

ANÁLISIS ANUAL DE LAS PRECIPITACIONES EN LA CIUDAD DE TANDIL (NOVIEMBRE 2008 – OCTUBRE 2009)

CAMPO, Alicia ()*

*PICONE, Natasha (**)*

*FERNANDEZ, Ana María (***)*

RESUMEN

Al presente, en la ciudad de Tandil, se realizaron trabajos de clima urbano solamente centrados en el análisis de la temperatura y la humedad urbana. Por ello, el objetivo de este trabajo es estudiar las características y la distribución espacial de las precipitaciones en la ciudad. Se localizaron 18 estaciones de medición en el área urbana y periurbana con pluviómetros de lectura directa. Se realizó el registro del milimetrage caído y la medición de pH para cada evento de lluvia desde noviembre de 2008 a octubre de 2009. Los resultados mostraron que las precipitaciones tuvieron un déficit de 35 % en el período de estudio con relación a los datos estadísticos. Los valores de pH en todas las mediciones fueron altos (6,4 a 7,4), superiores al de la lluvia normal (5,6). Los patrones de distribución espacial de ambas variables fueron opuestos.

Palabras clave: Precipitaciones – pH – Clima Urbano – Tandil

(*) Doctora en Geografía.

Departamento de Geografía y Turismo - Universidad Nacional del Sur
12 de octubre y San Juan - 4º Piso – (8000) - Bahía Blanca - Buenos Aires.

E-mail: amcampo@uns.edu.ar

(**) Licenciada en Geografía.

Facultad de ciencias Humanas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Becaria de Posgrado del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Campus Universitario – Paraje Arroyo Seco s/n – (7000) Tandil – Buenos Aires.

E-mail: natashapicone@cig.org.ar

(***) Doctora Interdisciplinaria en Ciencias Humanas.

Facultad de Ciencias Humanas - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

Campus Universitario – Paraje Arroyo Seco s/n – (7000) Tandil – Buenos Aires.

E-mail: anafernt@yahoo.com.ar

ANNUAL ANALYSIS OF RAINFALL IN TANDIL CITY (NOVEMBER 2008-OCTOBER 2009)

ABSTRACT

In Tandil city, researchs of urban climate were focused on the analysis of urban temperature and humidity. Therefore, the main objective of this work is to study the characteristics and spatial distribution of rainfall in the city. Eighteen measuring stations in urban and periurban areas with rain gauges were installed. The registration of rainfall and pH was made for each rainfall event from November 2008 to October 2009. The results showed that rainfall had a 35 % deficit in the study period compared with the statistical records. The pH values for all measurements were higher (6.4 to 7.4) than the normal rain. The spatial distribution patterns for both variables were opposed.

Key words: Precipitation – pH – Urban climate - Tandil

1. Introducción

Tandil es un centro urbano que por sus distintas características se clasifica como ciudad media (Lan, D *et al.*, 2010). La misma se localiza en el centro sur de la provincia de Buenos Aires, emplazada en la zona central del sistema de Tandilia. Su economía es muy diversificada y presenta un clima templado continental con marcadas amplitudes térmicas y pluviométricas.

A escala global se han realizado gran cantidad de estudios sobre distribución de precipitación en áreas urbanas y en especial sobre el pH de las mismas. Estos se han centrado en aquellos lugares donde se desarrolló una gran actividad industrial, ya que la misma es una de las fuentes generadoras de lluvia ácida. Son destacables los trabajos realizados en Europa (Möller, 2000), en Estados Unidos (Kahn, 1985) y en las últimas décadas en Asia, principalmente en China (Wang, 1996). En América Latina, se ha analizado esta problemática en México donde se destacan los informes realizados en la ciudad de Guadalajara (García *et al.*, 2006) y los análisis de lluvia ácida en el Valle de México (Velasco Saldaña *et al.*, 2002).

En cuanto a la ciudad de Tandil, existen algunas publicaciones sobre clima urbano entre las que se encuentran las de García *et al.* (1999) donde se analizaron índices de calidad de vida vinculados con la formación de la isla de calor para la estación del verano. Por su parte, Campo de Ferreras y Mordenti (2005) estudiaron condiciones microclimáticas en el área urbana de la ciudad; Campo *et al.* (2006) y Mordenti *et al.* (2007) trabajaron sobre las condiciones higrométricas y térmicas para el invierno. Se debe remarcar que en el conjunto de trabajos citados no fueron consideradas las precipitaciones como temática de análisis, por consiguiente este trabajo consiste en una primera aproximación a la misma, considerándose de importancia la continuidad de estos estudios para poder encontrar respuesta a la distribución actual de las lluvias en la ciudad de Tandil.

2. Clima urbano

En los estudios geográficos la elección de la escala de trabajo define las variables principales de análisis. En climatología se reconocen cuatro escalas distintas: los climas zonales, cuyas características se deben a la circulación atmosférica general; los climas regionales, que están determinados por los factores geográficos; los climas locales, en los cuales las condiciones de sitio son las que dominan y por último, los

microclimas, que se diferencian por las condiciones espaciales específicas (Campo de Ferreras *et al.*, 2004).

