

# ZONIFICACIÓN DEL CLIMA DE LA REGIÓN PAMPEANA MEDIANTE ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS POR CONSENSO

R.A. DÍAZ<sup>1</sup> e INÉS MORMENEO<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Instituto de Clima y Agua, CNIA, INTA. Las Cabañas y Los Reseros. 1712 Castelar,  
Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. Colón 80,  
8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.  
rdiaz@cnia.inta.gov.ar imormene@uns.edu.ar

---

## RESUMEN

Se discute la división climática de la Región Pampeana empleando el análisis de conglomerados con series de temperaturas y precipitación. La metodología corrige algunos de los inconvenientes de las clasificaciones tradicionales en cuanto a que los límites de clases son definidos con criterios estadísticos. Se dispuso de series mensuales de las variables de 44 estaciones para el período 1961-1990. Se empleó el método jerárquico de Ward, con el cuadrado de la distancia euclidiana como medida de disimilaridad. Los datos de temperatura y precipitación fueron aglomerados separadamente. La intersección de ambas cartografías identifica seis zonas climáticas homogéneas, caracterizadas por los valores medios de los respectivos parámetros. Se discute el proceso de agrupamiento por consenso de conjuntos poco numerosos y una de las aplicaciones posibles de los resultados.

**Palabras clave.** Método de Ward, temperatura, precipitación, área climática homogénea.

## CLIMATIC ZONING OF THE PAMPEAN REGION USING CONSENSUS CLUSTERING ANALYSIS

### SUMMARY

Climate zones for the Pampean Region of Argentina are drawn using consensus clustering analysis to temperature and precipitation records. The technique overcomes some limitations of rule-driven classifications as boundaries are defined by statistical procedures. Monthly values for both variables are available for 44 first order weather stations, for the 1961-1990 period. The hierarchical group Ward clustering algorithm is chosen with the square of the Euclidean distance as the dissimilarity measure. Temperature and precipitation data are clustered separately. Consensus strategy refers to the categorical intersection of both groups into six well identified climate zones. Assimilation of "orphan" clusters and potential application of the results are discussed.

**Key words.** Ward clustering technique, temperature, precipitation, climate zones.

### INTRODUCCIÓN

Una regionalización climática habilita la organización de observaciones en grupos que reducen la cantidad de datos a analizar. Frente a la necesidad de contar con una subdivisión del clima regional, la forma de hacerlo ha evolucionado hacia una

taxonomía científica. Actualmente hay métodos de análisis con sustento estadístico que para la conformación de clases o conjuntos emplean criterios más objetivos que los tradicionales.

A semejanza del sistema creado por Linneo (1735), las clasificaciones climáticas tradicionales



$$[d_i^2]_m = p(\bar{x}_i - \bar{x}_j)^2$$

$$[d_i^2]_s = p(S_i - S_j)^2$$

$$[d_i^2]_{cs} = 2pS_iS_j(1 - r_{ij})$$

siendo  $\bar{x}_j$  el promedio de la estación  $i$ ,  $S_i$  el desvío estándar de la muestra y  $r_{ij}$  el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre ambas series de datos. El componente de distancia por coestacionalidad, que representa el desfase entre las series de dos estaciones, permite separar objetos que de otro modo hubiesen sido agrupados por la distancia por promedio y por dispersión. Para cada estación y variable hay  $n-1 = 43$  distancias cuadráticas totales. La fracción de contribución de cada componente respecto de la distancia total se calcula y promedia sobre las 43 distancias de cada estación. De estos datos se computan los valores extremos y el promedio sobre los 44 casos.

El análisis de conglomerados que se propone empleará al cuadrado de la distancia euclidiana total como medida de similitud, incluyendo implícitamente a los tres componentes referidos. De todos modos, el examen de la contribución relativa de las propiedades estadísticas de las series de datos a la distancia total entre estaciones, podría ser útil para entender las bases en que se construyen a los conglomerados y puede ayudar en categorizar a cada grupo (Fovell, 1997).

Si bien no se toma en cuenta la separación espacial en la conformación de "clusters" térmicos o pluviométricos, es de esperar que haya una cierta correspondencia entre las distancias geográficas y euclidianas. En cierta medida este aspecto puede indicar el grado de robustez de la técnica, dado que se espera que estaciones vecinas tiendan a unirse en las primeras etapas del proceso de aglomeración. Entre las estaciones seleccionadas hay tres pares que servirían para verificar esta hipótesis: 1) Anguil (36° 30' S, 63° 59' W) y Santa Rosa (36° 34' S, 64° 16' W), separados por 19 km; 2) Barrow (38° 19' S, 60° 25' W) y Tres Arroyos (38° 20' S, 60° 15' W), a 4,5 km una de otra y 3) Paraná Aero (31° 47' S, 60° 29' W) y Paraná INTA (31° 50' S, 60° 31' W), distantes 2 km.

En este estudio, el método de conglomerados de Ward fue seleccionado por su capacidad en la conformación de conglomerados compactos, aún con un número reducido de objetos (Gong y Richman, 1995). El método de Ward superó a otros siete métodos, jerárquicos o difusos, para la zonificación propuesta (Díaz y Mormeneo, 2002). El procedimiento se llevó adelante con el progra-

ma SPLUS v 3.3 (StatSci, 1995), resultando en sendas cartografías de las zonas térmicas y pluviométricas.

