

Disponible en:
<http://www.scielo.org.ar>
<http://redalyc.uaemex.mx>

8 al 11 de Agosto
LA PLATA · ARGENTINA · 2011

ABCL
ACTA BIOQUÍMICA CLÍNICA
LATINOAMERICANA
SUPLEMENTO Tomo 2 - Oct./2014
PÁGINAS 1-212 - ISSN 1851-7064

1



III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

LA PLATA · ARGENTINA · 2011

**Científicos, Investigadores
y Especialistas del Mundo**

 EDICIÓN Y PROPIEDAD INTELECTUAL
FEDERACIÓN BIOQUÍMICA DE LA
PROV. DE BUENOS AIRES, ARGENTINA
 ÓRGANO DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA
DE LA CONFEDERACIÓN UNIFICADA
BIOQUÍMICA DE LA REP. ARGENTINA
 Y DE LA CONFEDERACIÓN
LATINOAMERICANA
DE BIOQUÍMICA CLÍNICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



**III CONGRESO
INTERNACIONAL
SOBRE
CAMBIO CLIMATICO Y
DESARROLLO SUSTENTABLE
TOMO II**

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

DEL 08 AL 11 DE AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

CIUDAD DE LA PLATA - ARGENTINA

Sedes

JOCKEY CLUB DE LA PLATA

PASAJE DARDO ROCHA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

La Universidad Nacional de La Plata (UNLP) es una universidad pública situada en la ciudad de La Plata, capital de la provincia de Buenos Aires. Posee 17 facultades, 118 carreras de grado, 166 de posgrado, 10.900 docentes, más de 90.000 alumnos y 141 centros de investigación y desarrollo donde desempeñan su actividad unos 3.500 investigadores.

Fue fundada en 1905 por el doctor Joaquín Víctor González. Con más de un siglo de trayectoria, sigue siendo pionera en estudios y desarrollos culturales, artísticos y científicos de avanzada. Esto le ha proporcionado el prestigio que la sitúa entre las principales del país, del continente americano y del mundo. La docencia, la investigación y la extensión configuran los pilares básicos de esta Universidad.

JOCKEY CLUB DE LA PLATA

El Jockey Club se inaugura oficialmente el 19 de noviembre de 1922, su concepción edilicia de estilo francés en sus orígenes, sufrió modificaciones, resultando finalmente un espléndido palacio del clasicismo, diez años antes de inaugurarse la catedral.

Es un palacio con una gran carga histórica para la vida del platense. Corresponde en líneas generales a la arquitectura que se desarrolló en el país en el siglo XIX con tendencia ecléctica. Esta mezcla de estilos le confiere interés y singularidad.

PASAJE DARDO ROCHA

En sus principios funcionó la estación ferroviaria, luego como una barraca lechera, el correo y telégrafo platense y otra serie de dependencias. En el presente es un Centro Cultural Municipal. Está ubicado en el centro de la ciudad, en la manzana delimitada por las calles 6 y 7, 49 y 50. Su entrada principal está de frente a la Plaza San Martín. Es uno de los edificios bellos de la época fundacional de la ciudad, con una línea arquitectónica que caracterizó a la mayoría de los edificios públicos de la ciudad de La Plata.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

ANTECEDENTES

I CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Lugar de realización: Universidad Autónoma de Zacatecas, México 28, 29 y 30 de mayo de 2009. Próximo año: Comité Organizador Universidad Autónoma de Zacatecas, México. Lugar de realización Universidad Autónoma de Zacatecas, México 2010.

II CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Lugar de realización: Universidad Autónoma de Zacatecas, México 28 al 30 de abril de 2010
Próximo año: Comité Organizador Universidad Nacional de La Plata, Argentina del 8 al 11 de agosto de 2011.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

La Universidad Nacional de La Plata en colaboración con la Comisión Internacional de Cambio Climático y Desarrollo Sustentable, organiza el III Congreso, en el cual se desarrollarán cinco temas centrales: Ambiente, Recursos no renovables, Innovación tecnológica, Educación, Salud, Legislación y Gestión, procurando una fuerte interacción interdisciplinaria. Para ello el Congreso se estructurará siguiendo un lineamiento conductor en torno al cambio climático, el estado de conocimiento actual, las opciones tecnológicas para enfrentarlo, las consecuencias sobre el ambiente, la producción, los recursos básicos y riesgos naturales, para concluir buscando las respuestas científicas, tecnológicas, institucionales, legislativas y sociales para atenuar los efectos del problema, en el desarrollo integral de la sociedad

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

Presidencia Dr. Fernando Alfredo TAUBER
Vicepresidencia Área Institucional Lic. Raúl PERDOMO
Vicepresidencia Área Académica Ing. Armando DE GIUSTI
Secretaría de Presidencia Sr. Pablo AUTINO
Secretaría General Lic. Carlos Armando GUERRERO
Prosecretaría General Arq. Marcos DI GIUSEPPE
Secretaría de Asuntos Académicos Dra. María Mercedes Medina
Prosecretaría de Asuntos Académicos Dra. Graciela M. MERINO
Prosecretaría de Posgrado Dra. María Cristina DI GREGORI
Secretaría de Extensión Universitaria Lic. Marcelo BELINCHE
Prosecretaría de Extensión Universitaria Lic. Inés IGLESIAS
Directora Unidad de Coordinación Lic. Irene ASCAINI
Prosecretaria de Arte y Cultura Sr. Ricardo COHEN
Secretaría de Ciencia y Técnica Dr. Marcelo Fernando CABALLE
Prosecretaría de Políticas en C y T Dr. Juan PIOVANI
Prosecretaria de Gestión en C y T Lic. Adriana DERTIANO
Secretaria de Relaciones Institucionales Dr. Edgardo NOSETTO
Prosecretaria de Vinculación y Transferencia Ing. Patricia ARNERA
Secretaria de Administración y Finanzas Cra. Mercedes Beatriz MOLTENI
Prosecretaria de Administración y Finanzas Cdor. Paulino SANCHEZ
Secretaría de Asuntos Jurídicos y Legales Abog. Julio C. MAZZOTTA
Prosecretaría de Asuntos Jurídicos y Legales Dr. Edwin MONTERO LABAT
Secretaría de Planeamientos, Obras y Servicios Arq. Guillermo Salvador NIZAN
Prosecretario de Planeamiento, Obras y Servicios Arq. Diego DELUCCHI
Prosecretario de Admin. Y Bienestar Universitario Sr. Patricio LORENTE
Prosecretaria de Asuntos Estudiantiles Arq. Luisa CERUTTI
Guardasellos Sra. María C, M, AGUDO de CORSICO

ASOCIACIÓN INTERNACIONAL CAMBIO CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Presidente: Maria Alejandra Moreno Garcia

Vocal Presidencia: Emmanuel Hernandez Terrones

Visepresidente: María Judith Hernandez Terrones

Vocal Vicepresidencia: Amparo Lonas Huizar

Secretaria: Yersinia Alejandra Muñoz Moreno

Vocal Secretaría: Laura Ofelia Márquez González

Asesor Jurídico: César Alejandro Soto Bernal

Vocales

Isabel Jiménez Maldonado

Juan Javier Martínez Ruíz

Comité Científico

Claudia Maldonado Tapia

Gabriela Reveles Hernández

Isabel Chávez Ruvalcaba

José Jesús Muñoz Escobedo

COMITÉ DE HONOR

Daniel SCIOLI
Gobernador de la Provincia de Buenos Aires
Dr. Lino BARAÑAO
Ministro de Ciencia y Tecnología de la Nación
Dr. Osvaldo CANZIANI
IPCC
Dr. Pablo BRUERA
Intendente de la ciudad de La Plata
Dr. Emilio CECHINI
Profesor Emérito UNLP
Dr. Juan Miguel CASTAGNINO
Ex Profesor Titular UBA

AUTORIDADES

PRESIDENTE

Dr. Fernando A. TAUBER
Presidente de la Universidad Nacional de La Plata

PRESIDENTE HONORARIO

Dra. María Alejandra MORENO GARCÍA
Presidenta de la Comisión Internacional de Cambio Climático y Desarrollo Sustentable

SECRETARIA GENERAL DEL CONGRESO

Lic. Raúl Aníbal PERDOMO
Vicepresidencia Área Institucional
Dr. Edgardo Omar NOSETTO
Secretaría de Relaciones Institucionales
Ing. Patricia ARNERA
Prosecretaría de Transferencia y Vinculación

COMITÉ ORGANIZADOR

Lic. Cristina MARSERO
Dr. Oscar LINZITTO
Dra. Nilda RADMAN
Ing. Nora NICHIO
Dr. Gustavo SAN JUAN
Dr. Ramiro SARANDON

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Jorge RABASSA
Dr. Mariano RABASSA
Dr. Ramiro SARANDON
Dr. Rodolfo STURZENEGGER
Dra. Ana CANDREVA
Dr. Homero BIBILONI
Dr. Juan Miguel CASTAGNINO
Dr. Nestor Oscar STANCHI
Dr. Arq. Elías ROSENFELD
Dr. Ing. Carlos DÍSCOLI
Dr. Marcelo BARRERA
Dr. Ramiro SARANDÓN
Dr. Oscar LINZITTO
Dra. Ana SCARABINO
Dra. María Isabel SOSA
Dr. Gerardo SANTORI
Ing. Patricia ARNERA
Dr. Walter TRIACA
Dra. Silvia Daniela ROMANO
Dra. Yolanda AGUILERA
Lic. Nilda GONZÁLEZ
Dra. Silvia GONZÁLEZ AYALA
Dr. Luis GUARRACINO
Dr. Mario HERNÁNDEZ
Dr. Santiago SARANDON

COMITÉ EDITOR

Oscar R. Linzitto, Nora Nichio, Gustavo San Juan, Néstor Stanchi, María del Luján Tunes, Mercedes Gatti, Cristina Marsero, Nilda E. Radman.

SECRETARIA

Lic. Cristina Marsero
DCV. Virginia ECHEVERRIA
congresoccyds@presi.unlp.edu.ar

TELEFAX 54 221 423 6814 – 54 221 423 7028
[www.unlp.edu.ar/cambio climático2011](http://www.unlp.edu.ar/cambio_climático2011)

SEDES DEL CONGRESO
JOCKEY CLUB DE LA PLATA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Avda. 7 n° 776 CP1900
LA PLATA – ARGENTINA



AREA IV

ECOSISTEMAS

**ACUMULACIÓN DE CARBONO EN SUELO DE PASTURAS PURA Y ASOCIADA DE
Pennisetum clandestinum Y *Lotus uliginosus*, EN LA SABANA DE BOGOTÁ**

Salinas Salinas A¹, Mayorga OL², Caballero LM³

Universidad Nacional de Colombia. Proyecto de Tesis de Maestría Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Financiado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Km 14 Vía Mosquera, Corpoica. Cel. 3112737463. alexasalinas@yahoo.com.

2 Director Externo lmayorga@corpoica.org.co.

3 Codirector lmcaballeror@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

En este sentido, el sector agropecuario enfrenta grandes retos para atender de forma competitiva y sostenible los mercados locales, regionales y globales y adaptarse a los cambios climáticos.

Con miras a generar esfuerzos por mejorar la capacidad de adaptación de los sistemas productivos, se reconoce que uno de los problemas más generalizados por los que afronta la ganadería en el país es la degradación de las pasturas asociada principalmente a la compactación de los suelos haciendo que estos sistemas sean más vulnerables a variaciones climáticas extremas. Además las pasturas degradadas contribuyen a una alta emisión de metano y tienen poca capacidad de almacenamiento de carbono alterando las características del suelo como la distribución de la Materia Orgánica, la actividad microbiana y la dinámica de los nutrientes (Jenkinson, 1992); por tanto disminuye el contenido de carbono.

Al respecto se sostiene que el 70% de las tierras de pastoreo están o se encuentran en un proceso de degradación, consecuencia del sobrepastoreo, por lo que es necesario generar prácticas de manejo del suelo y de las praderas para remediar el suelo (Bravo y Florentino, 1999).

A esto se suma que las sabanas (Mouillot and Field 2005) citado por Batjes et al. (1999) son consideradas fuente importante de emisiones de Carbono por el sector ganadero, sin embargo son poco conocidas y cambiantes. A partir de esta situación surge el interrogante de cuál es el efecto de las especies forrajeras en la acumulación de carbono en el suelo en la Sabana y cómo cambia esta condición de carbono almacenado.

Una de las formas para evaluar la existencia de carbono en el suelo es a través de la materia orgánica; en el suelo (FAO, 2002) las raíces vivas son consideradas como biomasa de carbono y en las tierras de pastoreo, por ejemplo, pueden contribuir con la mayor parte del carbono del suelo. El método más comúnmente aplicado es la determinación del carbono orgánico total a diferentes profundidades o globalmente para uno o más horizontes y transformar los datos teniendo en cuenta características físicas, biológicas y químicas. Las estadísticas son calculadas sobre diferentes muestras para determinar las existencias de carbono. Los resultados pueden ser expresados en kg/cm², t/ha o Gt (Pg) totales sobre áreas especificadas y a varios rangos de profundidad.

Bajo estas condiciones, la importancia de evaluar el almacenamiento de Carbono en suelo permite relacionar el sostenimiento de la materia orgánica con la producción; además de la importancia de contrarrestar entre el 5 y el 15% las emisiones globales, aspecto de gran interés actual (FAO, 2002).

En este sentido, surge esta investigación para generar conocimiento alrededor del almacenamiento de carbono incorporado en el suelo en función de dos especies forrajeras en cultivo puro y mezcla a través de mediciones de materia orgánica a diferentes profundidades para valorar acumulación de carbono y la actividad biológica para estimar la emisión y pérdida de carbono en la Sabana de Bogotá, ecosistema altoandino así tener una aproximación a un modelo de la economía del carbono en ecosistema altoandino con influencia de sistemas de pastizales.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Valorar el efecto de dos especies *Pennisetum clandestinum* (pasto kikuyo) gramineae y *lotus uliginosus* (trébol pata de pájaro) fabacea, en cultivo puro y asociado sobre la acumulación de carbono en suelo en ecosistema altoandino.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la acumulación de carbono orgánico en el suelo.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Determinar la emisión de carbono a través de la actividad biológica del suelo en sistemas de pastizales.
- Construir con la información obtenida un modelo comparativo sobre la acumulación en la zona de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

AREA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en Corpoica, sede Tibaitatá, Mosquera en el departamento de Cundinamarca, localizado a 4° 42' Latitud Norte y 74° 12' Longitud Oeste, ubicado en la Sabana de Bogotá en el km 14 sobre la carretera central de occidente, Municipio de Mosquera del Departamento de Cundinamarca (IGAC, 2000).