Los climas urbanos que se dan en el marco de la escala local se deben a las modificaciones de los climas regionales como consecuencia de los cambios que en esos espacios se producen por variaciones en la topografía, la cercanía o lejanía al mar, la intervención humana, entre otros, que cada espacio presenta. Según Capelli *et al.* (2005) los climas urbanos son singularidades de los climas locales y constituyen el reflejo de la totalidad de cambios microclimáticos surgidos por la alteración que realiza la sociedad en la superficie urbana. Estos cambios hacen referencia a la alteración de los parámetros meteorológicos, principalmente a la conformación de una isla de calor que aumenta los movimientos convectivos en la ciudad, el aumento del material particulado en suspensión que favorece la condensación y los efectos de la edificación sobre los vientos regionales.

A nivel nacional existen una gran cantidad de publicaciones en las cuales se relacionan las características climáticas de una ciudad con la salud, entre ellas se desatacan Brandan (1928) que presentó la relación entre los estados del tiempo y la ocurrencia de los ataques de asma; Hoffmann (1987) fue el primero en indicar que la repercusión de los cambios bruscos que se producen en los estados de tiempo son más importantes para la salud de la población que los mismos estados de tiempo. Los estudios realizados en Bahía Blanca y Punta Alta (Campo y Ramos, 2001; Campo *et al.*, 2001; Capelli *et al.*, 2005; Ramos *et al.*, 2008) se enfocaron en la asociación entre enfermedades, clima urbano y confort.

3. Las precipitaciones y sus características

Las precipitaciones se desarrollan entre otras causas, por el ascenso de una masa de aire. El ascenso se puede dar de tres formas: por el choque con una barrera montañosa, precipitaciones orográficas; por el encuentro de dos masas de aire de distintas características, precipitaciones frontales; o las precipitaciones convectivas que están vinculadas a las altas temperaturas del sustrato.

Existen dos teorías que pretenden explicar cuál es el origen de las características de las precipitaciones. Según Ávila (1999) se entiende como el producto de la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera en el lugar donde se originan las nubes, que más tarde precipitarán en otro lugar, transportando sus propiedades miles de kilómetros. Por otro lado, Sahuenza *et al.* (2005) plantean que las

precipitaciones deben su composición al arrastre del material particulado en suspensión que tiene el lugar donde caen.

La deposición de la precipitación consiste en un proceso doble, según la forma en que los materiales en suspensión llegan a la superficie. La deposición seca, es aquel proceso en el cual las partículas se depositan por efecto de la gravedad; mientras que la deposición húmeda se refiere al arrastre que las mismas tienen por los productos de precipitación (lluvia, nieve, granizo, etc.).

Una característica química de las precipitaciones es que su pH es ligeramente ácido 5,6, “*esto se debe a un equilibrio entre el agua de lluvia y el CO₂ del aire*” (Hernández Sandoval *et al.*, 2006: 4). Este valor marca el límite para determinar la alcalinidad o acidez de las precipitaciones.

La caracterización del pH de las precipitaciones se da por los compuestos que se encuentran dentro de los productos de precipitación o que son arrastrados durante la deposición. En el caso de la lluvia ácida, presenta derivados de los óxidos nitrosos y de azufre; mientras que en las precipitaciones alcalinas, según Colin Cruz y Jiménez Moleén (2003), dominan los siguientes iones: Ca⁺², Mg⁺², Fe⁺² y Na⁺.

4. Área de estudio

La ciudad de Tandil (37° 19' S - 59° 07' O) está ubicada al centro sur de la provincia de Buenos Aires y es cabecera del partido homónimo. Está emplazada en la zona central del Sistema de Tandilia, cuyas serranías rodean el ejido urbano desde el Sur hasta el Oeste, condicionando el desarrollo urbano de la ciudad. La misma tiene 101.010 habitantes (INDEC, 2001) y presenta una diversificación económica muy importante en la actividad secundaria agroalimentaria y metalmeccánica. Por otro lado, en la rama de servicios se caracteriza por su multiplicidad ya sea en sus aspectos financieros, comerciales, de salud, como también educativos. Está conectada por importantes rutas nacionales y provinciales con los principales centros económicos y turísticos, a nivel regional y nacional como Buenos Aires y Mar del Plata.

Tandil se encuentra dentro de la faja de climas templados con marcadas variaciones estacionales, tanto en sus regímenes pluviométricos como térmicos. La zona está influida por dos centros de acción: el Anticiclón del Atlántico Sur que aporta masas de aire cálidas y húmedas y el Anticiclón del Pacífico Sur, del cual llegan masas de aire frías y secas.

El área de estudio presenta gran oscilación climática. Según la Organización Meteorológica Mundial (Gruza y Rankova, 2004) las

oscilaciones climáticas son cambios que difieren por la amplitud temporal y se encuentran ligados a los mismos procesos de circulación atmosférica general. Cuando los períodos están comprendidos en lapsos de tiempo de 10 a 20 años se denominan oscilaciones seculares. En tanto que las oscilaciones irregulares comprenden períodos de una semana a otra, de un mes a otro o de un año a otro. Por ello, el objetivo de este trabajo fue estudiar dentro de esta escala temporal las variaciones del régimen pluviométrico y las diferencias que la misma ciudad generó en el lapso temporal 2008 – 2009 para lo cual la década climática de referencia que se tomó fue el período 1991 – 2000, última información oficial suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional. Un objetivo específico fue analizar, para el mismo período, el pH de las precipitaciones a los efectos de determinar la acidez o alcalinidad de la lluvia en Tandil.

