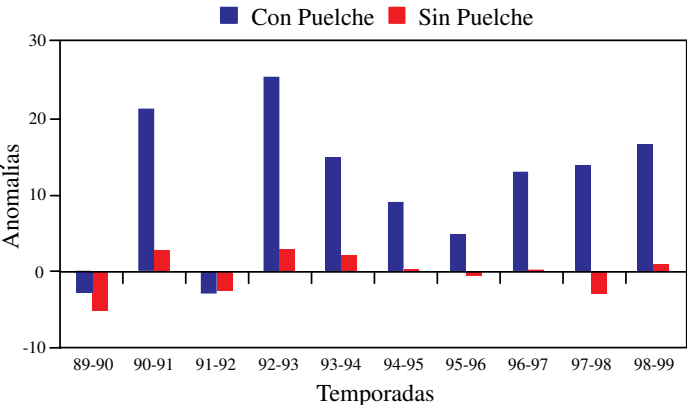
Temporada	Promedio de incendios de la temporada	Promedio de incendios con Puelche	Promedio de incendios sin Puelche
89 – 90	7,9	10,3	7,8
90 – 91	15,9	34,0	15,6
91 – 92	10,3	10,0	10,3
92 – 93	16,4	38,3	15,9
93 – 94	15,2	27,7	15,0
94 – 95	13,3	21,8	13,1
95 – 96	12,7	17,8	12,6
96 – 97	13,3	26,0	13,0
97 – 98	10,3	26,7	10,1
98 – 99	14,1	29,3	13,8
<b>Promedio</b>	12,9	24,2	12,7

La explicación se debe a que las condiciones meteorológicas durante el viento Puelche (alta temperatura, baja humedad relativa y fuertes ráfagas de viento) favorecen la propagación de los incendios, y la formación de focos satélites ocurre con mayor facilidad. Este resultado concuerda, por ejemplo, con lo registrado en la zona de California, EEUU, donde la ocurrencia de

incendios forestales experimenta una significativa alza cuando se presenta el viento Foehn en otoño o en la región sur de Suiza, donde la ocurrencia de incendios también es mayor en días cuando hay viento Foehn [8].

### 3.5 Anomalías de incendios para días con viento Puelche

Se calculó también la diferencia entre el número de incendios con viento Puelche y sin viento Puelche respecto al número promedio del total de incendios en el periodo, llamada la anomalía del número de incendios. Este análisis muestra que sólo en dos temporadas el promedio de incendios en días con viento Puelche fue menor que el promedio. El resto de las temporadas supera ampliamente tanto al valor total como al valor promedio sin viento Puelche (figura 5). Estos resultados no hacen más que confirmar el fuerte efecto que tiene un día con viento Puelche, pues sus particulares características elevan el riesgo y preparan a la vegetación para que con mayor facilidad se produzca la generación y propagación de los incendios forestales.



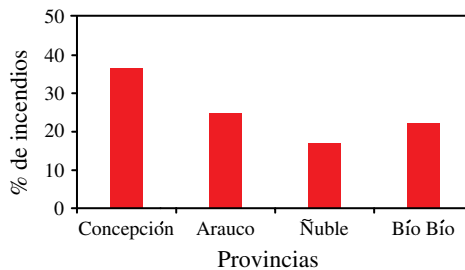
**Figura 5:** gráfico de las anomalías con respecto al promedio de la ocurrencia diaria de incendios con viento Puelche y sin viento Puelche

### 3.6 Análisis estadístico

El análisis estadístico para las dos series de datos determinó que cumplen con la condición de normalidad, por lo tanto fue posible aplicar la prueba de *t student* de diferencias de promedios para muestras independientes. Los resultados demuestran que con un umbral de significancia de nivel  $\alpha = 0,1$  se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  de igualdad de promedios y se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$ , es decir, la diferencia entre el promedio del número de incendios bajo días con viento Puelche y el promedio del número de incendios bajo condiciones normales es estadísticamente significativa.

### 3.7 Análisis provincial

Las provincias de Ñuble y Bío Bío presentan un porcentaje más alto de ocurrencia promedio total de incendios con viento Puelche que las otras dos provincias, ambas con un 4,4% del total superan a las provincias de Concepción y Arauco con un 4,2 y 2,9%, respectivamente (tabla 3). Pero respecto a la ocurrencia promedio por día, es la Provincia de Concepción la que presenta un mayor número de incendios con viento Puelche, con un 36,8% del total regional (tabla 3 y figura 6).



**Figura 6:** porcentaje de incendios en días con viento Puelche a nivel provincial, periodo 1989–1999

La ocurrencia promedio de incendios forestales por día de viento Puelche, para cada temporada, es mayor en la provincia de Concepción, con nueve incendios. En las cuatro provincias, el promedio diario es mayor que el promedio de incendios sin condición de viento Puelche (tabla 3). Estos resultados

**Tabla 3:** cuadro resumen a nivel provincial de la ocurrencia promedio de incendios en condiciones de viento Puelche y sin viento Puelche

<b>Ocurrencia promedio total</b>			
<b>Provincia</b>	<b>N° de incendios</b>	<b>N° de incendios con viento Puelche</b>	<b>Porcentaje de incendios con viento Puelche</b>
<b>Ñuble</b>	329	15	4,4 %
<b>Bío Bío</b>	437	19	4,4 %
<b>Concepción</b>	749	31	4,2 %
<b>Arauco</b>	734	21	2,9 %
<b>Total</b>	2249	86	16,0 %