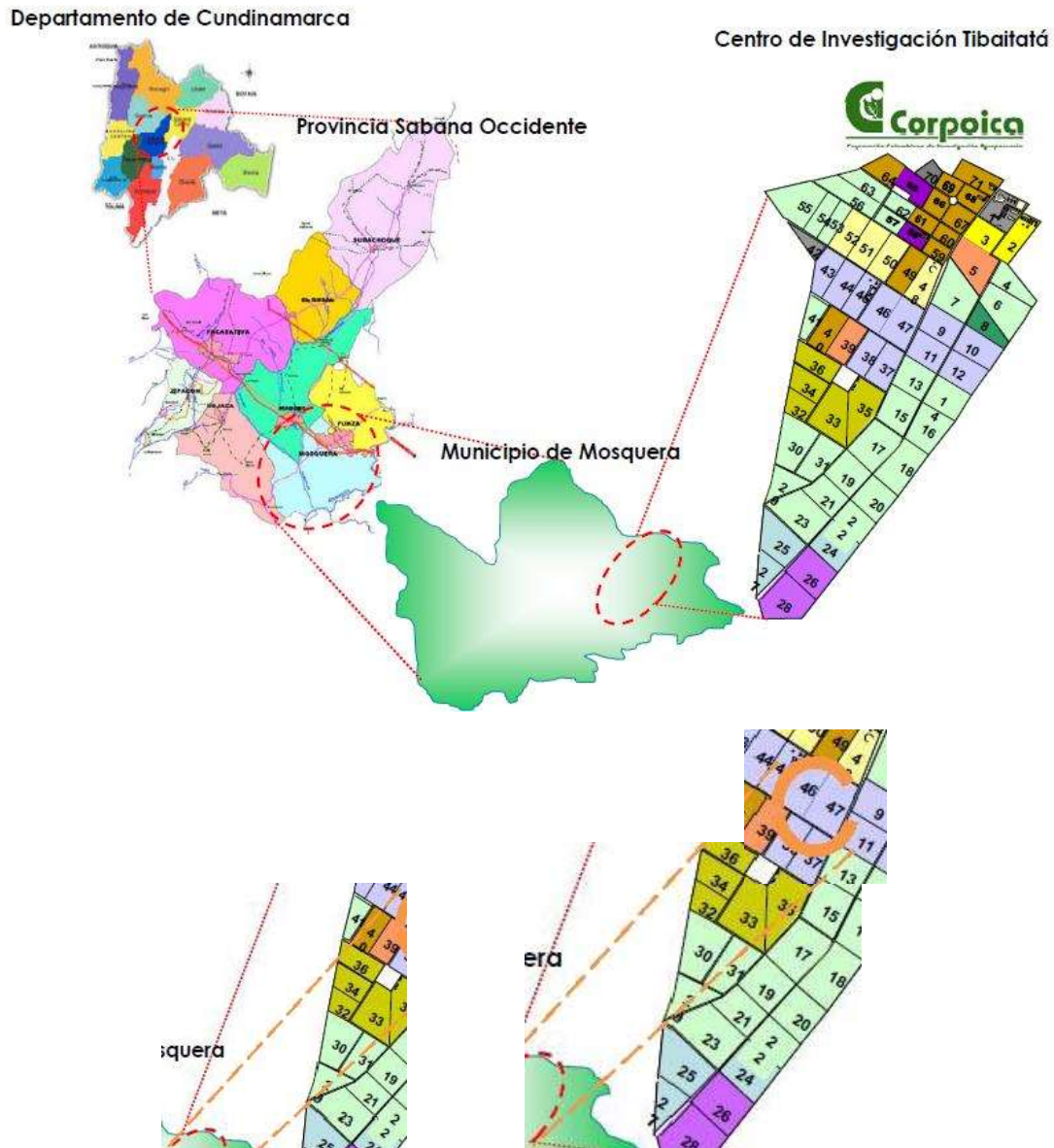


Figura 1. Ubicación del Centro de Investigación Tibaitatá en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca. Adaptado de Corpoica & Car (2008)

En cuanto a las características climáticas el área de estudio se clasifica como clima frío seco de acuerdo con Caldas-Lang, con precipitaciones medias anuales inferiores a 700 mm, distribuidas a través del año en dos épocas lluviosas; la primera en marzo a mayo y la segunda de septiembre a noviembre, dando como resultado dos períodos secos en el intermedio (diciembre a febrero y junio a agosto); sin embargo a escala interanual, estos períodos han sufrido modificaciones debido a fenómenos como “El Niño” y “La Niña” aso-

ciados con ondas de tipo atmosférico-oceánico (Rossby, Kelvin, Madden & Julian) tienden a modificar el comportamiento de las lluvias, siendo determinantes en años más húmedos (1984, 2004 y 2006) y más secos (1980, 1992 y 1997). En cuanto a la humedad relativa promedio anual es de aproximadamente 80%, siendo influenciada por la precipitación, razón por la cual, durante los meses lluviosos se presentan altos registros de humedad relativa comparado con los meses secos que tienen valores más bajos de este elemento (IGAC et al. 2000).

En cuanto a la zona de vida teniendo en cuenta la clasificación general de Holdridge, el área se ubica en el Piso Altitudinal Montano Bajo, en alturas entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. y específicamente en una formación de **Bosque seco montano bajo (bs/MB)**, con un rango de biotemperatura media entre 12 y 18°C y lluvias inferiores a 1000 milímetros al año, con una evapotranspiración promedio anual entre 650 y 690 mm (calculada por método Thornthwaite).

De acuerdo con la zonificación agroecológica de Colombia (IGAC – Gobernación, 2000) los suelos de Tibaitatá corresponden a la representación de tierras de altiplanicies, con pendientes hasta del 3%. Los suelos se clasifican taxonómicamente como **andisoles**, es decir, con influencia variable de cenizas volcánicas. Aunque la clasificación taxonómica es imprecisa para este estudio se determina que el orden, suborden y gran grupo hacen parte de la unidad definida como Haplustands medial isomésico; caracterizada por tener régimen seco, provenientes de cenizas volcánicas y con un régimen de temperatura entre 8 y 15° C. Generalmente son suelos profundos, bien drenados y de fertilidad moderada. Son áreas aptas para cultivos transitorios y ganadería intensiva. Estos suelos son representativos de 63.700 ha que se encuentran en el país.

Descripción de los materiales y métodos

Este trabajo tiene un enfoque exploratorio, experimental y explicativo abordando la interacción entre carbono orgánico y características productivas del suelo y factores climáticos. La metodología aplicada permite comparar y evaluar relaciones entre especies forrajeras y valores de carbono, cuyos resultados son analizados a través de gráficos de referencia; para su desarrollo fueron tenidas en cuenta las siguientes fases:

Fase I: Revisión secundaria.

Colectar la información existente sobre estudios relacionados con dinámica de carbono en el suelo y su relación con sistemas de pasturas, métodos de análisis basado en estudios de la FAO (2002), IPCC (2001), descripción del perfil de suelos de Tibaitatá de acuerdo con el IGAC et al. (2000); estudios sobre actividad biológica del suelo desarrollados entre otros investigadores por Weissenberg (1954), Haber (1958), Wiant (1967), Witkamp (1966), Kucera et al. (1971), Jong et al. (1972), Caballero et al (1985) y (1986).

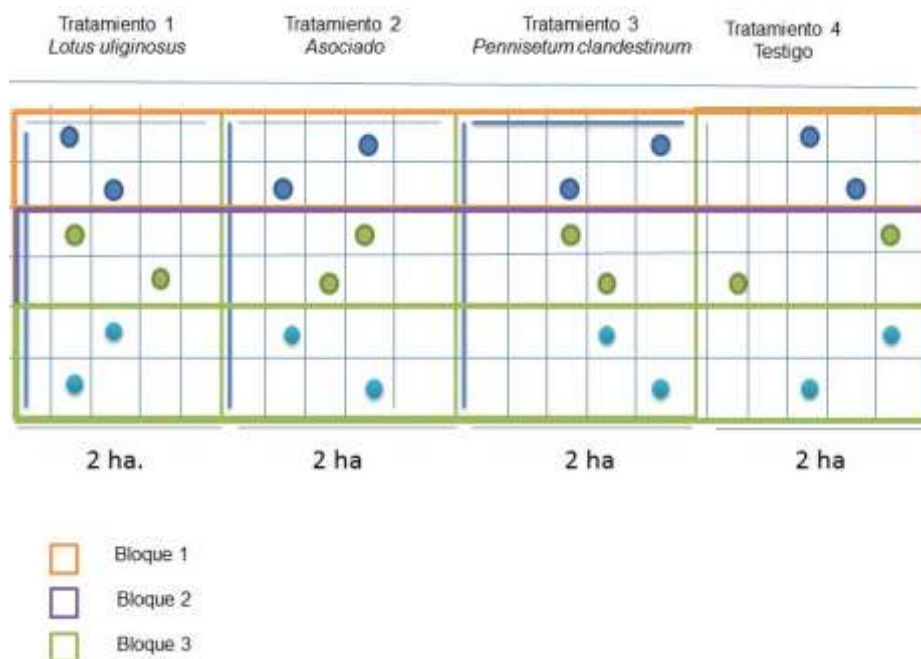


Gráfico 1.
tratamien-
área de

**Diseño de
tos en el
estudio.**

Sistema de grillas

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Fase II. Selección de áreas muestrales

El estudio abarca la totalidad del área de sistemas de pasturas con dos años de establecimiento para producción de leche especializada por la Empresa Ganadera de Megaleche, es decir aproximadamente 8 hectáreas divididos en aproximadamente 2 ha cada uno, para considerar el muestreo por cada tratamiento, siguiendo un diseño completamente no aleatorizado diferenciados en tres bloques; efectuando 4 repeticiones, durante un año.

La distribución de los muestreos utilizando el sistema de grilla sigue las pautas del método para toma de muestras definido por el Instituto Agustín Codazzi, tal como se puede observar en el gráfico 1. Los tratamientos fueron: 1) leguminosa forrajera *Lotus uliginosus* con cobertura del 100%; 2) Asociado *Pennisetum clandestinum* con una cobertura de 60-70% *Lotus uliginosus* 30-40%; 3) *Pennisetum clandestinum* con 100% de cobertura; 4) Testigo con *Pennisetum clandestinum* cobertura del 100%.

Las prácticas de renovación de praderas (guadaña y aplicación de fusilade 1. (2 lt/ha); 2. (1lt/ha); 3 (no se fumiga), control de malezas manual y fertilización fueron aplicados en los tratamientos 1, 2 y 3; mientras que en el tratamiento 4 no se efectúan prácticas de manejo y renovación de praderas.

Fase III. Mediciones

Las siguientes fueron las mediciones desarrolladas para dar cumplimiento a los objetivos propuestos:

• **Mediciones en suelo:**

- Para la determinación de almacenamiento de carbono fueron realizadas 24 cajuelas de 20*20 cm en el área de estudio, a las profundidades de 0-15, 15-30 (Horizonte A) y 30-60 cm (Horizonte B) cuyas distancias oscilan entre 50, 100 mt -150 mt sistema adaptado por recomendaciones del CIAT, con 4 repeticiones.
- **Determinación de carbono total por el método de combustión seca:** Las muestras de suelo son secadas y molidas y luego su tamaño es reducido adecuadamente en un molino de balines diseñado en el CIAT, para que el suelo quede con un tamaño de partícula de 105 µm de una manera homogénea (Rondon y Thomas, 1994); las muestras son analizadas en el Laboratorio de Isótopos estables de la Universidad de California. El análisis es destructivo, ya que las muestras de suelo son pasadas a estado gaseoso mediante la aplicación de temperatura para poder ionizar la muestra y establecer los niveles de fracción estable de carbono a través de nitrógeno total, C13 y N15.
- **Determinación de carbono total por el método de combustión húmeda:** El método más utilizado es el de Walkley Black la diferencia con el anterior es que no incluye el conteo de carbonatos.
- **Humedad gravimétrica del suelo:** Las muestras son secadas en estufa eléctrica a peso constante a una temperatura de 105 grados centígrados.
- **Densidad aparente:** muestras no disturbadas en anillos de 2.5 cm de altura por 5 cm de diámetro, cálculo requerido para determinar el peso de carbono por hectárea.
- **Determinación de actividad biológica de suelo:** para la cuantificación de la respiración del suelo es utilizada una caja para la captación de CO₂ evolucionado, medida in situ por medio de la cual se utiliza la capacidad de KOH para absorber el CO₂ expulsado por raíces (tratamientos 1, 2 y 3) y por un área desprovista de vegetación (tratamiento 4) durante períodos diurnos y nocturnos con ciclos de 12 horas.
- **Monitoreo por arreglos de recambio de emisiones:** para el monitoreo de los flujos de GEI entre el suelo y la atmósfera, se utiliza la técnica de la cámara cerrada estática, la cual es utilizada a nivel internacional para la medición de Dióxido de carbono y se encuentra estandarizada y validada en CIAT (Chu, 2007; Robertson, 2000; Smith, 1995). Por cada cámara, se toman muestras de 10 ml de aire en los tiempos 0, 10, 20 y 30 minutos a partir de la ubicación de la cámara mediciones mensuales durante un año; registrando datos de temperatura y humedad del suelo para su respectivo análisis. Estas muestras son posteriormente enviadas al laboratorio de Isótopos estables del CIAT, para determinar la concentración de Dióxido de Carbono con el cromatógrafo de gases Shimadzu® GC-14^a.

Fase IV. Procesamiento y Análisis de datos

Los datos son organizados y tabulados de acuerdo con cada tipo de medición y análisis comparando medias, efectuando análisis de componentes principales. Con los registros se permite establecer correlación entre el carbono orgánico, factores climáticos y características productivas del suelo. Se elaboran modelos utilizando Stella por cada tratamiento para hacer una aproximación al balance de carbono a través de valores de referencia y medidos teniendo presente variables del carbono fijado, Materia orgánica del suelo y

materia orgánica de la vegetación (respirado). Este análisis se complementa aplicando geo estadística (empleo de Arc Gis) como simulación construyendo perfiles de acumulación de carbono por cada tratamiento.

RESULTADOS PARCIALES

La investigación en curso ha permitido evaluar algunos estimativos sobre compartimentalización de carbono y respiración del suelo.

En cuanto al almacenamiento de carbono por combustión seca, hasta donde se ha logrado avanzar el valor mayor se concentra en el tratamiento 4 testigo a una profundidad entre 30 a 60 cm; este resultado se relaciona con la madurez de la especie y el manejo dado que comparado con los demás tratamientos no se efectúan prácticas de renovación ni adición de fertilizantes.

Con respecto al comportamiento respiratorio del suelo en el área de estudio a través de comparaciones entre las medias por cada cobertura y período (diurno y nocturno) con una confiabilidad del 95%; tal situación puede ser observada en el Gráfico 2 en donde es posible inferir diferencias significativas entre período más que entre cobertura. Se aclara que estos valores obtenidos son parte de un rango o umbrales de productividad.

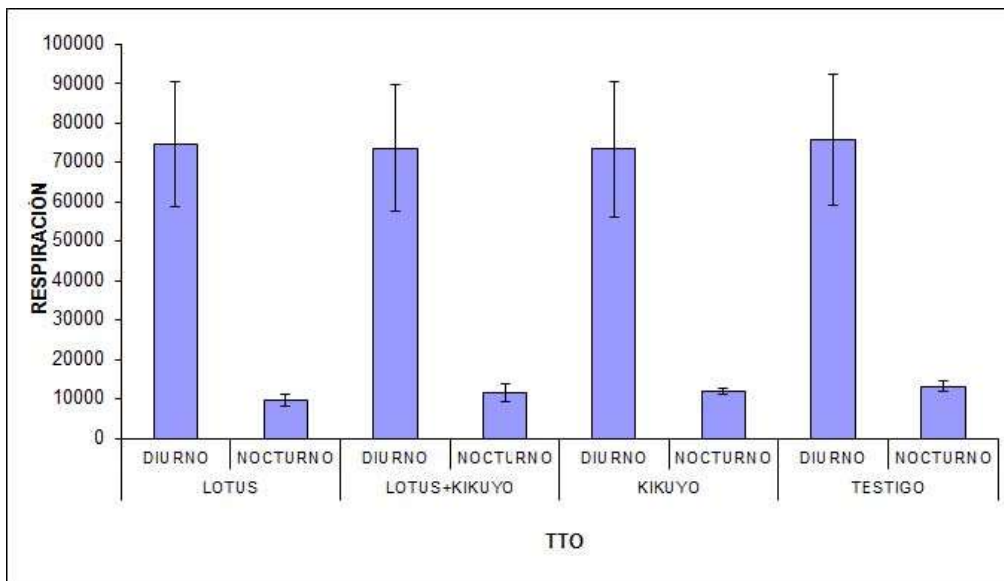


Gráfico 2. Actividad respiratoria del suelo para 4 tratamientos en ecosistemas altoandinos.

En este sentido, los períodos diurnos se diferencian por menores y mayores valores entre 73.438 mg CO₂/m² y 75.940 mg CO₂/m², representados por los tratamientos 3 *Pennisetum clandestinum* y 4 testigo, respectivamente; estos datos son paralelos a registros climáticos promedio como temperatura del suelo de 17.7°C y una humedad del suelo de 36.12 %.