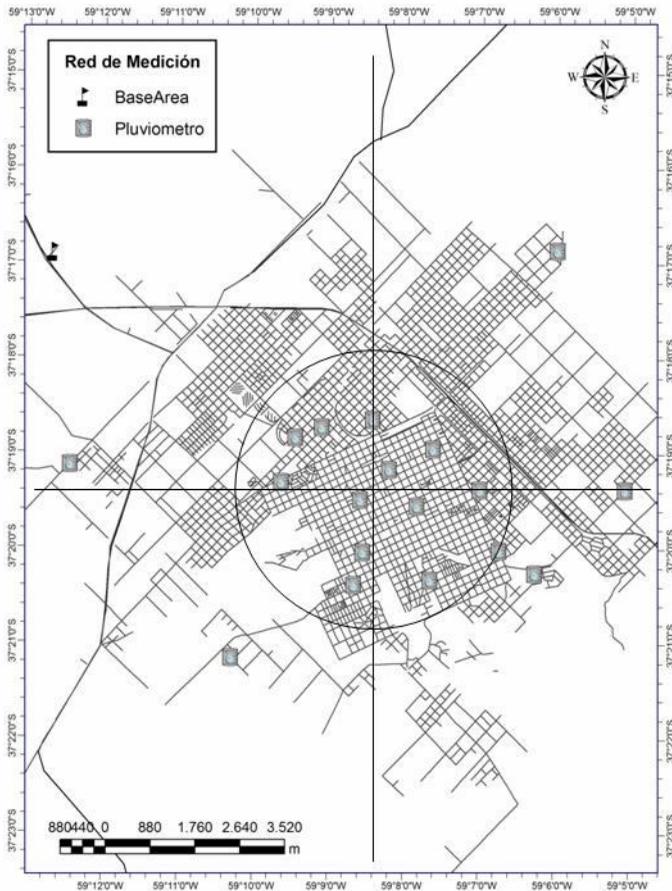
5. Métodos y materiales

Para estudiar la caracterización climática de la ciudad de Tandil se realizó un análisis estadístico estándar de la información suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional para el período 1991-2000 (Servicio Meteorológico Nacional, 2003). Se elaboraron y examinaron el climograma y los diagramas ombrotérmicos, se calculó el balance hídrico para la década 1991- 2000 y los meses comprendidos entre noviembre de 2008 – octubre de 2009, según el método propuesto por Thornthwaite y Mather (1957).

Las precipitaciones y sus características se analizaron a partir de 18 pluviómetros distribuidos en distintas zonas de la ciudad, para lo cual se dividió a la misma en cuatro sectores y se los distribuyó de manera homogénea (Mapa N° 1). La rutina de medición consistió en recolectar en vasos estériles la lluvia de cada evento, se midió cantidad de milímetros caídos y pH de la muestra. El instrumental empleado fue un peachímetro Piccolo Plus. El mismo se calibró en cada evento medido siguiendo las instrucciones del instrumental, con soluciones 4,01 y 6,86.

Se elaboraron los mapas de isohietas y pH con el software ArGis 9.2. Inicialmente se geocodificaron (Geocode Adresses) los pluviómetros según su domicilio. Las tablas utilizadas contenían los datos de precipitaciones y pH anual. Se utilizó el método de interpolación Inverse Distance Weighted y se configuraron los mapas de distribución espacial de cada una de las variables para el período de estudio con el objetivo de conocer y comparar sus patrones.

Mapa N° 1 - Distribución de los pluviómetros y estación Tandil Aero del SMN.

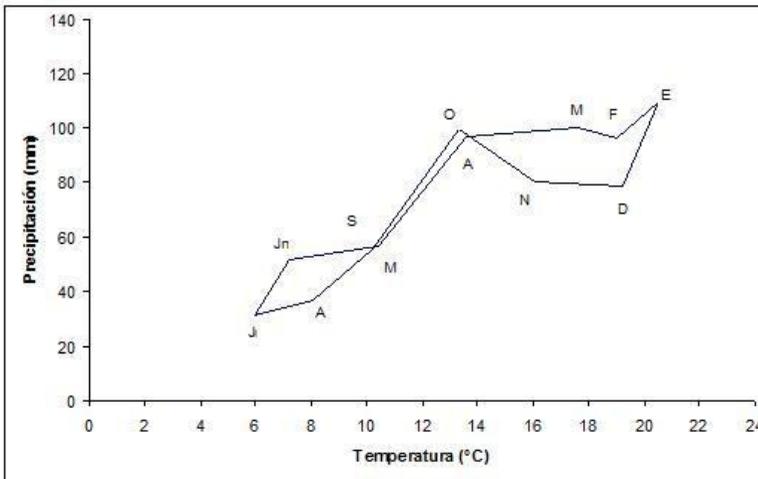


Fuente: Elaboración propia. Las líneas marcan la separación de los sectores y el círculo el área central de análisis.