<b>Ocurrencia promedio por día</b>			
<b>Provincia</b>	<b>N° de incendios</b>	<b>N° de incendios con viento Puelche</b>	<b>Porcentaje de incendios con viento Puelche</b>
<b>Concepción</b>	4	9	36,8 %
<b>Arauco</b>	4	6	24,0 %
<b>Ñuble</b>	2	4	16,5 %
<b>Bío Bío</b>	3	6	22,7 %
<b>Total</b>	13	25	100 %

revelan que la provincia de Concepción es la más afectada cuando surge este fenómeno a pesar de ser la provincia con menor superficie de la región, pero es la más poblada y la que tiene una mayor superficie de bosques y plantaciones en relación a su tamaño. Estas características hacen que el riesgo de ocurrencia de incendios sea mayor al existir una alta concentración de población humana en los alrededores de los bosques, de forma que junto con lo anterior, las condiciones del viento Puelche aumentan el riesgo.

## 4 Conclusiones

En el presente trabajo se estudió la relación entre el viento Puelche y los incendios forestales en la región del Bío Bío, con información meteorológica y de ocurrencia de incendios forestales del periodo 1989–1999. Con esta información se seleccionó los eventos de viento Puelche en la región. Se aplicaron métodos estadísticos, cálculo de coeficientes de determinación, test de norma-

lidad y prueba *t student*, para establecer una relación entre la ocurrencia de viento Puelche y de incendios forestales en la región.

Los resultados del cálculo del coeficiente de determinación entre el número total de incendios de la temporada y los días con viento Puelche dan un valor de  $R^2 = 0,048$  (figura 3), lo que indica que no existe una correlación significativa en estas condiciones. En el caso del análisis de correlación entre el número de incendios producidos con viento Puelche y el número de días con viento Puelche se obtuvo un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,36$  (figura 4). Esta baja relación se explica porque no se está considerando la intensidad del viento Puelche.

Cuando se analizó los promedios de incendios por día, producidos con viento Puelche y sin viento Puelche, para cada temporada, los valores más elevados de ocurrencia de incendios por día se presentaron cuando hay viento Puelche. El promedio de todas las temporadas del número de incendios en condiciones de viento Puelche es 24,2 por día, mientras que sin viento Puelche este valor se reduce a 12,7 (tabla 2). Estos resultados indican un fuerte efecto del viento Puelche en la ocurrencia de incendios por día, ya que estos aumentan en un 90 % en relación a días en que no hay viento Puelche.

Los resultados de la diferencia entre el número de incendios con viento Puelche y sin viento Puelche respecto al número promedio del total de incendios en el periodo, muestran que el promedio de incendios en días con viento Puelche supera tanto al valor total como al valor promedio sin eventos Puelche (figura 5), resultados que confirman el fuerte efecto que tiene un día con viento Puelche sobre la generación y propagación de incendios forestales.

En la provincia de Concepción se produce el mayor número de incendios con viento Puelche, con un 36,8 % del total regional (figura 6), siendo la más afectada en estas condiciones a pesar de ser la provincia con menor superficie de la región, pero es la más poblada y la que tiene una mayor superficie de bosques y plantaciones en relación con su tamaño.

## Referencias

- [1] Miguel Castillo, Patricio Pedernera y Eduardo Peña. *Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global*. Ambiente y desarrollo, ISSN 0717-3806, **XIX**(3 y 4), 44-50 (2003). Referenciado en 35

- [2] Eduardo Peña y Luis Valenzuela. *Incremento de los incendios forestales en bosques naturales y plantaciones forestales en Chile*. Apuntes cátedra Manejo del Fuego. Universidad de Concepción, 2004. Referenciado en 35
- [3] C. Noton, A. Peña y L. Escobar. *Incendios forestales: ¡Cuidado con El niño!*. Chile Forestal, 295, 30–33 (enero–febrero, 2003). Referenciado en 35
- [4] Rene D. Garreaud. *Forced downslope flow over the western side of the subtropical Andes*. Final report, FONDECYT Project 1000933, 23 (2002). Referenciado en 36
- [5] Carlos Almarza. *Meteorología e incendios forestales: el papel de los servicios meteorológicos en el apoyo a la prevención de incendios*. Ambienta, ISSN 1577–9491, **35**, 44–48 (2004). Referenciado en 36
- [6] R. Gomme. *Environment and natural resources service*. FAO research. Sustainable development department, 65 (July 2002). Referenciado en 36
- [7] Bruce Wilson Atkinson. *Meso-scale atmospheric circulations*, ISBN 0–12–065960–3. Academic Press, 495 (1981). Referenciado en 36, 39, 40
- [8] Marco Conedera and Peter Marxer. *The 1997 Forest Fire Season in Switzerland*. International Forest Fire News, ISSN 1020–8518, **18**, 85–88 (1998). Referenciado en 36, 44
- [9] A. L. Westerling, D. R. Cayan, T. J. Brown, B. L. Hall and L. G. Riddle. *Climate, Santa Ana Winds and Autumn Wildfires in Southern California*, doi 10.1029/2004EO310001. Eos, Transactions, American Geophysical Union, **85**(31), 289–300 (2004). Referenciado en 37