Comparado con los períodos nocturnos cuyos valores menores y mayores oscilan entre 9.645 mg CO₂/m² y 13.166 mg CO₂/m², representados por los tratamientos 1 *Lotus uliginosus* y 4 testigo, respectivamente. Estos datos se presentan con una temperatura del suelo promedio de 14,17° C y una humedad del suelo de 50,89 %.

El primer acercamiento para evaluar la respiración del suelo permite concluir como se mencionó en la aseveración anterior diferencias marcadas entre períodos más que cobertura, confirmando que existe una producción de CO₂ de día, tal como lo afirma Jong et. al (1972) es justo en este intervalo en el que ocurre la respiración y el reporte de la máxima tasa debe estar entre 1.5 a 2 de tiempo con respecto a la nocturna.

Por otro lado, la relación entre la respiración y el pH del suelo el cual oscila entre 5.4 a 5.8 para los 4 tratamientos sin representar diferencias significativas. De acuerdo con Gaucher (1971) esto se debe a que el pH actúa sobre las proporciones relativas del CO₂ libre y de CO₂ compuesto: se afirma que pH ácidos entre 5 a 6 mantienen una elevada proporción de CO₂ libre, a diferencia de pH alcalinos que favorecen la fijación de CO₂ combinado y disuelto; en este sentido, los valores son muy altos para CO₂ libres.

PERSPECTIVAS DEL TRABAJO

El potencial del contenido de carbono en suelos cultivados en pasturas permite orientar procesos de temporalidad, espacialidad y relaciones entre variables físicas y de manejo de los suelos en ecosistemas altoandi-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

nos.

Las lecturas faltantes por analizar sobre acumulación de carbono a través de isótopos permitirán evaluar las transformaciones de los residuos orgánicos frescos en materia orgánica del suelo y sus distintas fracciones como indicador para evaluar los cambios asociados a labranza u otros tipos de manejo, usos y capacidad productiva del suelo; de allí la importancia de su análisis.

De otra parte, los resultados de los flujos de emisión a través de la tasa de intercambio (FT) del gas en la superficie del suelo, entre el suelo y la atmósfera y su relación con la actividad respiratoria, climática y propiedades químicas permiten inferir diferencias entre tratamientos así como establecer afirmaciones válidas sobre la eficacia o no del método empleado.

Con respecto a la actividad celulolítica es posible explicar entre otras las tasas de mineralización e incorporación de materia orgánica factor explicado por la génesis de suelos derivados de ceniza volcánica y su incidencia en la relación C/N.

Con los datos señalados es posible evaluar la compartimentalización del carbono dentro del ciclo global en sistemas de pastizales; representado a través de flujos netos de emisión y acumulación; como herramientas para incidir en procesos de toma de decisiones relacionadas con estrategias de adaptación al cambio climático y en la búsqueda de alternativas sostenibles que permitan sugerir mecanismos de remediación del suelo y modular las formas y modos de producción hacia el bienestar ambiental, animal y sociocultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta M. - Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal agrícola de ladera de México. Tesis. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 121 p. 2003.

Albrecht A Kandji ST. - Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agric. Ecosyst. Env.* 99:15-27. 2003.

Balesdent J., Chenu C. - Balabane M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research* 53: 215-220. 2000.

Balesdent J., Arrouays D. - Usage des terres et stockage du carbone dans les sols du territoire français (1900-1999) *C.R. Acad. Agric. Fr* 85 (6): 265-277. 1999

Batjes NH. - Management options for reducing CO₂- concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. *ISRIC. Wageningen, The Netherlands.* 114 pp. 1999.

Batjes NH. - Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47: 151-163. 1996.

Batjes NH. y. Sombroek WG. - Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biology* 3(2): 161-173. 1997.

Blaxter KL, Clapperton JL. - Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British journal of nutrition* 19: 511-522. 1965.

Bravo C y Florentino A. - Nivel de cobertura, conservación y aguas bajo diferentes sistemas de labranza. *Revista de la Facultad de Agronomía, Maracay* 25: 57-74. 1999.

Caballero LM.; Sanchez LE. - Actividad biológica y celulolítica como contribución al índice de calidad de sitio del Pinus de patula en la región de Neusa, Cundinamarca. Tesis de grado de Ingeniería Forestal. Bogotá. 1985.

Caballero LM.; Sanchez LE. - Acción de Eucaliptus globulus, Pinus radiata y ocho especies nativas del alto andino sobre el suelo, Cundinamarca. Tesis de grado de Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1986.

Campbell Bruce M; IJ. Gordon MK, Luckert L Petheram, S Vetter. In search of optimal stocking regimes in semi-arid grazing lands: One size does not fit all. *Ecological Economics* 60: 75-85. 2006.

Chu, H., Hosen Y., K. Yagi. - "NO, N₂O, CH₄ and CO₂ fluxes in winter barley field of Japanese Andisol as affected by N fertilizer management". *Soil Biology and Biochemistry.* 39: 330-339. 2007.

Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Corpoica), Corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR). - Estudio técnico para la propuesta de declaratoria como área protegida del predio Tibaitatá. Mosquera. 2008.

Esquivel E. - Uso de suelo y almacenamiento de carbono en dos comunidades del municipio de Marqués de Comillas, Chiapas. Tesis. Instituto Politécnico Nacional, México, D.F. 136 pp. 2005.

FAO/IFAD. - Prevention of land degradation, enhancement of carbon sequestration and conservation of biodiversity through land use change and sustainable land management with a focus on Latin America and the Caribbean. *World Soil Resources Reports* 86. 1999.

Field C.B., Fung IV. - The not-so-big U.S. carbon sink. *Science* 285: 544-545. 1999.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Fujisaka S., Castilla C., Escobar G., Rodríguez V., Veneklass E., Thomas R., Fischer M. - The effects of forest conversion on annual crops and pastures: Estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 69: 17-26 1998.
- Haber W. - Okologische untersuchung der bodenatmung. *Flora* 146. p. 109-157. 1958.
- Houghton, R.A., Hackler, J.L., Lawrence, K.T. The U.S. carbon budget: contributions from land-use change. *Science* 285: 574-577. 1999.
- Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Gobernación del Departamento de Cundinamarca. Departamento de Cundinamarca – Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Bogotá, D.C. 2000.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC-TAR. - Climate Change: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 2001.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). - Climate Change. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the fourth assessment report of the IPCC. Plenary XXVII. Valencia, Spain, 12-17 November. 2007.
- Jong E., Schappert H. - Calculation of soil respiration and activity from CO₂ profiles in the soil. *Soil Sci.* Vol. 113. p. 328-333. 1972.
- Kucera C; Kirkham D. - Soil respiration studies in tallgrass prairie Missouri. *Ecology* 52. p. 912-915. 1971.
- Lal R., Kimble JM., Follet RF., Cole CV. - The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. Ann Arbor Press, Chelsea, MI. 128pp. 1998a
- Moraes JL., Seyler F., Cerri CC. & Volkoff, B. - Land cover mapping and carbon pools estimates in Rondonia, Brazil. *Int J. Remote Sensing* 19: 921-934. 1998.
- Organización para agricultura y la alimentación, FAO. - La evaluación del almacenamiento del carbono en el suelo y los principales cambios. UN Food and Agriculture Organization www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s06.htm (15/06/2006). 2006.
- Organización para agricultura y la alimentación, FAO. - Captura de Carbono en los Suelos para un mejor manejo de la Tierra. En: Informes sobre recursos mundiales de suelos. Cap. 3. ISBN 92-5-304690-2. 73. 2002
- Paustian K., Elliot ET., Killian K. - Modeling soil carbon in relation to management and climate change in some agroecosystems in Central North America. In: *Soil Processes and the Carbon Cycle*. Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Stewart, B.A. (eds). CRC Press. Boca Raton, FL. p. 459-471. 1998b
- Passionato CC. - Emisao de CO₂, N₂O e NO em diferentes práticas de manejo para a recuperacao de pastagens no estado de Rondonia, Brasil. Piracicaba, SP (Brazil). pp.88. 2004.
- Puget P., Chenu C., Balesdent J. - Total and young organic matter distributions in aggregates of silty cultivated soils. *European Journal of Soil Science* 46: 449-459. 1995.
- Robertson GP., Paul EA., Harwood RR. - Greenhouse gases in intensive agriculture: Contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Sciences*. 289: 1922-1925. 2000.
- Rondón MA., Thomas R. - Piston-action ball mill for the rapid prepreparation of plant and soil samples for the automated analysis of nitrogen ((15) N and carbon ((13)C). *Communications an Soil Sciences and Plant Analysis (USA)*. 25: 435-445. 1994.
- Smith KA., Clayton H., McTaggart IP., Thomson PE., Arah JRM., Scott A., Goulding KWT., Monteith JL., Phillips VR. - The measurement of nitrous oxide emissions from soil by using chambers. *Philosophical Transactions: Physical Sciences and Engineering*. Vol. 351. No. 1696. The Exchange of Trace Gases between Land and Atmosphere. pp. 327-338. 1995.
- Tian G, Kang BT, Kolawole GO, Idinoba P, Salako FK. - Longterm effects of fallow systems and lengths on crop production and soil fertility maintenance in West Africa. *Nutr. Cycl. Agroecosyst*. 71: 139-150. 2005.
- Trumbmore SE., Davidson E.A., Barbosa de Camargo P., Nepstad DD., Martinelli LA. - Belowground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles* 9: 515-528. 1995.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). - Climate change, small island developing states. 11th meeting, Montreal. Climate change secretariat (UNFCCC), Bonn, Germany. 2005.
- Van Noordwijk M., Cerri C., Woomer P.L., Nugroho K., Bernoux M. - Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. *Geoderma* 79: 187-225. 1997.
- Vogt KA, Vogt DF, Palmiotto PA, Boon P, O'Hara J, Asbjørnsen H. - Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant Soil* 187: 159- 219. 1996.
- Weissenberg H. - Die mikroorganismenatitgkeit auf rohumushaltigem. Heidesand gemessen an der CO₂ produktion. *Z. Pflanzenernahrung. Dung Boderkde* 66. p 227-239. 1954.
- Wiant H. Influence of temperature on the rate of soil respiration. *J. forest* 65. p. 489-490. 1967.
- Witkamp M. - Decomposition leaf litter in relation to environment microflora microbial respiration. *Ecology*, vol. 47. No. 2. 1966.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Young A. - Soil monitoring: a new basic task for soil surveys, Soil Use and Management 7: 126- 130. 1991.

AGRADECIMIENTOS

A Olga Lucía Mayorga, Química. PhD. Corpoica. Director externo.

A Julio Beltrán, Director Interno. Coordinador Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental. Universidad Francisco José de Caldas.

A Luis Martín Caballero, Codirector, Biólogo, Químico. Universidad Nacional de Colombia.

A Libardo por la asistencia técnica.

A Alexis Zambrano, Asesor Científico. Lic. Químico. Master en Ciencias del Suelo. Profesor Agregado Universidad de Los Andes Mérida Venezuela. Laboratorio de Investigaciones y Análisis Químicos, Industriales y Agropecuarios (LIAQIA), Facultad de Ciencias. Departamento de Química, Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela.

A los Estadísticos Rubén Medina de CENICAFE; Jorge Arguelles y Guillermo Carvajal de Corpoica por el gran apoyo brindado en Estadística.

Al Ingeniero Alvaro Botero Muñoz, Asesor en SIG.

A los Docentes de la Universidad Nacional de Colombia Germán Afanador y Edgar Cárdenas; los Doctores Edgar Villaneda de Corpoica.

ANÁLISIS DE LA EVAPORACIÓN EN EL CENTRO DE MÉXICO: TENDENCIAS, AUTO-AFINIDAD Y FRECUENCIAS IMPORTANTES

Magallanes Quintanar R^{1,*}, Valdez Cepeda RD^{2,3}, Blanco Macías F³

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Ave. Ramón López Velarde 801, CP 98064, Zacatecas, Zac., México. Tel:+52 492 9239407 ext. 1215. tiquis@gmail.com

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte. Calle Cruz del Sur No. 100, Col. Constelación. Apdo. Postal 196, CP 98085, El Orito, Zacatecas, Zac., México.

³Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Calzada Solidaridad s/n. CP 98064, Zacatecas, Zac., México.

Introducción

Históricamente, la mayoría de los estudios confían en el punto de vista tradicional de que las tendencias de evaporación son un reflejo de las tendencias de la evaporación terrestre superficial. La evaporación del agua medida en los tanques evaporímetros ha disminuido en muchas regiones del mundo a partir de la segunda mitad del siglo pasado (Roderick and Farquhar, 2004), lo cual sugiere una disminución reciente en la evaporación terrestre componente del ciclo hidrológico, (Lawrimore and Peterson, 2000). En el hemisferio norte, decrementos en la evaporación de tanque evaporímetro, en promedio de 2 a 4 mm/año, han ocurrido en varias décadas y hasta 1990 (Gifford et al., 2005). A pesar de estos impresionantes hechos, existe la carencia de estudios acerca del comportamiento de la evaporación y su posible relación con fenómenos periódicos en México, aunque se cuenta con una red nacional de estaciones meteorológicas.

Generalmente se ha esperado que la evaporación se incremente en el futuro debido al incremento de las temperaturas debido al calentamiento global y a una intensificación del ciclo hidrológico (Huntington 2006). Sin embargo, varios reportes muestran que la tendencia de la evaporación terrestre se está decrecentando (Chattopadhyay and Hulme, 1997; Quintana-Gomez, 1998; Linacre, 2004).

El conocer el comportamiento de la evaporación local puede ser de gran importancia socioeconómica dado que en las áreas rurales es común asociarlo con valores de coeficientes de cultivos para programación de riego y administración de recursos hidráulicos (Mutziger et al., 2005). Este es el caso de las áreas áridas y semiáridas irrigadas (150,000 ha) del estado mexicano de Zacatecas, donde los acuíferos están sobreexplotados con un déficit de 201,100,000 m³ por año (SEMARNAT, 2008).

Adicionalmente a los análisis estadísticos tradicionales, las series de tiempo de evaporación pueden ser analizadas utilizando otros enfoques, por ejemplo, pueden tratarse como perfiles fractales. Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron: 1) Identificar las tendencias de 40 series de largo plazo de evaporación registrada en estaciones meteorológicas en el estado de Zacatecas, México y 2) Identificar frecuencias importantes y su posible conexión con fenómenos periódicos de las series de anomalías de largo plazo de evaporación por medio del análisis de espectro de potencia.

MATERIAL Y METODOS

Datos

Los datos originales fueron registros de largo plazo de evaporación. Se colectaron esos conjuntos de datos de 40 estaciones meteorológicas ubicadas en el territorio del estado de Zacatecas, México. Las generalidades para cada estación se aprecian en el cuadro 1. Los datos fueron proporcionados por la 'Comisión Nacional del Agua', institución nacional oficial a cargo del registro de los datos climatológicos y meteorológicos en México.