6. La ciudad en el clima templado

Como consecuencia de la circulación zonal y regional, la ciudad de Tandil posee clima templado con características continentales (Gourou y Pappy, 1980). En el climograma de Tandil (Gráfico N° 1) se observa una oscilación térmica anual de 14,5 °C, con altos valores medios de temperatura en el verano (19,6 °C) y bajos en el invierno (7,1 °C).

Gráfico N° 1 - Climograma de Tandil. Serie 1991 – 2000

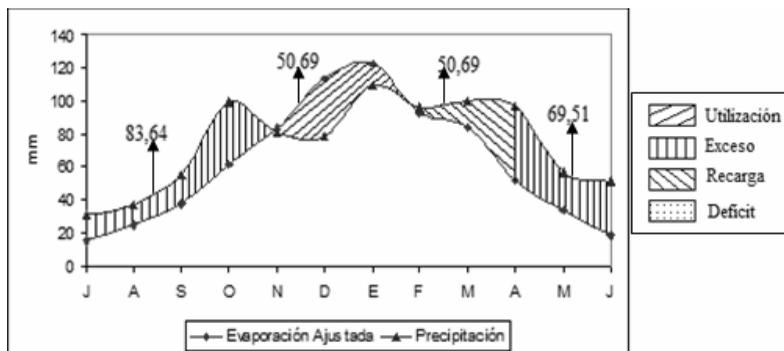


Fuente: SMN, 2003.

La temperatura media anual de la ciudad es de 13,4 °C, con valores medios mensuales que varían entre 20,5 °C en enero y 6 °C en julio. Las precipitaciones alcanzan los 892,6 mm. anuales, las cuales se concentran en los meses de enero a abril con un monto importante en el mes de octubre (99,5 mm.).

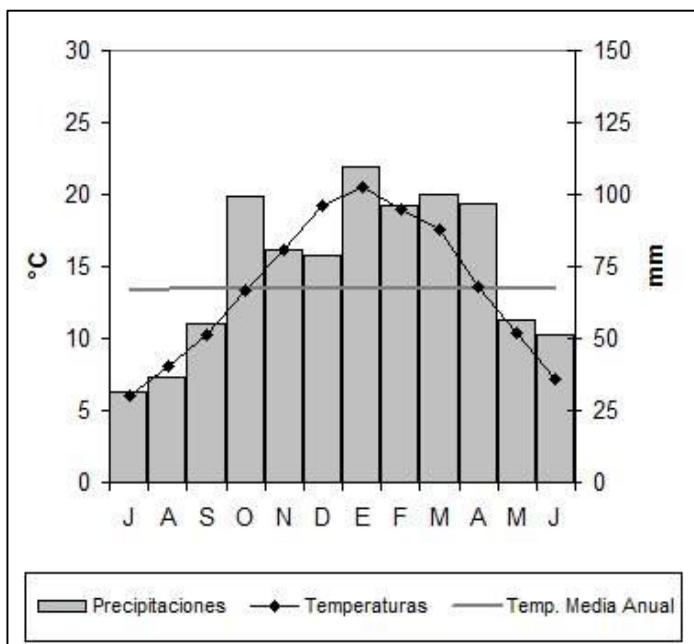
Si bien las precipitaciones se concentran en el verano, el diagrama ombrotérmico (Gráfico N° 2) pone de manifiesto que el período que corresponde a los meses de noviembre a diciembre presenta rasgos de aridez. A pesar de ello, si se observa el balance hídrico realizado para el mismo período (Gráfico N° 3) las condiciones no son extremas. Para el verano, de noviembre a febrero, se produce la utilización de las reservas de agua del suelo (50,69 mm.) que son recargadas entre febrero y abril cuando se produce el almacenaje o recarga del agua utilizada.

Gráfico Nº 2 - Diagrama ombrotérmico de la ciudad de Tandil (1991 – 2000)



Fuente: SMN, 2003.

Gráfico Nº 3 - Balance hídrico 1991 – 2000 de Tandil.



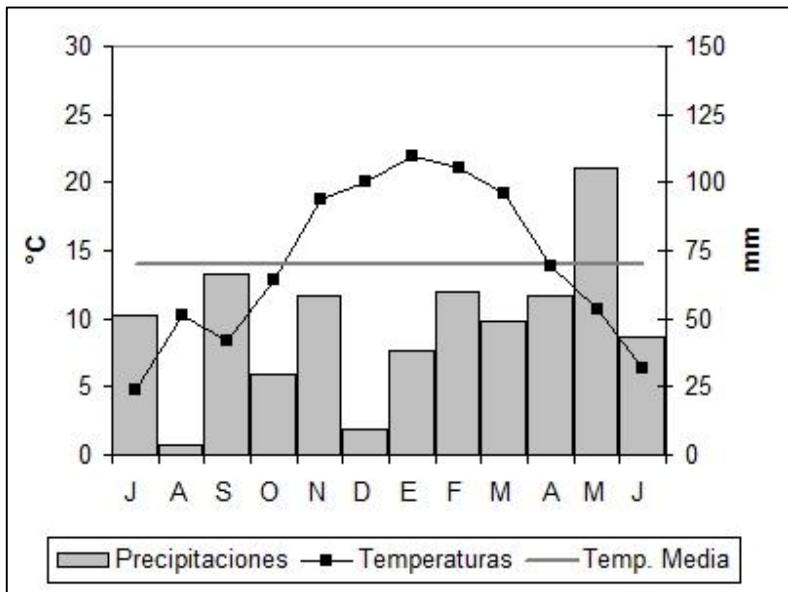
Fuente: SMN, 2003.