Para definir áreas climáticas homogéneas hay que fusionar los conglomerados de temperatura y precipitación. El procedimiento da lugar a la aparición de "clusters" con muy pocos miembros ("huérfanos"). Por lo general estos grupos aparecen en los bordes entre dos grupos con mayor número de miembros. En el procedimiento de aglomeración por consenso se reasigna estos conjuntos de tamaño reducido, tanto en sentido físico como geométrico, entre los conjuntos principales que los rodean, resultando en una definición de zonas climática homogéneas con un número representativo de estaciones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La forma en que el agrupamiento en clases progresiva se presenta en la Figura 1, bajo la forma conocida como dendograma. El eje de las  $x$  marca las diferencias en el cuadrado de la distancia total según el tipo de variable.

En temperaturas se eligieron cuatro "clusters", con tres grupos dominantes (9, 13 y 17 estaciones, respectivamente) orientados de norte a sur y un cuarto con dos estaciones (Ceres y Reconquista), marginales para la Región Pampeana. En precipitaciones también se identificaron cuatro conjuntos. Dos grupos mayoritarios (al oeste con 17 estaciones y al este con 14) se orientan en el sentido de los meridianos. El conjunto oriental incluye a las estaciones Pehuajó y Laboulaye, como resultado del aumento de las precipitaciones registradas en los últimos 40 años en la región (Basualdo, 2001). Los dos conjuntos restantes se ubican en el noreste y el sudeste de la Región Pampeana.

El método de Ward es robusto como lo demuestra que las estaciones vecinas se agrupan al comienzo del proceso de "clustering". En temperaturas, las estaciones Santa Rosa y Anguil como Barrow y Tres Arroyos se agrupan después que las de Paraná pero siempre en los tramos iniciales. En precipitación, Paraná INTA y Aero y Santa Rosa Aero y Anguil INTA se agrupan al principio, en tanto Barrow y Tres Arroyos cuando el progreso es del 25% del total.

La contribución de los tres componentes al total de la distancia euclidiana difiere si los datos son de temperatura o precipitación (Cuadro N° 1). En temperatura, la principal contribución a la separación geométrica total es por el promedio, y en menor



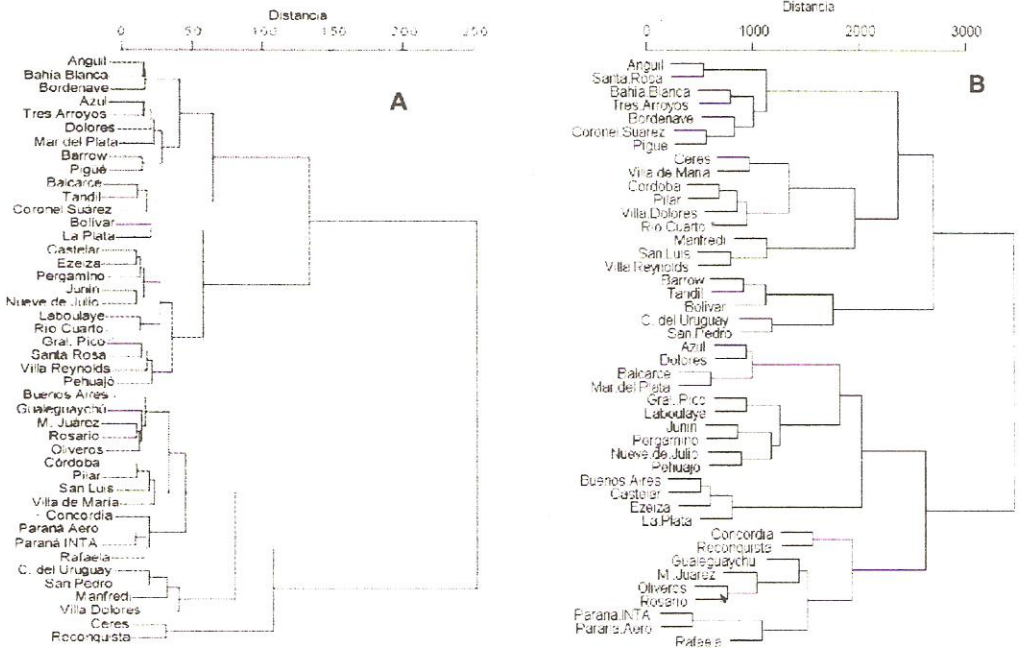


Figura 1. Dendrograma del análisis tipológico: A) temperaturas; B) precipitaciones.

Cuadro N° 1. Contribución de los componentes al cuadrado de la distancia euclidiana total.

Componente	Contribución <sup>1</sup>		
	Promedio	Mínimo	Máximo
<b>Temperatura</b>			
Media	0,58	0,33 (Manfredi)	0,87 (Ceres)
Estacionalidad	0,03	0,00 (Ceres)	0,08 (Mar del Plata)
Coestacionalidad	0,38	0,12 (Ceres)	0,66 (Manfredi)
<b>Precipitación</b>			
Media	0,06	0,03 (Tandil)	0,16 (Concordia)
Estacionalidad	0,03	0,02 (Bolívar)	0,08 (Tres Arroyos)
Coestacionalidad	0,91	0,79 (Concordia)	0,95 (Tandil)

<sup>1</sup>Fracción de la contribución de cada componente, siendo la sumatoria igual a la distancia total, expresada como valor unitario.