Cuadro 1. Generalidades de las estaciones meteorológicas y análisis de tendencias lineales

Estación	Coordenadas	msnm	Periodo	Meses	Y = a + bx	
					a	b
Cedros	24° 40' 43" N 101° 46' 26" W	1763	Jan 1979–Nov 2005	431	-2524.44	1.35 (p=5.03E-10)
Chalchihuites	23° 14' 27" N 102° 34' 31" W	2060	Nov 1966–Dec 2005	470	-1763.17	0.97 (p=0.142269)
Col. González Ortega	23° 57' 22" N 103° 27' 02" W	2190	Jan 1970–Oct 2003	406	-1113.10	0.65 (p=0.01446)
El Cazadero	23° 41' 35" N 103° 26' 50'	1898	Jun 1959– Dec 2005	564	-244.20	0.21 (p=0.22826)
El Platanito	22° 36' 43" N 104° 03' 05" W	990	Jul 1957–Dec 2005	582	1290.05	0.75 (p=2.20E-4)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Estación	Coordenadas	msnm	Periodo	Meses	Y = a + bx	
					a	b
El Rusio	22° 26' 34" N 101° 47' 09" W	2104	Jan 1967–Dec 2005	468	1400.71	-0.61 (p=0.00362)
El Sauz	23° 10' 46" N 103° 01' 26" W	2090	Jan 1947–Dec 2005	707	1139.34	-0.49 (p=0.546E-5)
Excame III	21° 38' 58" N 103° 20' 23" W	1740	Jan 1946–Nov 2005	719	2656.99	-1.26 (p=0)
Fresnillo	23° 10' 22" N 102° 56' 26" W	2195	Sep 1949–Dec 2005	676	1348.22	-0.59 (p=4.47E-5)
Gral. Guadalupe Victoria	22° 23' 43" N 101° 49' 52" W	2183	Jan 1966–Dec 2005	480	1529.21	-0.69 (p=8.40E-5)
Gruñidora	24° 16' 19" N 101° 53' 05" W	1825	Jan 1963–Dec 2005	516	-2164.86	1.17 (p=2.77E-8)
Huanusco	21° 46' 01" N 102° 58' 07" W	1495	Jan 1972–Feb 2005	398	1748.48	-0.79 (p=0.00518)
Jerez	22° 38' 31" N 103° 00' 05" W	2098	Aug 1962–Dec 2005	521	3909.85	-1.88 (p=0)
Jiménez del Téul	23° 15' 18" N 103° 47' 54" W	1900	Aug 1962–Dec 2005	520	1298.81	-0.57 (p=5.09E-4)
Juchipila	21° 23' 14" N 103° 06' 53" W	1270	Jan 1947–Dec 2005	708	807.32	-0.31 (p=0.00765)
La Florida	22° 41' 10" N 103° 36' 09" W	1870	Jul 1954–Nov 2005	617	89.56	0.03 (p=0.84511)
La Villita	21° 36' 08" N 103° 20' 13" W	1790	Jul 1957–Dec 2005	582	1460.08	-0.65 (p=5.14E-4)
Loreto	22° 16' 50" N 101° 56' 50" W	2029	Jan 1963–Dec 2005	516	252.36	0.21 (p=0.25449)
Monte Escobedo	22° 19' 32" N 103° 29' 38" W	2190	Sep 1963–Dec 2005	508	1489.13	-0.67 (p=8.40E-4)
Nochistlán de Mejía	21° 21' 55" N 103° 50' 32" W	1850	Oct 1949–Jun 2001	621	114.57	0.03 (p=0.83059)
Ojocaliente	22° 24' 38" N 102° 16' 09" W	2050	Aug 1959–May 2006	562	57.33	0.05 (p=0.71859)
Palomas	22° 20' 47" N 102° 47' 48" W	2030	Mar 1969–Dec 2005	442	423.63	-0.11 (p=0.70594)
Pinos	22° 16' 54" N 101° 34' 47" W	2408	Jan 1947–Mar 2006	711	41.74	0.06 (p=0.54835)
Presa El Chique	22° 00' 00" N 102° 53' 23" W	1620	Jan 1963–Dec 2005	516	2066.01	-0.95 (p=3.78E-5)
San Antonio del Ciprés	22° 56' 08" N 102° 29' 14" W	2145	Jan 1969–Nov 2005	443	53.62	0.07 (p=0.76251)
San Gil	24° 11' 43" N 102° 58' 36" W	1810	Aug 1969–Apr 2006	441	1594.58	-0.71 (p=0.00502)
San Isidro de los González	22° 50' 41" N 103° 22' 57" W	2000	Jan 1976–May 2006	360	710.52	-0.27 (p=0.43297)
San Pedro Piedra Gorda	22° 27' 09" N 102° 20' 49" W	2032	Jan 1943–Jun 2006	762	1302.66	-0.57 (p=6.62E-8)
Santa Lucía	22° 26' 03" N 104° 13' 00" W	2252	Aug 1972–Oct 2004	387	779.50	-0.31 (p=0.29352)
Santa Rosa	22° 55' 34" N 103° 06' 47" W	2240	Jan 1947–Dec 2005	708	1024.98	-0.43 (p=6.01E-4)
Tayahua	22° 07' 13" N 102° 51' 46" W	1549	Jan 1973–Dec 2005	396	1473.74	-0.65 (p=0.01347)
Tecomate	21° 32' 40" N 103° 02' 32" W	1375	Jan 1947–Jul 1997	607	2740.37	-1.29 (p=7.64E-13)
Teúl de González Ortega	21° 27' 42" N 103° 27' 52" W	1900	Oct 1962–Dec 2005	619	1801.34	-0.83 (p=1.91E-6)
Tlaltenango	21° 46' 54" N 103° 17' 45" W	1700	Jul 1949–Dec 2005	678	2119.65	-0.98 (p=1.03E-14)
Trancoso	22° 44' 39" N 102° 22' 10" W	2190	Jun 1950–Nov 1994	534	3839.05	-1.85 (p=0)
Villa de Cos	23° 17' 26" N 102° 20' 44" W	2050	Jan 1962–Dec 2005	528	370.47	-0.10 (p=0.59771)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Estación	Coordenadas	msnm	Periodo	Meses	Y = a + bx	
					a	b
Villa García	22° 10' 10" N 101° 57' 27" W	2120	Jan 1959–Oct 2004	550	1130.35	-0.49 (p=0.00251)
Villa Hidalgo	22° 20' 49" N 101° 42' 55" W	2167	Jan 1954–Abr 2006	628	668.92	-0.25 (p=0.07253)
Villanueva	22° 21' 43" N 102° 53' 22" W	1920	Jan 1963–Dec 2005	516	-144.55	0.16 (p=0.40962)
Zacatecas	22° 45' 39" N 102° 34' 30" W	2485	Jun 1963–Dec 2003	633	396.91	-0.11 (p=0.45179)

Tendencias lineales significativas a $p < 0.05$ están en negritas

Los conjuntos de datos originales se trataron como perfiles fractales para estimar inicialmente sus tendencias lineales por medio del análisis de regresión lineal y posteriormente para calcular los índices de auto-afinidad de las series de tiempo de anomalías de evaporación mediante análisis fractal utilizando la técnica de espectro de potencias.

Tendencias lineales de las series y anomalías de evaporación

Las series de tiempo climáticas son en general no estacionarias, y frecuentemente presentan tendencias de largo plazo. Por lo tanto el remover las tendencias es un punto importante a fin de evitar que el comportamiento no estacionario que acompaña esos datos arroje resultados espurios (Peng et al., 1994; Hausdorff and Peng, 1996). Cuando este paso se lleva a cabo, la nueva serie de tiempo se conoce como serie de tiempo de anomalías (Wilks, 1995).

Las tendencias lineales se estimaron a través del análisis de regresión lineal tomando en cuenta el siguiente modelo simple:

$$Y_i = a + bX_i. \quad (1)$$

Antes de efectuar el análisis fractal mediante el enfoque de espectro de potencias, las tendencias lineales de las series fueron removidas siguiendo la ecuación 1:

$$Y_{di} = Y_i - (a + bX_i), \quad (2)$$

Donde Y_{di} es la $i_{ésima}$ evaporación media mensual sin tendencia.

Análisis Fractal

La variación temporal de fenómenos naturales ha sido difícil de caracterizar y de cuantificar. Para solucionar estos problemas, el análisis fractal fue introducido por Mandelbrot (1982). Las series de tiempo se pueden caracterizar por una dimensión no entera (dimensión fractal) cuando ésta es tratada como una caminata aleatoria o un perfil auto-afín. Los sistemas auto-afines son caracterizados a menudo por la rugosidad que se define como la fluctuación de la altura sobre una escala de la longitud. Para los perfiles auto-afines, la rugosidad se escala con el tamaño lineal de la superficie por un exponente llamado de rugosidad o exponente de Hurst. Sin embargo, este exponente da información limitada acerca de la distribución subyacente de la diferencia de alturas (Evertsz and Berkner, 1995). Existe el hecho de que el exponente de Hurst y la dimensión fractal miden que tan lejana está una curva fractal de cualquier función suavizada que se utiliza para aproximarla (Moreira et al., 1994). Hay una gran cantidad de técnicas para estimar la dimensión fractal para los perfiles auto-afines, pero solamente utilizamos la técnica de espectro potencial, porque es una buena herramienta exploratoria sensible para datos reales (Weber y Talkner, 2001).

Enfoque de espectro de potencias

Los fractales auto-afines son generalmente tratados cuantitativamente utilizando técnicas espectrales. La variación de el espectro de potencias $P(f)$ con frecuencia f parece seguir una ley de potencia (Turcotte, 1992):

$$P(f) \sim f^{-\beta}. \quad (3)$$

El espectro de potencias $P(f)$ Se define como el cuadrado de la magnitud de la transformada de Fourier de la evaporación mensual. Denotando la evaporación como una función del tiempo $Z(t)$, tenemos

$$P(f) = \left| \int_{t_0}^{t_1} Z(t) e^{-i2\pi ft} dt \right|^2, \quad (4)$$

donde t_0 y t_1 son los límites del tiempo sobre el cual se extiende la serie. En el caso del registro de evaporación, el cual se muestra en intervalos de tiempo discretos, debemos utilizar la versión discreta de la ecuación 4:

$$P(f) = \left| \sum_{t=t_0}^{t_1} Z(t) e^{-i2\pi ft} \right|^2. \quad (5)$$

El siguiente paso es obtener una relación entre la potencia β y la dimensión fractal D . Considerando dos series de tiempo $Z_1(t)$ y $Z_2(t)$ relacionadas por

$$Z_2(t) = \frac{1}{r^H} Z_1(rt); \quad (6)$$

se puede observar que $Z_1(t)$ tiene las mismas propiedades estadísticas que $Z_2(t)$, y ya que Z_2 es una versión reescalada de Z_1 , sus densidades espectrales también deben reescalarse. Por tanto podemos escribir

$$P(f) = \frac{1}{r^{2H+1}} P\left(\frac{f}{r}\right). \quad (7)$$

Resulta que

$$\beta = 2H + 1 = 5 - 2D_s, \quad (8)$$

$$D_s = \frac{5 - \beta}{2}, \quad (9)$$

y

$$H = 2 - D_s, \quad (10)$$

donde D_s denota la dimensión fractal estimada a partir del espectro de potencias y H es el exponente de Hurst.

Ya que el periodograma es una estimación pobre del espectro de potencias porque la estimación del espectro de potencias en cualquier frecuencia es muy ruidosa, con la amplitud del ruido proporcional al espectro de potencias, preferimos utilizar el artefacto de promediar los periodogramas para obtener 50 intervalos logarítmicos regulares de los dos registros (series completas y series parciales). Más aún, utilizamos la transformación "suma corrida" para incrementar la pendiente por un factor de +2, así, el exponente de Hurst y la dimensión fractal D_s de los datos graficados tendrán una pendiente entre -1 y 1 en la gráfica log-log.

En la práctica, para obtener una estimación de la dimensión fractal D_s , se calcula el espectro de potencias

$P(f)$ (donde $f = 2^p / l$, f es el número de onda, y l es la longitud de onda), y se grafica el logaritmo de $P(f)$ contra los logaritmos de f . Si el perfil es autoafín, la gráfica debería seguir una línea recta con pendiente negativa $-\beta$ (Valdez-Cepeda et al., 2003ab).

Las frecuencias importantes de las anomalías de evaporación se estimaron utilizando la gráfica obtenida mediante la densidad de espectro de potencias $\Phi_x(f)$ vs. la frecuencia tomando en cuenta los picos significativos ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Tendencias lineales

Como señalamos previamente, la evaporación medida en tanque evaporímetro se ha estado decrementando en varios lugares alrededor del planeta durante los últimos 50 años (See Brutsaert 2006; Roderick y Farquhar 2002; Lawrimore y Peterson 2000). En este siglo muchos estudios han mostrado tendencias locales de decremento en la evaporación del tanque evaporímetro. Johnson y Charma (2010) resumieron algunas tendencias generales anuales negativas del tanque evaporímetro: Australia (-2 mm año^{-1}), New Zealand (-2.1 mm año^{-1}), China (-2.9 mm año^{-1}), ex-Unión Soviética (-4 mm año^{-1}); el caso de los Estados Unidos de América se encontró en un rango de aproximadamente -1.5 a -2 mm año^{-1} . También, Gifford et al. (2005) consignaron un rango de -2 a -4 mm año^{-1} para el hemisferio norte. En el presente estudio un procedimiento de regresión lineal simple se efectuó en 40 series de tiempo de evaporación de tanque evaporímetro con el objeto de obtener sus modelos lineales (p.e. Figura 1). Las generalidades de las estaciones y los resultados del análisis de tendencias se presentan en el Cuadro 1.

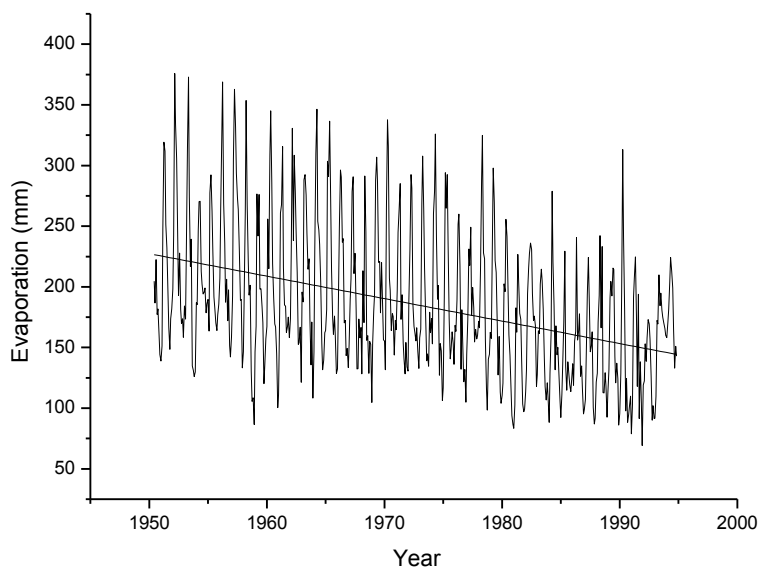


Figura 1.

Serie de tiempo de evaporación mensual registrada en Trancoso, Zac., México de Junio de 1950 a Noviembre de 1994. La línea ajustada $Y = 3849.05 - 1.85X$ se utilizó para estimar la tendencia anual de $-1.85 \text{ mm año}^{-1}$.

Tendencias negativas lineales se obtuvieron para 27 de 40 series de tiempo de evaporación. 18 de 27 tendencias fueron significativas a $p < 0.05$. Por otra parte 13 tendencias de evaporación fueron positivas pero solo 3 fueron significativas a un nivel $p < 0.05$.

La tendencia general media fue de $-0.32 \text{ mm año}^{-1}$; mientras que la media de todas las tendencias significativas fue de $-0.53 \text{ mm año}^{-1}$. Adicionalmente, la media de las tendencias significativas crecientes de evaporación fue de 1.09 mm año^{-1} , y la media de las tendencias significativas decrecientes de evaporación fue de $-0.79 \text{ mm año}^{-1}$.

Análisis de espectro de potencias

Los valores estadísticos de fractalidad de las series de tiempo de evaporación se presentan en el cuadro 2. Las series de tiempo de las anomalías de evaporación con tendencias significativas (23 de 40) fueron analizadas y se obtuvieron líneas rectas en la gráfica log-log con pendiente ($-\beta$) variando de -2.36 a -2.83 , sugiriendo que $P(f) \propto f^\beta$. Por lo tanto, significa que el espectro es singular y está representado por una curva en el plano complejo en todos los 23 casos. Los valores de D_s variaron de 1.32 a 1.48, y los valores de H variaron de 0.52 a 0.68. Así, el ruido en esas series de evaporación tiende a tener un comportamiento persistente (memoria de largo plazo) (de la Fuente et al., 1999). Como un resultado, encontramos que la variación de

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

largo plazo es más importante que la variación de corto plazo en todos los perfiles de evaporación analizados.