7. Caracterización meteorológica noviembre 2008 – octubre 2009

Durante el período noviembre 2008 a octubre 2009 se realizaron las mediciones correspondientes a la precipitación y se obtuvo diariamente la información horaria de los elementos meteorológicos de la estación Tandil. A partir de estos datos se analizaron la precipitación y temperatura del período de estudio, comparándolos con los datos estadísticos del Servicio Meteorológico Nacional.

En el Gráfico N° 4 se observa una diferencia pluviométrica, ya que en los doce meses llovieron 572 mm., cuando las precipitaciones medias para la estación meteorológica son de 892,6 mm. anuales. El hecho implica una reducción del 35 %, fenómeno que no fue local ya que todo el país sufrió una sequía muy importante, producto del efecto Niña sobre la región.

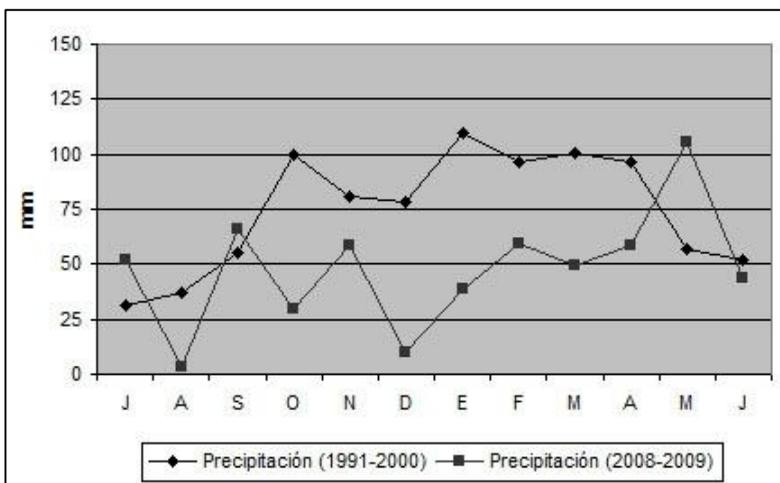
Gráfico N° 4 - Diagrama ombrotérmico de Tandil. Período noviembre 2008 – octubre 2009.



Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico Nº 5 presenta para todos los meses, importantes diferencias negativas con respecto a la precipitación media (1991 – 2000) excepto para los meses de julio y mayo. Dichas diferencias llegan, en algunos casos, como en agosto y diciembre a una reducción del 90 % de las precipitaciones. Situación opuesta es para los meses de mayo y julio, los cuales aumentaron un 85 % y 65 % respectivamente.

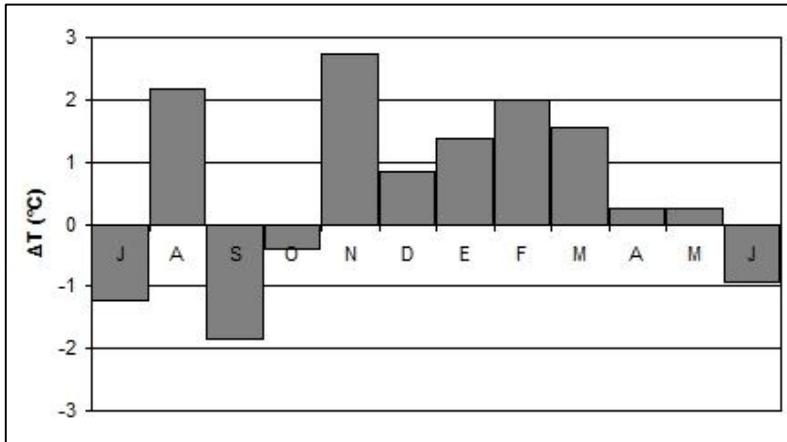
Gráfico Nº 5 -. Comparación de las precipitaciones medias de la serie 1991 – 2000 y las precipitaciones del año de medición período noviembre 2008 – octubre 2009.



Fuente: Elaboración propia.

Si se observa en el Gráfico Nº 6, se presentan las variaciones térmicas entre la serie 1991 – 2000 y el período noviembre 2008 – octubre 2009. Los valores positivos se dan durante la época estival, de noviembre a marzo, lo que genera condiciones que propician la mayor evaporación. Dos casos particulares son el mes de agosto y el de noviembre cuyas temperaturas medias fueron más de dos grados superiores a la media del valor estadístico, que en el caso de agosto genera mayores condiciones de evaporación, por la diferencia pluviométrica negativa.