Cuadro 2. Estadísticos de auto-afinidad (Dimensión fractal, D_s ; exponent de Hurst, H ; y pendiente, $-\beta$) y frecuencias identificadas (años) para las series de tiempo de anomalías de evaporación con tendencias lineales significativas.

Estación	Coordenadas	Parametros de auto-afinidad			Períodos (años) de las frecuencias importantes identificadas													
		D_s	H	$-\beta$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Cedros	24° 40' 43" N 101° 46' 26" W	1.32	0.68	2.36	1.0	2.0	3.7	4.0										
El Platanito	22° 36' 43" N 104° 03' 05" W	1.32	0.68	2.36	1.0	2.0	3.0	4.0			7.0							
El Rusio	22° 26' 34" N 101° 47' 09" W	1.27	0.73	2.46	1.0		3.0	4.0		6.0				11.0				
El Sauz	23° 10' 46" N 103° 01' 26" W	1.27	0.73	2.45	1.0					5.0	6.0	7.0		10.0			13.0	
Excame III	21° 38' 58" N 103° 20' 23" W	1.20	0.81	2.61	1.0	2.0	3.0			6.0		8.0		11.0				
Fresnillo	23° 10' 22" N 102° 56' 26" W	1.48	0.52	2.04	1.0	2.0		4.0		6.0	7.0		9.0					14.0
Gral. Guadalupe Victoria	22° 23' 43" N 101° 49' 52" W	1.30	0.70	2.40	1.0	2.0	3.0	4.0		6.0		8.0						13.0
Gruñidora	24° 16' 19" N 101° 53' 05" W	1.15	0.85	2.70	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0		7.0			11.0				
Huanusco	21° 46' 01" N 102° 58' 07" W	1.31	0.70	2.39	1.0	2.0		4.0		6.0				11.0				
Jerez	22° 38' 31" N 103° 00' 05" W	1.09	0.91	2.83	1.0		3.0	4.0	5.0		7.0			10.0				14.0
Jiménez del Téul	23° 15' 18" N 103° 47' 54" W	1.25	0.75	2.50	1.0	2.0	3.0	4.0		6.0				11.0				
Juchipila	21° 23' 14" N 103° 06' 53" W	1.28	0.72	2.44	1.00	2.7	3.7	4.2	5.0					10.3				

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Estación	Coordenadas	Parametros de auto-afinidad			Periodos (años) de las frecuencias importantes identificadas													
		Ds	H	-β	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
La Villita	21° 36' 08" N 103° 20' 13" W	1.42	0.59	2.17	1.0	2.6	3.0		5.6		7.0	8.7						
Monte Escobedo	22° 19' 32" N 103° 29' 38" W	1.26	0.74	2.48	1.0		3.0	4.7	5.8		7.0							14.0
Presa El Chique	22° 00' 00" N 102° 53' 23" W	1.17	0.83	2.66	1.0	2.0		4.0			7.0		9.7					
San Gil	24° 11' 43" N 102° 58' 36" W	1.27	0.73	2.47	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0									
San Pedro Piedra Gorda	22° 27' 09" N 102° 20' 49" W	1.21	0.79	2.58	1.0	2.0		4.0				8.0					12.0	
Santa Rosa	22° 55' 34" N 103° 06' 47" W	1.39	0.61	2.22	1.0	2.0	3.3	4.0			7.0	8.0						
El Tecamate	21° 32' 40" N 103° 02' 32" W	1.21	0.79	2.58	1.0	2.0	3.0				7.0							
Teúl de González Ortega	21° 27' 42" N 103° 27' 52" W	1.27	0.74	2.47	1.0	2.0	3.5	4.0	5.5	6.3	7.8							
Tlaltenango	21° 46' 54" N 103° 17' 45" W	1.27	0.73	2.45	1.0	2.0	3.0	4.7			7.0	8.3	9.7					
Trancoso	22° 44' 39" N 102° 22' 10" W	1.33	0.67	2.33	1.0		3.0	4.0					9.0					
Villa García	22° 10' 10" N 101° 57' 27" W	1.28	0.72	2.44	1.0	2.8		4.2	5.3		7.0		9.5					

Frecuencias importantes

Las gráficas de densidad del espectro de potencias, $\Phi_x(f)$ versus frecuencia nos permitió identificar las frecuencias dominantes en las series de anomalías de evaporación, en términos de frecuencias dominantes (1/año) que parecen ser importantes en el proceso de evaporación. El cuadro 2 nos muestra los resultados solo para las 23 series con tendencias lineales significativas. Los lectores deben tomar nota de que este enfoque nos da algunos componentes de frecuencia que no toman en cuenta tiempo y longitud, porque este análisis nos da una resolución en frecuencia que está determinada por el tamaño de ventana en toda la serie de tiempo analizada. En otras palabras, los resultados como los que se muestran en la figura 2 nos dan información útil acerca de los contenidos de frecuencia de la serie analizada, pero no indican en que tiempo ocurren esas frecuencias.

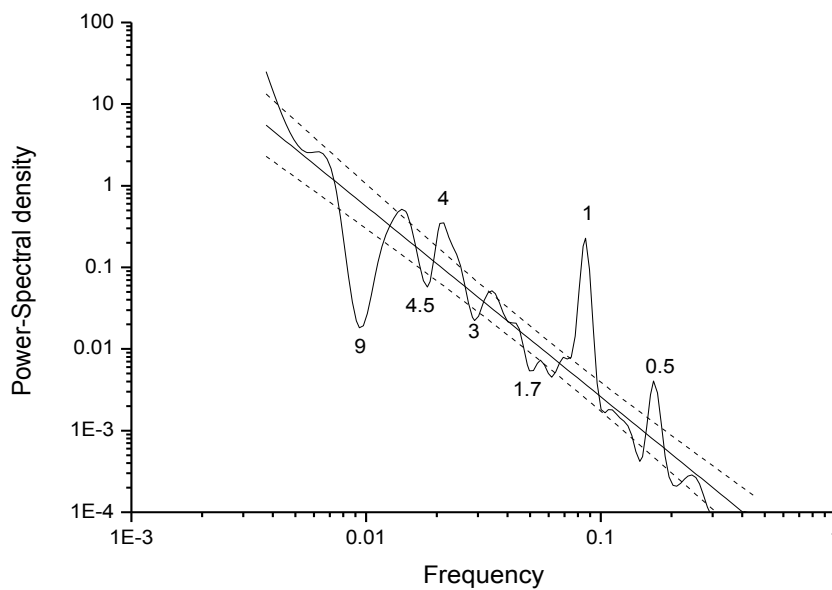


Figura 2.

Espectro de potencias de la serie de tiempo de anomalías de evaporación registrada en Trancoso, Zac., México de Junio de 1950 a Noviembre de 1994. La densidad del espectro de potencias está dada como una función de la frecuencia para escala de tiempo de 2 a 534 meses. La línea ajustada se utilizó para estimar la dimensión fractal (D_s). $Y = -4.918 X^{-2.33}$, r^2 ajustada = 0.8759. $D_s = [(5 - \beta)/2]$; $D_s = [(5 - 2.333)/2]$; $D_s = 1.334$.

En todas las series de tiempo de anomalías de evaporación, la frecuencia anual se presentó en el espectro de potencias. Este resultado es evidente porque el proceso de evaporación está fuertemente influenciado por el movimiento de la tierra alrededor del sol que ocasiona las estaciones. En 18 de 23 series el ciclo cuasi-bianual estuvo presente. El ciclo cuasi-bianual es un ciclo de 26 meses que explicado por la inversión del viento en la estratósfera baja del polo norte y la actividad solar (Labitske y van Loon, 1989; Mendoza et al., 2001). El posible efecto de un evento periódico como 'El Niño Oscilación del Sur' (ENOS) con un ciclo errático de 3 a 5 años (Weber y Talkner, 2001), de 3 a 6 años (Monetti et al., 2003) o 2 a 7 años (Zubair, 2002; MacMynowski y Tziperman, 2008) se presentó en 11 series. El posible efecto del ciclo de manchas solares que varía de 8 a 14 años (Mendoza et al., 2001) con un promedio de largo plazo de 11.3 años estuvo presente en 8 series de tiempo.

DISCUSION

Trabajo previo ha documentado decrementos en las tendencias lineales globales en series de tiempo de evaporación en Australia, Nueva Zelanda, China, La ex-Unión Soviética y los Estados Unidos de América (Johnson y Charma, 2010). Sin embargo, no encontramos reportes para México. Adicionalmente, en los casos mencionados no se identificaron frecuencias importantes. En nuestro caso de estudio, el análisis de regresión lineal fue utilizado para estimar las tendencias para 40 perfiles de evaporación; el análisis de espectro de potencias fue empleado con el fin de identificar frecuencias importantes que afectan el comportamiento de las series de tiempo de las anomalías de evaporación.

Encontramos tendencias lineales negativas para 27 de 40 series de tiempo de evaporación; 18 de esas 27 tendencias negativas fueron significativas a $p < 0.05$. Por otro lado, 13 tendencias de series de tiempo de evaporación fueron positivas pero solo 3 fueron significativas a $p < 0.05$. Estos resultados sugieren que las tendencias negativas prevalecen sobre las tendencias positivas cuando se toma en cuenta las series de tiempo de evaporación de tanque evaporímetro en el estado de Zacatecas, México. Estos hallazgos extienden los de Linacre (2004), Gifford et al. (2005) y Johnson y Charma (2010) quienes reportaron tendencias globales lineales negativas en series de tiempo de evaporación para Australia, Nueva Zelanda, China, La ex-Unión Soviética y los Estados Unidos de América.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Nuestros resultados proveen evidencia convincente de que el ruido en esas series mensuales de evaporación de tanque evaporímetro tiende a tener un comportamiento persistente (memoria de largo plazo, $D_s < 1.5$), lo cual sugiere que la variación de largo plazo es más importante que la variación de corto plazo en todos los perfiles de evaporación analizados.

Adicionalmente, las frecuencias importantes detectadas en nuestro estudio parecen estar relacionadas con el ciclo anual, el ciclo cuasi-bianual, el fenómeno ENOS (2 a 7 años) y el ciclo de manchas solares (8 a 14 años). Estos son temas importantes a tomar en cuenta para incrementar el conocimiento acerca del comportamiento de las series de tiempo de evaporación medida en tanque evaporímetro.

CONCLUSIONES

La media global de tendencias de evaporación fue de $-0.32 \text{ mm año}^{-1}$; mientras que la media de todas las tendencias significativas fue de $-0.53 \text{ mm año}^{-1}$. Adicionalmente, la media de las tendencias significativas crecientes de evaporación fue de 1.09 mm año^{-1} , y la media de las tendencias significativas decrecientes fue de $-0.79 \text{ mm año}^{-1}$.

El ruido en todas las 40 series de tiempo de evaporación tiende a ser persistente (memoria de largo plazo, $D_s < 1.5$), lo cual sugiere que la variación de largo plazo es más importante que la variación de corto plazo.

Las frecuencias importantes detectadas parecen estar relacionadas con el ciclo anual, el ciclo cuasi-bianual, el fenómeno ENOS (2 a 7 años) y el ciclo de manchas solares (8 a 14 años).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el soporte financiero a FoMix Zacatecas–CoNaCyT proyecto M0024–2005–1–16085.

REFERENCES

- Brutsaert W (2006). Indications of increasing land surface evaporation during the second half of the 20th century. *Geophys. Res. Lett.* 33: L20403. doi:10.1029/2006GL027532.
- Chattopadhyay N, Hulme M (1997). Evaporation and potential evapotranspiration in India under conditions of recent and future climate. *Agric. Forest Meteorol.* 187: 55–73.
- de la Fuente IM, Martínez L, Aguirregabiria JM, Veguillas J, Iriarte M (1999). Long-range correlations in the phase-shifts of numerical simulations of biochemical oscillations in experimental cardiac rhythms. *J. Biol. Systems* 7:113–130.
- Evertsz CJG, Berkner K (1995). Large deviation and self-similarity analysis of curves: DAX stock prices. *Chaos, Solitons & Fractals* 6:121–130.
- Gifford RM, Graham DF, Neville N, Michael LR (2005). Workshop summary on pan evaporation: An example of the detection and attribution of climate change variables. *In: Gifford RM (editor). Pan Evaporation: An Example of the Detection and Attribution of Trends in Climate Variables.*
- Hausdorff JM, Peng C–K (1996). Multiscaled randomness: A possible source of $1/f$ noise in biology. *Phys. Rev. E* 54: 2154–2157.
- Huntington TG (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *J. Hydrol.* 319: 83–95.
- Johnson F, Sharma A (2010). A Comparison of Australian Open Water Body Evaporation Trends for Current and Future Climates Estimated from Class A Evaporation Pans and General Circulation Models. *J. Hydrometeorology* 11:105–121.
- Labitske K, van Loon H (1989). Associations between the 11-year solar cycle, the QBO and the atmosphere. Part I: The troposphere and stratosphere in the northern hemisphere in winter. *J. Atmosph. & Solar–Terr. Phys.* 50: 197–206.
- Lawrimore JH, Peterson TC (2000). Pan evaporation trends in dry and humid regions of the United States. *J. Hydrometeor.* 1: 543–546.
- Linacre ET (2004). Evaporation trends. *Theor. Appl. Climatol.* 79: 11–21.
- MacMynowski DG, Tziperman E (2008). Factors affecting ENSO's period. *J. of the Atmospheric Sciences* 65: 1570–1586.
- Mandelbrot BB (1982). *The Fractal Geometry of Nature.* W.H. Freeman, New York.
- Mendoza B, Lara A, Maravilla D, Jáuregui E (2001). Temperature variability in central México and its posible association to solar activiy. *J. Atmosph. and Solar–Terr. Phys.* 63: 1891–1900.
- Monetti RA, Havlin S, Bunde A (2003). Long-term persistence in sea-surface temperature fluctuations. *Physica A.* 320: 581–589.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Moreira JG, Kamphorst LDSJ, Oliffson KS (1994). On the fractal dimension of self-affine profiles, *J. Phys. A: Math. Gen.* 27: 8079–8089.
- Mutziger AJ, Burt CM, Howes DJ, Allen RG (2005). Comparison of measured and FAO–56 modeled evaporation from bare soil, *J. Irrigation and Drainage Engineering* 131(1): 59–72.
- Peng C–K, Buldyrev SV, Havlin S, Simons M, Stanley HE, Goldberger AL (1994). Mosaic organization of DNA nucleotides. *Phys. Rev. E* 49: 685–1689.
- Quintana–Gomez RA (1998). Changes in evaporation patterns detected in northernmost South America. *Proc. 7th Int. Meeting on Statistical Climatology*. Whistler, BC, Canada, Institute of Mathematical Statistics, p. 97.
- Roderick ML, Farquhar GD (2004). Changes in Australian pan evaporation from 1970 to 2002. *Int. J. Climatol.* 24: 1077–1090.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2008). Volúmenes de recarga y extracción de acuíferos sobreexplotados. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/cd_compendio08/compendio_2008/compendio2008/10.100.8.236_8080/archivos/03_Dimension_ambiental/01_Agua/D3_AGUA02_02.pdf. Downloaded 11th January, 2011.
- Turcotte DL, (1992). *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Valdez–Cepeda RD, Hernández–Ramírez D, Mendoza B, Valdés–Galicia J, Maravilla D (2003a). Fractality of monthly extreme minimum temperature. *Fractals* 11: 137–144.
- Valdez–Cepeda RD, Mendoza B, Díaz–Sandoval R, Valdés–Galicia J, López–Martínez JD, Martínez–Rubín de Celis E (2003b). Power–spectrum behavior of yearly mean grain yields. *Fractals* 11(3): 295–301.
- Weber RO, Talkner P (2001). Spectra and correlations of climate data from days to decades. *J. Geophys. Res. D.* 106: 20131–20144.
- Wilks DS (1995). *Statistical Methods in the Atmospheric science*. Academic Press. ISBN 0–12–751965–3 (page 42).
- Zubair L (2002). El Niño Southern Oscillation influences on rice production in Sri Lanka. *Int. J. Climatol.* 22: 249–260.

ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA EN LA PLATA. EVOLUCIÓN HISTÓRICA ASOCIADA A VARIACIONES DEL CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO.

Asborno MD^{1(*)}, Castro AC²⁻³, Pardi HM¹, Simón MR²

1 Climatología y Fenología Agrícola – 2 Cerealicultura – 3 CIC Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCyF) de la Universidad Nacional de La Plata. Argentina. Av. 60 y 118 (1900) La Plata. Te: 221 5885801 - marceloasborno@hotmail.com

La precipitación y la temperatura son los elementos meteorológicos de mayor importancia en estudios climáticos. En las últimas décadas han adquirido relevancia en estudios de cambio climático y variaciones del clima. Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar las precipitaciones registradas en La Plata durante los últimos 100 años, y la marcha de la temperatura, comparar distintos subperíodos de la serie y establecer si la evolución de los registros se corresponde con variaciones del clima o cambio climático. Asimismo, contribuir al conocimiento de la variabilidad temporal de estos meteoros en el país. Los datos pluviométricos y de temperatura se tomaron de bases de datos disponibles en la Sección Agrometeorología de la FCyF. La precipitación media anual del período total estudiado (1911-2010) fue 968.4 mm. En el subperíodo 1911-1960 si bien el modelo no dio significancia se observó un incremento en las precipitaciones, no así en el período 1961-2010. Se detectó un aumento de precipitaciones durante el semestre cálido y una disminución en el frío. Las oscilaciones de la temperatura y de las lluvias observadas en los períodos de 43 y 100 años analizados se corresponden con variaciones del clima regional y no permiten establecer que ha ocurrido un cambio climático.

Palabras clave: precipitación, temperatura, cambio climático, variación del clima.

INTRODUCCIÓN

La precipitación y la temperatura son los elementos meteorológicos de mayor importancia en estudios climáticos, su conocimiento es el medio principal con que se cuenta para diferenciar y clasificar los distintos tipos de clima. En las últimas décadas han adquirido relevancia en los estudios de cambio climático y variaciones del clima. Asimismo, por las variaciones registradas en su forma de expresión y la utilidad que presentan para fundamentar distintos aspectos de la relación suelo - planta – ambiente.

El régimen hídrico de una región determina en gran parte su potencial productivo agropecuario, pudiendo resultar un factor limitante de la producción de los cultivos extensivos e intensivos conducidos a campo, de donde se desprende la necesidad de estudiar su forma de expresión y evolución.

El conocimiento de las lluvias, su variación temporal y efectos sobre distintas actividades ha sido y es una preocupación principal para investigadores, técnicos y productores, motivados además por las importantes fluctuaciones reportadas en las últimas décadas en las principales zonas agrícolas argentinas (Nuñez, 1987; Hoffman et al, 1987; Asborno y Pardi, 2006; Asborno *et al.*, 2007).

La característica general de las precipitaciones registradas en la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, ubicada en la región este de la región pampeana Argentina, no es su escasez o abundancia sino su gran variabilidad o irregularidad en el tiempo.

La temperatura del aire es uno de los elementos meteorológicos y climáticos de mayor incidencia en el crecimiento y desarrollo de los vegetales, determinando en gran medida, la distribución geográfica de las comunidades botánicas naturales y la de los cultivos agrícolas (Pascale y Damario, 2004).

Desde mediados del siglo XIX la temperatura del planeta se está elevando a tasas crecientes. En los últimos 150 años el aumento fue de 0.5°C cada 100 años, la tasa de incremento por siglo trepó a 0.7°C en el siglo XX, 1.3°C en los últimos 50 años y 1.8°C en los últimos 25 años (IPCC, 2007), indicando que el proceso de calentamiento global es cada vez más acelerado.

Para referirnos a los cambios que está manifestando el clima debemos tener presente que se entiende por “cambio climático” a una modificación permanente, en un solo sentido, de larga duración, sustancial e irreversible. Mientras que se acepta como “variación del clima” a alteraciones temporarias en ambos sentidos, pero manteniéndose dentro de sus características esenciales o normales (Webber, 1951).

Los objetivos de este trabajo fueron analizar las características de las precipitaciones registradas en La Plata durante los últimos 100 años, y la marcha de la temperatura, comparar distintos subperíodos de la serie y establecer si la evolución de los registros obtenidos se corresponde con variaciones del clima o cambio climático. Asimismo, contribuir al conocimiento de la variabilidad temporal de estos meteoros en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

La ciudad de La Plata se encuentra al Noreste de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, está ubicada entre los 34° 55' 11" latitud Sur, y 57° 57' 36" longitud Oeste. Abarca una superficie de 940.38 km². Se ubica entre los 2.5 y 20 metros sobre el nivel del mar (IGM, 1952).

El estudio se realizó en la Estación Experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn (EEJH) de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata. Los registros pluviométricos y de temperatura se tomaron de bases de datos disponibles en la Sección Agrometeorología de la EEJH.

Se consideró una serie de datos de precipitación correspondiente al período 1911 – 2010, se analizó la precipitación total anual, semestral y decádica; se dividió el período total en dos subperíodos: 1911- 1960 y 1961-2010. Se realizó un análisis de regresión de cada subperíodo y de toda la serie. Se compararon los dos subperíodos analizando si las pendientes de las rectas de regresión fueron significativamente diferentes.

Se contabilizó el número de días con lluvias mayores a 100 mm por década y se realizó el análisis de regresión. Se graficó la precipitación de los semestres cálidos (septiembre a febrero) y fríos (marzo a agosto) en las 10 décadas y se observó la tendencia de las mismas. Asimismo se realizó un análisis de regresión de la temperatura media anual, mínima media anual y máxima media anual para el período 1967-2010 (datos disponibles).

Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Genstat 12 Ed.

RESULTADOS

La precipitación media anual del período total estudiado (1911-2010) en la ciudad de La Plata fue 968.4 mm (Figura 1). La media anual del primer subperíodo (1911-1960) fue 938.9 mm (Figura 2) y la del segundo (1961-2010) resultó de 997.9 mm (Figura 3). El análisis de regresión aplicado al período total y para ambos subperíodos no resultó significativo. No obstante, se observó un incremento en las precipitaciones desde 1911 a 1960, no así en el subperíodo 1961-2010.

La evolución de la precipitación acumulada por décadas mostró tendencia positiva, resultando 1971-80 la de mayores registros durante los 100 años analizados. La regresión realizada para la distribución por década y la comparación de las pendientes de las líneas de regresión de los dos subperíodos considerados tampoco resultaron significativas (Figura 4). La tendencia positiva y falta de significancia estadística (resultado no esperado) nos llevó a profundizar el análisis, considerando ahora la distribución y evolución de las lluvias acumuladas en el semestre frío y cálido, en las mismas décadas.

Comparando ambos semestres se observó un aumento de las precipitaciones durante el semestre cálido y en menor medida una disminución durante el semestre frío (Figura 5). En La Plata, durante el semestre cálido las precipitaciones fueron mayores que en el semestre frío: con valores medios anuales de 543 mm y 425 mm, respectivamente; en coincidencia con lo encontrado por Sabbione y Antico (2006) para un período similar de años (1909-2003). Del mismo modo, los estudios de Magrin et al., (2006) demuestran que en la provincia de Buenos Aires, a partir de los años 60 – 70 las lluvias de primavera-verano aumentaron entre un 10 y un 50%.

En las últimas décadas se produjo un aumento en el número de casos de lluvias que superaron los 100 mm diarios. Entre estos eventos extremos de precipitación, se detectaron 32 casos entre 1911 y 2010 (Figura 6), destacando que 22 de esas lluvias ocurrieron entre 1955 y 2010. Se observó también la inclemencia de 6 lluvias de corto período, consideradas excepcionales (195mm: 16/05 al 07/06 de 2000 a 274mm: 22 al 27 de marzo de 1988, valor mínimo y máximo, respectivamente), habiéndose registrado 5 casos entre 1988 y 2000, en correspondencia con el cambio climático y/o variaciones del clima, corroborando lo señalado por distintos autores en las últimas décadas. El último evento extremo fue el día 28 de febrero de 2008 (118mm); mientras que el mayor valor excepcional (216mm) corresponde a mayo de 2000. Estos registros ponen en evidencia que la región se encuentra vulnerable a eventos de precipitaciones extremas y excepcionales, determinan la ocurrencia de inundaciones y anegamientos, que provocarían pérdidas económicas, ambientales y sociales a la población urbana y rural (Asborn et al, 2007).

El análisis de regresión realizado para el número de precipitaciones mayores a 100 mm diarios durante las 10 décadas que abarca el período total estudiado resultó significativo ($P=0.05$) (Figura 6). Esto indica que hubo un cambio en la frecuencia de casos extremos de lluvias que estarían asociados al calentamiento global y consecuente tropicalización de las tormentas.

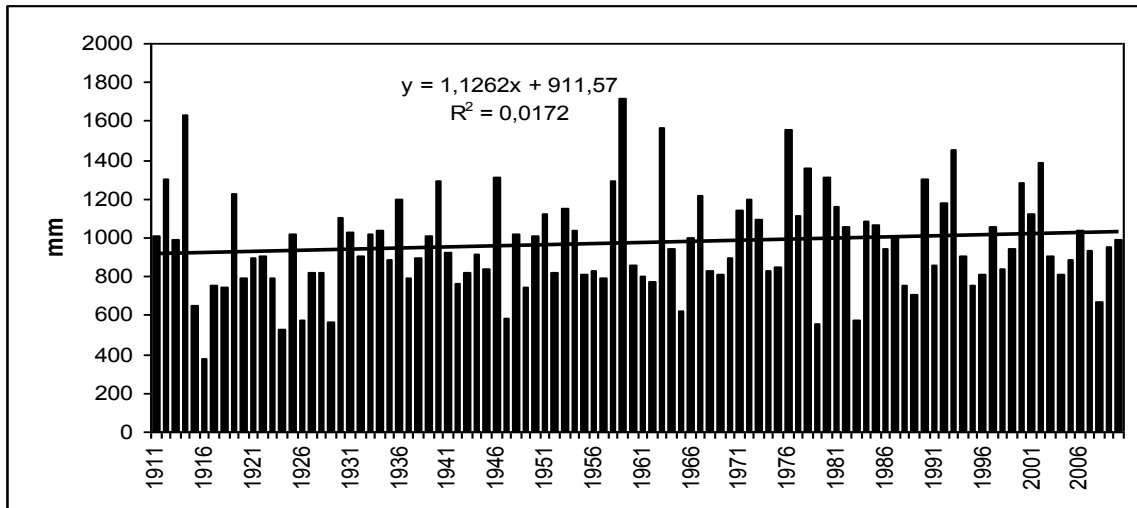


Figura 1: Evolución de la precipitación en el período 1911-2010 en La Plata

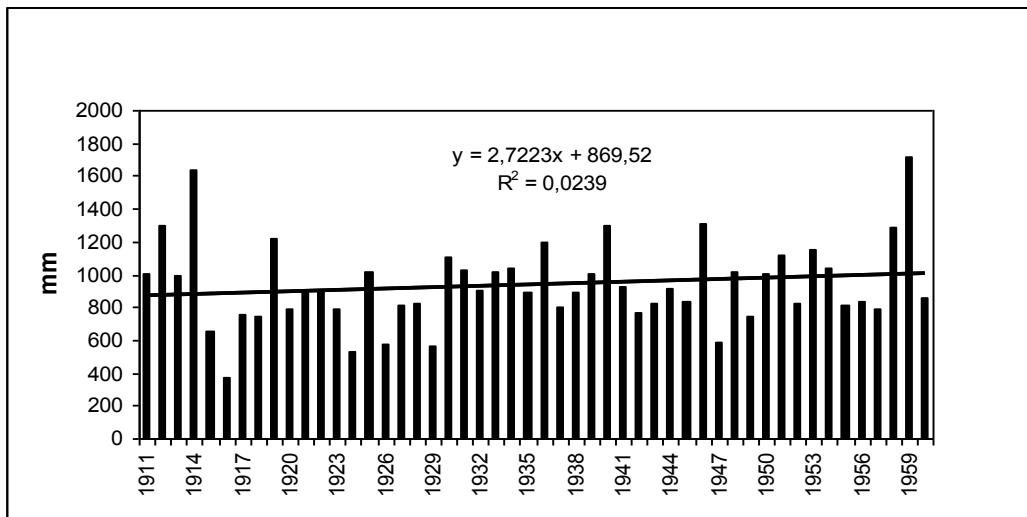


Figura 2: Evolución de la precipitación en el período 1911-1960 en La Plata

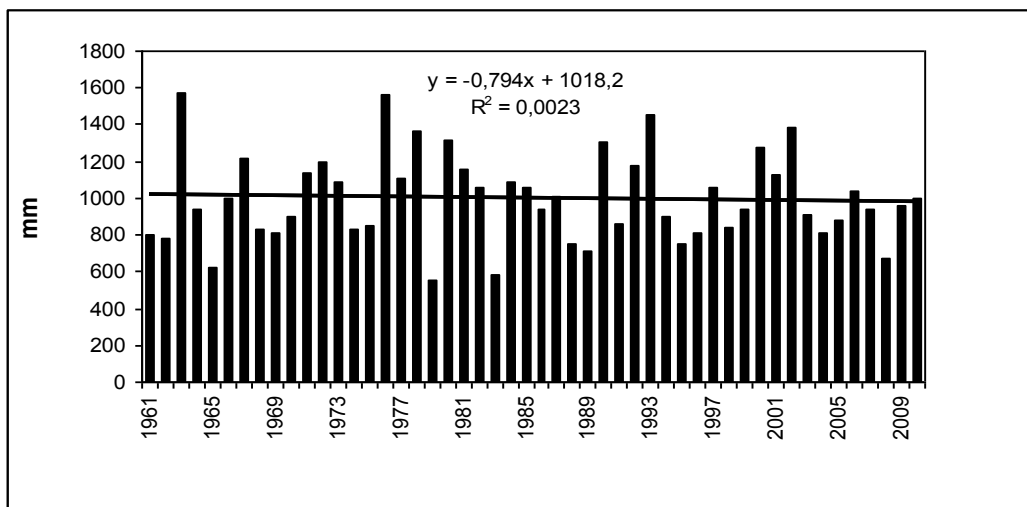


Figura 3: Evolución de la precipitación en el período 1961-2010 en La Plata

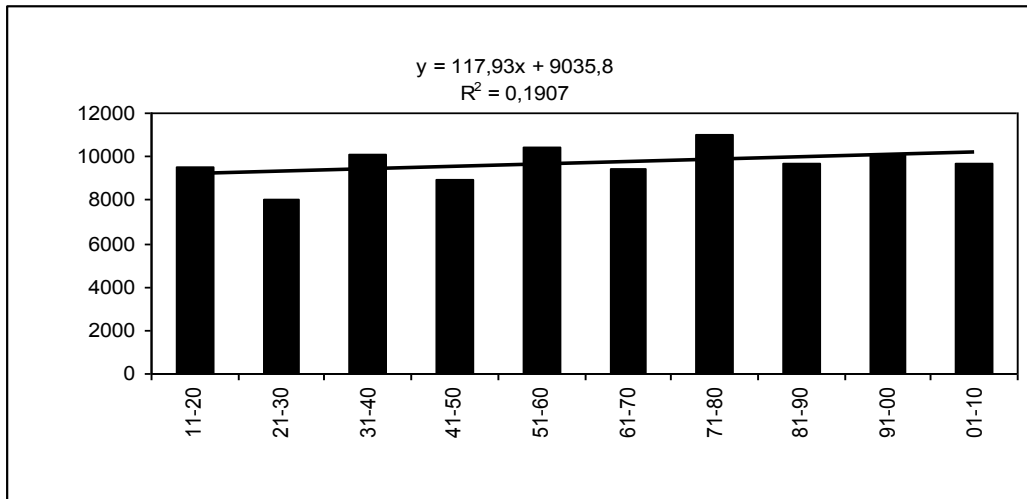


Figura 4: Precipitación acumulada por décadas en La Plata (1911-2010)