Gráfico N° 6 - Diferencias térmicas de los datos térmicos medios serie 1991 – 2000 y el período noviembre 2008 – octubre 2009

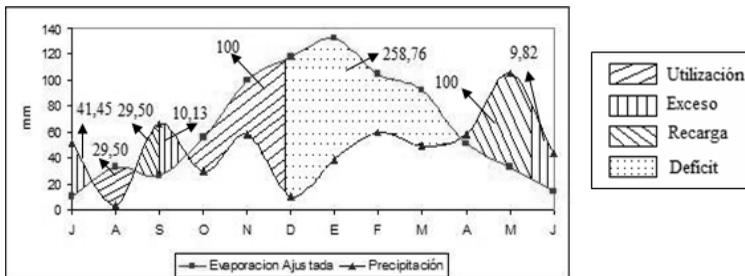


Fuente: elaboración propia

Por otro lado, las diferencias negativas, son menos frecuentes y de menor intensidad. Éstas se dan en los meses de junio, julio y septiembre, con variaciones en las temperaturas que no superan 1,3 °C.

En el balance hídrico del año de medición se manifiestan las diferencias. El balance correspondiente a los valores climáticos estadísticos no presenta períodos de déficit, sin embargo en el año de estudio se produjo un déficit de 258,76 mm. En el Gráfico N° 7 dominan las variaciones entre los períodos de utilización y recarga.

Gráfico N° 7 - Balance hídrico del año de medición noviembre 2008 – octubre 2009.



Fuente: Elaboración propia.

8. Caracterización anual de las precipitaciones

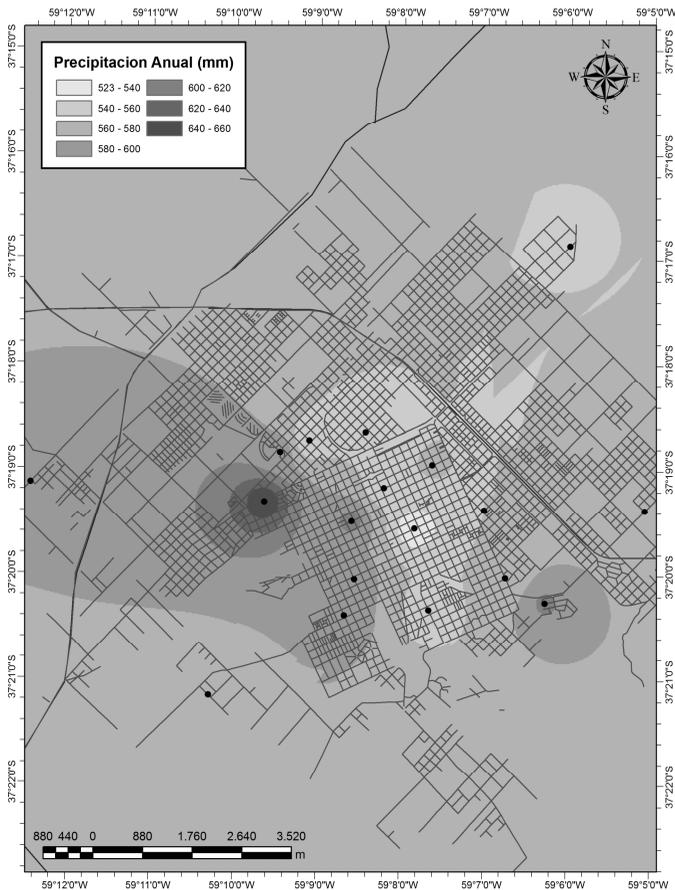
La distribución desigual de las precipitaciones en la ciudad es posiblemente consecuencia de los efectos urbanos sobre las precipitaciones regionales, lo mismo ocurre con sus características químicas. Las precipitaciones que ocurrieron en el año de medición se analizaron a partir de su distribución y sus características de pH.

8.1 Análisis anual de la distribución de las precipitaciones

En el Mapa Nº 2 se puede observar la distribución de las precipitaciones anuales dentro de la ciudad. El análisis detallado muestra que la distribución espacial no fue homogénea ya que se presentan variaciones de 140 mm. entre los distintos lugares de medición.

El mapa presenta dos focos de concentración, uno más intenso al oeste del centro de la ciudad con valores que alcanzan los 640 mm. anuales con desplazamiento hacia el este y el otro en el este-sureste con valores inferiores (610 mm.). Por otro lado, las menores precipitaciones se dan en la franja central, coincidiendo con el centro, con atenuaciones hacia la perifería noreste y suroeste.

Mapa N° 2 - Distribución anual de las precipitaciones noviembre 2008 – octubre 2009.



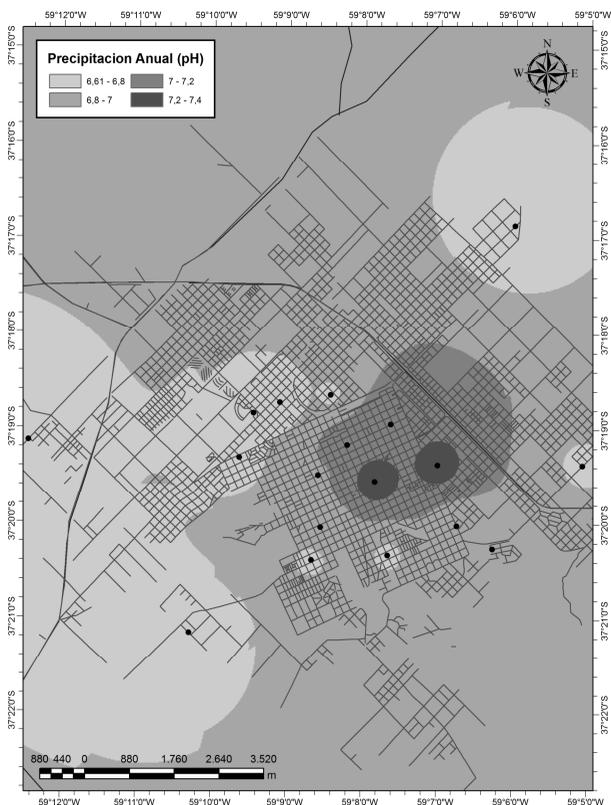
Fuente: Elaboración propia

8.2. Análisis anual del pH de las precipitaciones

En el Mapa N° 3 se graficaron los valores medios de pH durante todo el año. En cada uno de los lugares de medición se superaron al menos por un punto el valor normal de pH para las precipitaciones (5,6). Este hecho sería un indicativo de la modificación de las características

químicas de las precipitaciones en la ciudad de Tandil, como posible consecuencia de las actividades que en ella se desarrollan.

Mapa N° 3 - Distribución anual del pH de las precipitaciones en Tandil noviembre 2008 – octubre 2009.



Fuente: Elaboración propia.

Si se compara la distribución del milimetraje y el pH de las precipitaciones, sus patrones son opuestos. En la mayoría de los lugares donde se dieron las mayores precipitaciones, son las que tienen menor pH. Un claro ejemplo es la zona al oeste de la ciudad que se marcó en el análisis anterior y que en este caso presenta los menores valores de pH (6,61). Lo opuesto ocurre en la zona céntrica, donde ocurrieron las

menores precipitaciones y posee los valores medios y absolutos mayores de pH (7,4 y 9,61 respectivamente).

Es importante destacar que en las zonas periféricas se dieron los valores más bajos a pesar de que están por encima de lo normal, lo que podría suponer que el material particulado que se encuentra por encima de la ciudad es el que le daría un carácter más básico de lo que se registra en los alrededores.

9. Conclusiones

Las diferencias que se presentaron durante el año de medición con respecto a las estadísticas climáticas analizadas son importantes. La variación más significativa se presenta en el déficit de precipitaciones, el cual a lo largo del año fue de un 35 %.

En las mediciones de pH en la ciudad, durante el año de estudio, no se obtuvo ningún valor de precipitación con pH normal (5,6). Por el contrario todos ellos, fueron superiores a este valor con máximos mayores a 9.

Por otro lado, del análisis anual se desprende que en la distribución de las precipitaciones hay una mayor concentración al noroeste del centro, en una zona de mayor altitud con respecto al resto de la ciudad. Con relación a la distribución del pH los valores más altos (entre 7,2 – 7,4) se concentraron en el sector céntrico.

Si se comparan las distribuciones de las precipitaciones y el pH se observan patrones opuestos. Donde se registraron los menores montos de lluvias se dieron los valores de pH más altos. Por otra parte, donde se produjeron las mayores precipitaciones se registran los valores de pH menores. Estos primeros resultados plantean la necesidad de continuar y profundizar los estudios para encontrar la o las causas que generan esta distribución.

10. Bibliografía

ÁVILA, A.: *Las lluvias de barro y el transporte y deposición de material sahariano sobre el nordeste de la península Ibérica*, en: **Orsis**, Vol. 14, 1999, pág. 105-127.

BRANDAN, P.: *Asma y agentes meteorológicos*, en: **Revista Círculo Médico**, Vol. 16, 1928, pág. 10.

CAMPO DE FERRERAS, A.; CAPELLI DE STEFFENS, A. y PICCOLO, M.: *Enfermedades típicas del verano bahiense*, en: **Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas**, 2001, pág.367-371.

CAMPO DE FERRERAS, A.; CAPELLI DE STEFFENS, A y DIEZ, P.: **El clima del Suroeste bonaerense, Bahía Blanca**, Bahía Blanca, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. 2004, pág. 99.

CAMPO DE FERRERAS, A. y MORDENTTI, S.: *Climatología Aplicada: prácticas de salidas urbanas para análisis de clima local, Tandil, Bs. As*, en: **Contribuciones Científicas GÆA**, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 2004, pág. 45-51.

CAMPO DE FERRERAS, A; MORDENTTI, S y PICONE, N.: *Ciudad de Tandil: Análisis climático invernal*, en: **Contribuciones Científicas GÆA**, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 2006, pág. 41-48.

CAMPO DE FERRERAS, A y RAMOS, B.: *El invierno y las enfermedades asociadas a los estados de tiempo en la ciudad de Bahía Blanca*, en: **Contribuciones Científicas GÆA**, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 2001, pág. 203-208.

CAPELLI DE STEFFENS, A.; PICCOLO, M. y CAMPO DE FERRERAS, A.: **Clima urbano de Bahía Blanca**, Bahía Blanca Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. 2005, pág. 199.