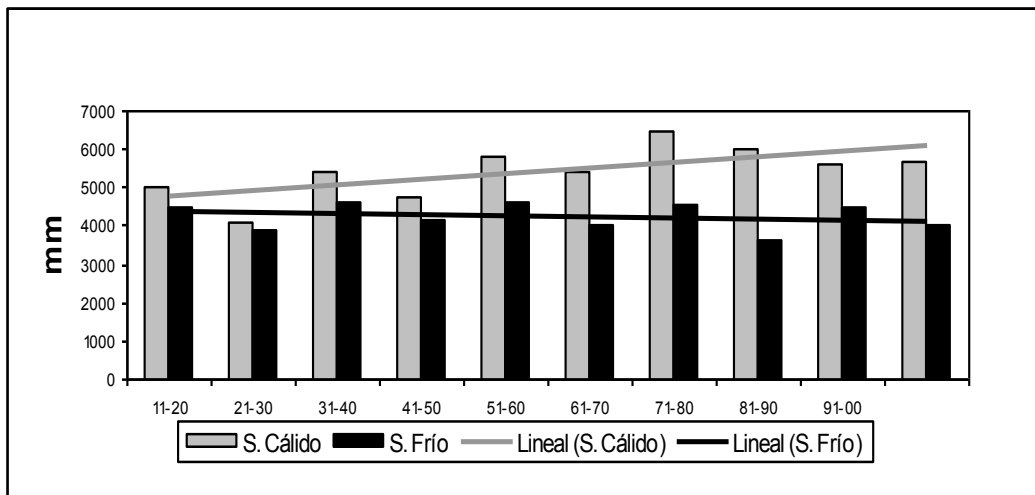


Figura 5: Evolución de la precipitación por semestres en las décadas 11-20 a 01-10 en La Plata

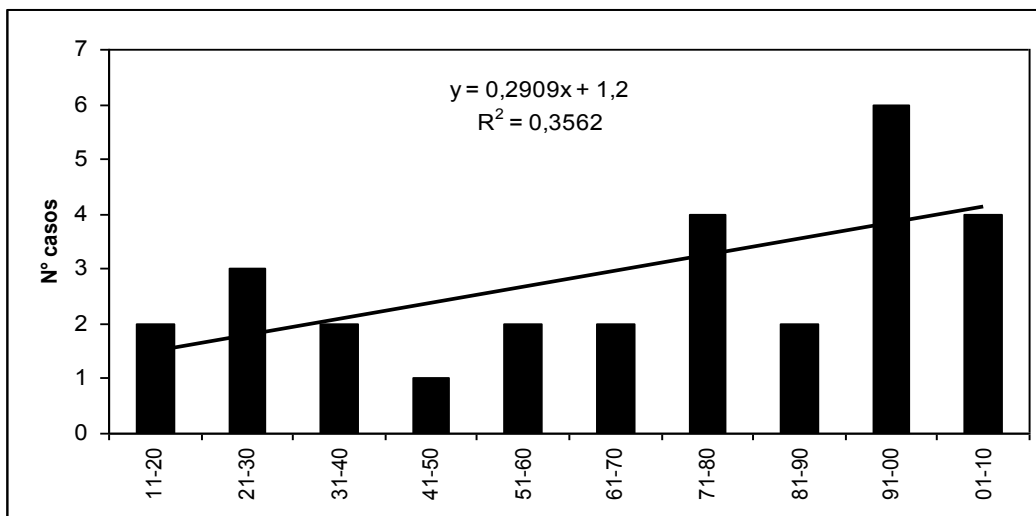


Figura 6: Días con lluvias mayores a 100 mm por década en La Plata

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

La temperatura media anual del período 1967-2010 fue 16.3°C, la mínima media anual 11.2°C y la máxima media anual 21.3°C. (Figura 7).

El análisis de regresión indicó un incremento significativo para la temperatura mínima media anual ($P < 0.001$) que se incrementó 0.016°C por año, resultando menor en esta localidad que el aumento señalado por el IPCC (2007) para la temperatura media global (1.3°C) durante los últimos 50 años. La evolución de la temperatura máxima media y media anual en La Plata no evidenció variaciones estadísticamente significativas durante los últimos 43 años.

Este aumento de la temperatura mínima media anual se corresponde con la evolución de la misma reportada por Pardi y Asborno (2004) para el período 1980-2003, donde se sugiere que podría utilizarse para la comprobación de cambios climáticos detectados por modelos de simulación por su incidencia en el calentamiento global.

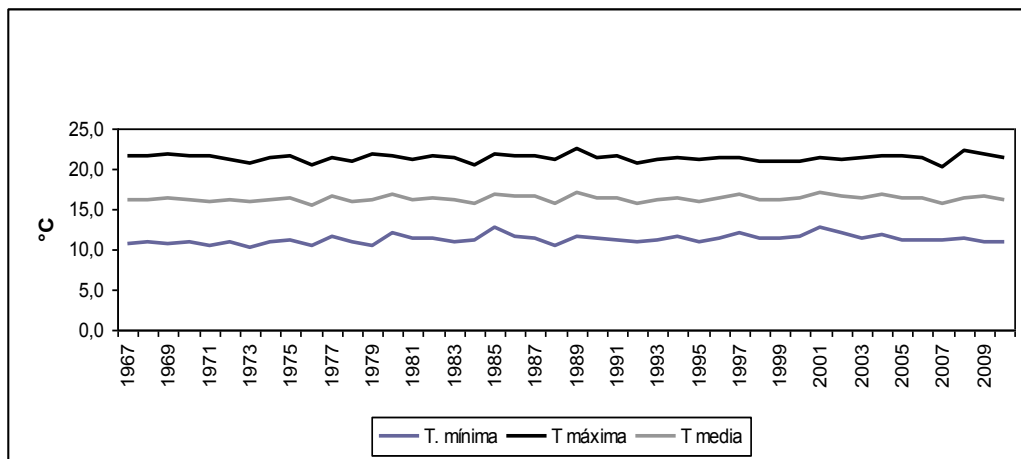


Figura 7: Evolución de la temperatura media, mínima media y máxima media anual en el período 1967-2010 en La Plata.

CONCLUSIONES

En La Plata la precipitación media anual del período total estudiado (1911-2010) fue 968.4 mm. En el subperíodo 1911-1960 si bien el modelo no dio significancia se observó un incremento en las precipitaciones, no así en el siguiente subperíodo 1961-2010.

La evolución de la precipitación acumulada por décadas mostró tendencia positiva, resultando 1971-80 la de mayores registros durante los 100 años analizados. Comparando ambos semestres se observó un aumento de las precipitaciones decádicas durante el semestre cálido y una disminución durante el semestre frío.

Los eventos extremos con precipitación mayor a 100 mm diarios se registraron con mayor frecuencia en el segundo subperíodo (1961-2010).

Se detectaron seis lluvias de corto período, consideradas excepcionales, destacando que cinco casos ocurrieron entre 1988 y 2000, en correspondencia con el cambio climático y/o variaciones del clima; el mayor registro excepcional (216mm) corresponde a mayo de 2000, mientras que la última tormenta excepcional fue el día 28 de febrero de 2008 (118mm).

Las oscilaciones de la temperatura y de las lluvias observadas en La Plata durante los períodos de 43 y 100 años de datos disponibles se corresponden con variaciones del clima regional y no permiten establecer que ha ocurrido un cambio climático.

BIBLIOGRAFÍA

Asborno, M. D; De Beláustegui, H; Gomez Etcheverri, P y Pardi, H. M. "Eventos de precipitación y vulnerabilidad de la población urbana asociados al cambio climático en La Plata". 2007. Terceras Jornadas de la Asociación Argentino Uruguaya De Economía Ecológica (ASAUEE), San Miguel de Tucumán. Tucumán. Argentina. Junio de 2007. Asborno, M. D; Pardi, H. M. 2006. "Variación climática de las lluvias

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- registradas en Los Hornos". "La Agrometeorología y el Desarrollo Local" 1ª Edición – La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 1. Agrometeorología CDD 630.251 5. ISBN 950-34-0374-X.
- Hoffmann, J. A; Nuñez, S; Gómez, A. 1987. Fluctuaciones de la precipitación en la Argentina, en lo que va del siglo. II Congreso Interamericano de Meteorología. Anales. 12.1.1-12.1.5.
- I.G.M. 1952. Carta topográfica de la República Argentina, La Plata. Instituto Geográfico Militar.
- IPCC 2007. Informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Naciones Unidas). (Cd) Seminario de "Cambio climático: Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación en la Pcia de Buenos Aires" La Plata, 25/09/2007.
- Magrin, G; Travasso, M.I; Rodríguez, G. 2006. Cambio climático: Vulnerabilidad de la producción agrícola en la provincia de Buenos Aires. INTA Instituto de clima y agua. Castelar. Cd Seminario La Plata, 2007. Gobierno de la Pcia de Buenos Aires.
- Pardi, H. M y Asbornio, M.D. 2004. "Métodos de estimación de las horas de frío efectivas. Su relación con las horas de frío reales y las temperaturas mínimas medias. X Congreso Argentino y IV Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Mar del Plata, Octubre de 2004. Trabajo N° 215.
- Pascale, A. J; Damario, E. A. 2004. Bioclimatología Agrícola y agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía, UBA.
- Sabbione, N.C; Antico, P.L. 2006. " Comportamiento de la precipitación en La Plata durante el período 1938 - 2001" Geoacta, 30, 13-25.
- Sabbione, N.C; Antico, P.L. 2006. "Tendencias observadas en la precipitación de la ciudad de La Plata entre los años 1909 y 2003" XI Reunión Argentina de Agrometeorología. La Agrometeorología y el Desarrollo Local. La Plata, Bs As, septiembre 2006. p.265-266.

AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA SOBRE LOS BOSQUES NATIVOS EN LA PROVINCIA DE CHACO: SUS IMPLICANCIAS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Bigliani M*; Bissio MA.**

*** Responsable de proyecto: Mejoramiento del Bosque Nativo mediante el enriquecimiento y el manejo pastoril. Comunidad Aborigen Pueblo Tolombon Provincia de Tucumán.**

Departamento de Trancas, Gonzalo. Comunidad Aborigen Tolombon. Tel: 02394-15-458413

marianabigliani@hotmail.com

**** Departamento de Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata - mbissio@agro.unlp.edu.ar**

Las producciones regionales que daban fisonomía a un campo diversificado con una sólida estructura socio-cultural han sido sistemáticamente reemplazadas por un nuevo modelo de organización territorial rural ligado casi exclusivamente a la producción de bienes primarios de exportación. El objetivo de esta investigación consistió en demostrar que la pérdida de bosques nativos y el consecuente impacto en el clima son resultado del avance de la frontera agrícola en la Provincia de Chaco. La metodología se basó en la búsqueda y análisis de información de fuentes secundarias, la recopilación de información in situ y la realización de entrevistas no estandarizadas de carácter general. Se concluye que los conflictos que se generan entre la habilitación de tierras para la ampliación de la frontera agrícola y los argumentos a favor de la conservación de los Montes Nativos, se resuelven a favor de la agricultura sin evaluación previa de la aptitud productiva del suelo ni de la implicancia que tendrán los desmontes respecto de la conservación de la biodiversidad y el inevitable impacto en el clima. Estas modificaciones influyen drásticamente y generan un escenario territorial con grandes desequilibrios: incendios forestales, extinción de especies, alternancia de inundaciones y sequías prolongadas, desertificación. Si los bosques continúan siendo destruidos, los patrones globales del clima se tornarán más inestables y extremos.

Palabras clave: avance de frontera agrícola, desmonte de bosque nativo, cambio climático.

Introducción

Los cambios en el uso de la tierra en la Provincia de Chaco, desencadenaron problemas ambientales a diferentes escalas, ocasionando la pérdida de hábitats y biodiversidad, la alteración de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y las consecuentes implicancias en los fenómenos de cambio climático ocurridos recientemente en la región.

Las reformas económicas implementadas durante la década de los noventa en la Argentina impulsaron un nuevo modelo agro-productivo, logrando, de este modo, incrementar la producción de granos y fibras al tiempo que aumenta su demanda y dando origen a un nuevo modelo de organización territorial rural ligado casi exclusivamente a la producción de bienes primarios de exportación.

El avance del monocultivo sojero en la provincia de Chaco amenaza la existencia de los bosques nativos y perjudica a los pueblos rurales que dependen de ellos en tanto proporcionan todo lo que necesitan, desde alimento hasta herramientas y medicinas.

Objetivo

Analizar la pérdida de Bosques Nativos y las consecuentes variaciones climáticas ante el avance de la Frontera Agrícola en la Provincia de Chaco.

Materiales y Métodos

La metodología de trabajo se basó en la búsqueda y análisis de información proveniente de: Fuentes secundarias que permitieron caracterizar el lugar de estudio tanto en los aspectos demográficos, económicos, edáficos, florísticos y climáticos.

La recopilación de información in situ, con la finalidad tanto de ampliar como de validar el análisis de la información secundaria. Se realizaron entrevistas no estandarizadas de carácter general que no se basan en secuencias de preguntas predeterminadas y los aspectos resaltados fueron aquellos considerados temas de intención u opinión, relacionadas a juicios y valoraciones de los encuestados. (Bueno E, 1994; Notario de la Torre, A 1999)

Esta información permitió validar el diagnóstico que se obtuvo del análisis de la información secundaria, aportando los detalles sociales, económicos y ambientales que permitieron caracterizar la pérdida de bosque nativo y los consecuentes periódicos desequilibrios climáticos en la región.

Área de Estudio

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

La Provincia de Chaco pertenece por completo al Parque Chaqueño (Gran Chaco Americano), posee una superficie total de 99.633 km². A nivel edáfico en la zona oriental predominan suelos arenosos y arcillosos, siendo las zonas fértiles los albardones y terrazas altas, mientras que las zonas anegadas de esteros y lagunas sólo son aptas para la ganadería. En la zona occidental predominan los suelos calcáreos.

La vegetación refleja la desigual distribución de las lluvias. En los bosques xerófilos habitan especies arbóreas de madera dura, adaptadas a las condiciones de aridez. En la región húmeda las comunidades vegetales se encuentran condicionadas por el gradiente topográfico que ocupan y, en relación a éste, por el gradiente de inundación. Las especies arbóreas alternan en suelos más bajos con extensas sabanas, palmares y esteros. (Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos; 2007)

La población total es de 1.053.466 habitantes, de los cuales el 18% conforman la población rural. Los grupos sociales son diversos y se distinguen en relación a su racionalidad económica, sistemas productivos, disponibilidad y uso de la tierra, capital y trabajo. Desde el punto de vista étnico la Provincia cuenta con una de las mayores poblaciones aborígenes del país, mayoritariamente Wichis, Tobas y Mocovíes y con colonias conformadas por descendientes Europeos. (Censo Nacional de Población y Viviendas 2010)

Resultados y discusión

Históricamente el monte chaqueño se ha manejado como un recurso forestal no renovable, provocando la degradación del mismo, deteniéndose la sucesión en etapas tempranas como el arbustal y generando un cambio de estructura y composición.

Durante la primera mitad del siglo XX se originó una intensa y abusiva explotación forestal de los bosques de *Schinopsis quebracho-colorado*, (quebracho colorado), especialmente los de la zona más austral del Chaco Oriental, en la Cuña Boscosa Santafesina. Producto de esta sobreexplotación se produjo el agotamiento de unas 7.500.000 hectáreas de quebrachales, mientras que las áreas remanentes ocupadas por bosques presentan en la actualidad, importantes grados de fragmentación y deterioro.