COLIN CRUZ, A. y JIMÉNEZ MOLEÉN, M. C.: *Química ambiental*, en: **Principios básicos de contaminación ambiental** (SOLIS SEGURA, L. M. y LOPEZ ARRIAGA, J. A. Comp.), Toluca, México, 2003, pág. 61-94.

GARCIA, C.; PUEBLA, M. y CAPRISTO, V.: *Determinación de isla de calor, cálculo de población urbana potencialmente afectada en verano, para la ciudad de Tandil, provincia de Buenos Aires, Argentina*, en: **XX Congreso Nacional de Geografía y V Internacional de Geografía**, Universidad del Bío Bío, Sociedad Geográfica de Chile, Chillán, Chile, 1999.

GARCIA, M.; RAMÍREZ, H.; MEULENERT, A.; GARCIA, F.; ALCALÁ, J.; ARELLANO, J.; ESPINOSA, M.; y TORRE, O.: *Influencias de los contaminantes SO₂ y NO₂ en la formación de lluvia ácida en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco*, en: **Revista E-**

Gnosis, Revista digital científica y Tecnológica, Universidad de Guadalajara, Guadalajara México, Vol. 4, 2006, pág.1-16.

GRUZA, G. y RANKOVA, E.: *Detection of changes in climate state, climate variability and climate extremity*, en: **Institute for Global Climate and Ecology (IGCE)**, Russia Meteorology and Hydrology 4, 2004, 15 pág.

HERNANDEZ SANDOVAL, E.; PEREZ SABINO, J.; HERRERA AGUILAR, K.; MARTÍNEZ ROJAS, O.; ROLDÁN ESTRADA, A. y VALLADERES JOVEL, B.: **La deposición Húmeda y Seca, y su Impacto en la Acidez del Agua en la Región del Volcán de Pacaya**, Facultad de ciencias químicas y farmacia. Guatemala, 2006, 52 pág.

HOFFMANN, J.: *Del tiempo y la Salud*, en: **Cerebrum**, Vol 5, 20,1987, pág. 152-173.

INDEC.: **Censo Nacional de 2001**, Instituto Nacional de Estadística y Censos, Buenos Aires, Argentina, 2001.

KAHN, J.: **Special Report N° 21: Acid rain in Virginia: its yearly damage amounts to millions of dollars**, Virginia Water Resources Research Center, Blacksburg, Virginia, 1985.

LAN, D.; LINARES, S.; DI NUCCI, J.; y LOPEZ PONS, M. M.: *La lógica de la organización espacial de la ciudad de Tandil*, en: ELIAS, D.; BELTRÃO SPOSITO, M. E. y RIBEIRO SOARES, B. (Org.): **Agentes Econômicos e restauração urbana regional. Tandil e Uberlândia**. Editora Expressão Popular, São Pablo, 2010, pág. 29-155.

MÖLLER, D.: *Rethinking the acid rain problem*, en: **Enviromental Sciences and Sustainable Development toward 21st Century**, Ed. Tang Xiaoyan, China Sci Press, Pekin, 2000., pág. 248-296.

MORDENTTI, S.; PICONE, N.; y BEIER, L.: *Condiciones higrométricas invernales en Tandil, Buenos Aires*, en: **68ª SEMANA DE GEOGRAFIA - Congreso Internacional de Geografía**. GÆA-Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Posadas, Misiones, República Argentina, 2007.

RAMOS M. B., CAMPO A. M. e IUORNO M. V.: *Análisis sinóptico de condiciones atmosféricas asociado a enfermedades respiratorias en la población de Punta Alta*, en: **69ª Semana de Geografía. Congreso Nacional de Geografía**. GÆA - Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, 2008.

SANHUEZA, E., SANTANA, M. y DONOSO, L.: *Química atmosférica en la Gran Sabana III: Composición iónica y características ácido-básicas de las lluvias*, en: **INCI**, oct. 2005, Vol.30, Nº 10, pág. 618.622.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL.: **Estadísticas Climatológicas**, Serie 1991-2000, 2003.

THORNTHWAITE, C. y MATHER, J.: *Instrucciones y tablas para el cómputo de la evapotranspiración potencial y el balance hídrico*, en: **Publicaciones de Climatología**, Vol. X, Nº 3, Instituto Tecnológico de Drexel, New Jersey, 1957, 68 pág.

VELASCO SALDAÑA, H.; SEGOVIA ESTRADA, E.; HIDALGO NAVARRO, M.; RAMÍREZ VALLEJO, S.; GARCIA ROMERO, H.; ROMERO, I.; MALDONADO, A.; ÁNGELES, F.; RETAMA, A.; CAMPOS, A.; MONTAÑO, J.; y WELLENS, A.: *Lluvia ácida en los bosques del poniente del Valle de México*, en: **XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, Cancún, México, 2002.

WANG, W.: *Short communication on acid rain formation in China*, en: **Atmospheric Environment**, Vol. 30, Nº 23, Gran Bretaña, 1996, pág. 4091-4093.

Fecha de recepción: 25 de junio de 2010

Fecha de aprobación: 05 de octubre de 2010