La demanda de productos como el algarrobo (*Prosopis sp*) para la fabricación de muebles, el quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*.) y el quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho-colorado*) para la industria taninera, y maderas duras como el Lapacho (*Tabebuia ipé*); el Urunday (*Astronium balansae*) y el Guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*) entre otros, para construcciones rurales, provocó la degradación del bosque. A lo que actualmente se suman las estrategias de la producción agrícola transformando la agricultura en monocultivo exclusivo de Soja RR mediante la habilitación de tierras marginales con el uso de topadoras, cadenas y la posterior quema del material desmontado. (.Adámoli, J. Ginzburg, R .2006)

Generando resultados insustentables con respecto al medio ambiente local. Estas prácticas dejan el suelo biológicamente inerte, (con la quema desaparecen la micro y meso fauna edáfica) y generan la pérdida de biodiversidad animal y vegetal y con ello la imposibilidad de hacer uso de los bienes y servicios que ofrece el bosque nativo.

La desaparición de ambientes naturales como resultado de la actividad ganadera local de tipo extensivo y por cambios en el uso del suelo hace que los mismos queden expuestos tanto al impacto directo de las precipitaciones como a enormes cantidades de energía calórica, favoreciendo procesos de erosión eólica e hídrica, la pérdida de estructura del suelo por la volatilización del nitrógeno y del carbono, pérdida de fertilidad (exportación de nutrientes), encostramiento, acumulación excesiva de residuos orgánicos que no pueden ser mineralizados y problemas de salinización debidos a las malas prácticas agrícolas sobre todo en los límites entre el Chaco Semiárido y el Húmedo en especial en las áreas que tradicionalmente trabajan bajo riego.

En el año 1980 la superficie de Bosque Nativo era de 5.500.381 hectáreas y en el año 2005 la misma se redujo a 4.920.160 hectáreas, debido a la habilitación de tierras para la producción de Soja RR de exportación.

En el periodo 1998 y 2006 la pérdida de Bosques Nativos fue de 245.465 hectáreas. La tasa actual de deforestación de la Provincia se encuentra por encima del promedio mundial, en 10 años (1996-2006) se destruyó el 71,6 % de la masa forestal nativa.

El Comité Técnico para La Categorización de los Bosques Nativos de la Provincia en el marco de la Ley Nacional 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (sancionada en Diciembre del año 2007) determinó mediante su propuesta de ordenamiento territorial que más del 40% de la superficie de los bosques estarán expuestos a potenciales nuevos desmontes. (Plan de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos. 2009 Chaco)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Los bosques son importantes amortiguadores del clima y la pobreza local, una gran parte de la población rural obtiene de él bienes y servicios como alimentos, medicinas, tinturas, fibras, maderas, fauna, turismo y energía, entre otros haciendo de este su medio de supervivencia.

El potencial productivo del monte chaqueño es alto pero su modo de explotación intensifica su desequilibrio biológico, la desertificación local y la pobreza de las comunidades rurales. La problemática del cambio climático impacta directamente en la degradación de los suelos, genera sequías, inundaciones, falta de productividad, erosión y desertificación afectando así la soberanía alimentaria de los pueblos rurales. (Pengue W.2007)

La pamperización de los campos chaqueños logro concretarse mediante: el importante retroceso del algodón en la región; la producción sustentada en la semilla transgenica; la facilidad de compra de los campos y tierras fiscales (propiedad ancestral de los Pueblos Originarios) y el fácil acceso a los paquetes tecnológicos por parte de los medianos y grandes productores; desmontes; obtención de beneficios económicos en el corto plazo; la sostenida demanda internacional de la Soja RR y las irregularidades en las precipitaciones que permitieron avanzar sobre el límite agronómico de sequía optimizando la economía del agua mediante la siembra directa. (Azcuay Ameghino, E.; León CA. 2005)

El nuevo modelo de producción agrícola permite alcanzar altos rendimientos en zonas consideradas marginales y de mayor vulnerabilidad agro-ecológica y económica al tiempo que desarticula y empobrece a sectores productivos de baja competitividad. Intensificado la incorporación de tierras a la producción de Soja RR de forma que el 80% de la producción este en manos del 20% de los productores. (Valenzuela, C. 2006.)

Los fenómenos ambientales como inundaciones y sequías recurrentes y simultáneas en el tiempo y los procesos de salinización y desertificación no son ajenos al nuevo modelo agrícola de la provincia y serán cada vez mas periódicos ante las extensas superficies desmontadas en los últimos años y en zonas ecológicamente frágiles de bosques xerofilos adaptados a suelos sueltos y de fertilidad limitada.

Conclusiones

La sojizacion de los campos chaqueños no fue antecedida ni acompañada de objetivos e instrumentos de planeamiento.

Históricamente el Monte Nativo ha contribuido a reducir la vulnerabilidad de los pobladores rurales facilitándoles el uso de bienes y servicios madereros y no madereros favoreciendo a una mayor inclusión social a diferencia de los grandes campos vacíos que requiere el monocultivo de soja RR. Su modo de explotación intensifica el desequilibrio biológico, la desertificación local y la pobreza de las comunidades rurales.

Las inundaciones y la sequía coexisten al mismo tiempo a la provincia de Chaco, dejando ver la insustentabilidad del nuevo modelo que no respeta la conservación del ecosistema. Mientras el oeste y sudoeste de la provincia del Chaco sufre la sequía, vastas zonas del Impenetrable se encuentran anegadas por el agua como consecuencia directa del irracional proceso de destrucción al que se encuentran sometidos los bosques nativos.

La falta de una Planificación Regional Responsable y de estudios de impacto ambiental que permitan orientar la expansión agrícola hacia tierras de mejor aptitud potencial crea un escenario territorial de grandes desequilibrios y predispone a una futura desertificación de la región.

Bibliografía

Adámoli, J.; Ginzburg, R. 2006. "Gestión integrada y desarrollo sostenible para reducir la degradación Social, Económica y Ambiental en el Gran Chaco Americano". Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación.

Azcuy Ameghino, E. 2004. Trincheras en la historia. Historiografía, marxismo y debates. Ediciones Imago Mundi. 1ª edición.

Azcuy Ameghino, E.; León CA. 2005. La "sojizacion": contradicciones, intereses y debates. Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios, nº 23, 2º semestre.

Barsky, O.; Fernández, L. 2007. "Tendencias actuales de las economías extrapampeanas, con especial referencia a la situación del Empleo Rural". Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación y el Programa Multidonante - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.

Bigliani, M. 2010 "Consecuencias Socio económicas del Avance de la Frontera Agrícola sobre los Bosques Nativos en la Provincia de Chaco: El caso de los productores rurales obligados a emigrar a los centros urbanos como derivación principal del avance de la frontera agrícola sobre los Bosques Nativos". Trabajo Final de Carrera. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP.

Bueno, E.: Metodología de la investigación. Universidad de la Habana. Cuba, 1994

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Censo Nacional Agropecuario. 2002-2008 INDEC

En: http://www.indec.gov.ar/agropecuario/cna_principal.asp

Inventario Forestal Nacional de Bosques Nativos 2007. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación.

Ministerio de Economía, Producción y Empleo 2009. (Últimos datos estadísticos publicados) Gobierno de la Provincia de Chaco.

Notario de la Torre, A. Apuntes sobre un compendio sobre metodología de la investigación científica. Pinar del Río. 1999 (Inédito)

Pengue, W. "El proceso de Pamperización. El Cambio Climático y la deforestación". 2007. Ingeniero Agrónomo. Investigador del Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente de la UBA.

Plan de Ordenamiento Territorial de los Bosques Nativos. 2009 Gobierno de la provincia de Chaco.

Primer Inventario de bosques Nativos, Provincia de Chaco 2007. Gobierno de la Provincia de Chaco.

Slutzky, D. 2005 "Los conflictos por la tierra en un área de expansión agropecuaria del NOA. La situación de los pequeños productores y los pueblos originarios". Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios, nº 23, 2º semestre.

Valenzuela, C. 2006. "Transformaciones y conflictos en el agro chaqueño durante los '90. Articulaciones territoriales de una nueva racionalidad productiva". UNNE. Instituto de Investigaciones Geohistóricas CONICET Facultad de Humanidades.

CACTÁCEAS ÚTILES DE LOS ECOSISTEMAS ÁRIDOS EN EL SUR DEL PERÚ

¹Condori D (*), ²Ignacio J.

¹Universidad José Carlos Mariátegui. Escuela de Post grado. Ing. Ambiental, Moquegua

²Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú - condavis13@hotmail.com

El sur del Perú, principalmente las regiones de Tacna y Moquegua se caracterizan por ser regiones áridas y semiáridas del desierto climático de Atacama, con una precipitación promedio mensual de 4 mm a 19 mm. A pesar de ello florecen ecosistemas bien adaptados a las condiciones de escasez del recurso hídrico. Entre los elementos biodiversos aparecen las cactáceas. El objetivo de este trabajo fue identificar las especies de cactáceas más utilizadas por los pobladores de la región y proponer programas de conservación. La información se obtuvo mediante encuestas, recorrido por transectos y recolección de datos como: procedencia, precio en el mercado local, utilidad e importancia industrial. Se estudió en 08 meses en las zonas de cordillera de la costa y pre cordillera de las 5 provincias del sur del Perú, desde 0 a 3700 msnm. En este trabajo se identificaron 9 especies nativas y 2 especies introducidas de cactáceas, con importancia económica. Los géneros representativos son; *Browningia*, *Opuntia*, *Haageocereus*, *Lobivia*, *Corryocactus* y *Tunilla*. Las cactáceas parecen ser sensibles al cambio climático y a la degradación antrópica motivada por el avance de los asentamientos humanos y pérdida de tradiciones de los grupos locales, por ello se propone de manera urgente un programa de conservación comunitaria con énfasis en la educación ambiental.

Palabras clave: ecosistemas áridos, cactáceas útiles.

CONSECUENCIAS DE LAS PERTURBACIONES ANTRÓPICAS SOBRE LA DIVERSIDAD DE HELECHOS Y LYCOPHYTAS. ESTUDIO DE CASOS.

Marquez GJ*, Macluf CC, Yañez A.

*Cátedra de Palinología, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP, Paseo de Bosque s/n°, 1900, La Plata, Argentina cosme@fcnym.unlp.edu.ar

Una de las consecuencias más importantes del cambio climático es la acelerada disminución de la biodiversidad. La tala indiscriminada, el cambio en el uso de la tierra y el aumento de la emisión de CO₂ aceleran los procesos biológicos, generando desequilibrios importantes en los ecosistemas más vulnerables. En este sentido es importante identificar especies que evidencien estos cambios y se transformen en herramientas de diagnóstico y prevención. Presentamos tres especies de helechos que sirven como casos testigo. Estudios del helecho invasor *Pteridium* han demostrado su rol negativo en la recuperación de la flora nativa, retrasando o impidiendo la germinación de otras especies por interferencias alelopáticas. Recientes investigaciones realizadas en helechos arborescentes de la selva misionera muestran que los troncos de los mismos albergan gran diversidad de epífitas. *Isöetes* es una Lycophyta de amplia distribución que vive en charcos temporales, lagunas de altura y riberas inundables de arroyos. Su distribución es restringida, con especies endémicas y escasas poblaciones.

CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL SOBRE UN SISTEMA ACUÁTICO PAMPEANO
(ARROYO LA CHOZA; BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Basílico GO*(1); de Cabo L(1), Faggi A(1)

(1) MACN – CONICET. Av. Ángel Gallardo 470 (1405), Buenos Aires, Argentina.
Tel. 4982 6595 int. 217 - gabrielomarbasilico@hotmail.com

El objetivo del presente trabajo es caracterizar un ecosistema acuático pampeano, considerando los usos del suelo en su cuenca de drenaje y las tendencias de la precipitación acumulada y las temperaturas medias mensuales y anuales durante el período 1951-2010. Se midieron variables limnológicas en siete sitios de la cuenca del arroyo La Choza (Río Reconquista, Buenos Aires, Argentina). Las concentraciones de nutrientes y sólidos suspendidos totales en el arroyo resultaron elevadas y se vieron afectadas por el ingreso de efluentes industriales. Los resultados confirman la existencia de una tendencia creciente significativa en la temperatura media anual y una tendencia creciente no significativa en la precipitación acumulada anual. Un escenario futuro de disminución de los caudales en los sistemas acuáticos de la región pampeana resultaría en una disminución del efecto dilutorio y aumento de la frecuencia de eventos de anoxia entre otros, especialmente durante el verano. Los efectos se agravarían dadas las tendencias actuales de uso del suelo.

Introducción

En el contexto del Cambio Climático Global resulta de importancia la elaboración de pronósticos sobre atributos y características funcionales de los sistemas acuáticos en respuesta a los cambios de temperatura y precipitaciones, aún con la incertidumbre intrínseca asociada a las predicciones de todo modelo. Un enfoque integral de manejo de los cuerpos de agua debería considerar, entonces, no sólo variables de calidad de agua y usos del suelo sino también las tendencias de variables meteorológicas como temperatura y precipitaciones. Para el período 2020-2040 se espera una retracción de los caudales en los ríos de la Cuenca del Plata debido a que no habría nuevos cambios significativos en la precipitación, pero si un considerable calentamiento y por lo tanto un incremento de la evaporación, con una reducción del escurrimiento superficial (<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Segunda%20Comunicacion%20Nacional.pdf>).

Particularmente, la región pampeana presenta diferentes niveles de riesgo de sequía con mayores valores durante el verano. Las variaciones entre niveles están asociadas a las precipitaciones y con el contenido de agua en el suelo (Forte Lay *et al.*, 2007). A escala interanual, el fenómeno ENSO (*El Niño Southern Oscillation*) es el evento más importante relacionado con la variabilidad e impacta sobre la precipitación y la acumulación de agua en los suelos (Scarpati *et al.*, 2007). Estos autores señalan una tendencia positiva significativa para la temperatura mínima anual en una estación meteorológica del noreste de la provincia de Buenos Aires (San Pedro) en el período 1967-2005. Durante el invierno aumentan las probabilidades de inundaciones, dado el mayor tiempo de permanencia del agua en el suelo asociado a menor evapotranspiración. Algunos indicios sugieren que las situaciones críticas de inundación en invierno y sequía en verano, se verán reforzadas en el futuro (González y Nuñez, 2007).

La estructura de las comunidades biológicas en un sistema acuático dependen de las variables de calidad de aguas superficiales (O' Farrell *et al.*, 2002) que se ven afectadas, entre otros factores, por la temperatura, la condición hidrológica (de Cabo *et al.*, 2010) y los usos del suelo en la cuenca de drenaje (Anbumozhi *et al.*, 2005). Los sistemas acuáticos brindan servicios ecológicos como la purificación y filtración de aguas y el control de la erosión, aspectos que resultan sensibles a los cambios de uso del suelo (Lautenbach *et al.*, 2011). El mantenimiento de dichos servicios representa un ahorro de recursos económicos locales en programas de saneamiento de aguas y salud pública, e incrementa los ingresos provenientes de actividades turísticas y recreativas.

Los arroyos de la llanura pampeana presentan una biodiversidad que resulta aún poco estudiada, por ejemplo en relación a su ictiofauna (Colautti *et al.*, 2009). Están caracterizados por bajas velocidades de flujo y suelen recibir grandes cantidades de efluentes agrícolas e industriales (Feijoó & Lombardo, 2006). Algunos de estos ambientes pueden ser considerados relictos de los ecosistemas pampeanos menos modificados por la acción antrópica, además de formar parte del patrimonio histórico y cultural de la región y constituir escenarios propicios para la educación ambiental. Por estas razones, resulta de interés su estudio y protección, especialmente de aquellos cuyas cuencas albergan o están próximas a grandes poblaciones humanas, dado que los espacios verdes urbanos de la región son escasos y poco representativos del paisaje autóctono pampeano y su naturaleza (Faggi & Ignatieva, 2009).

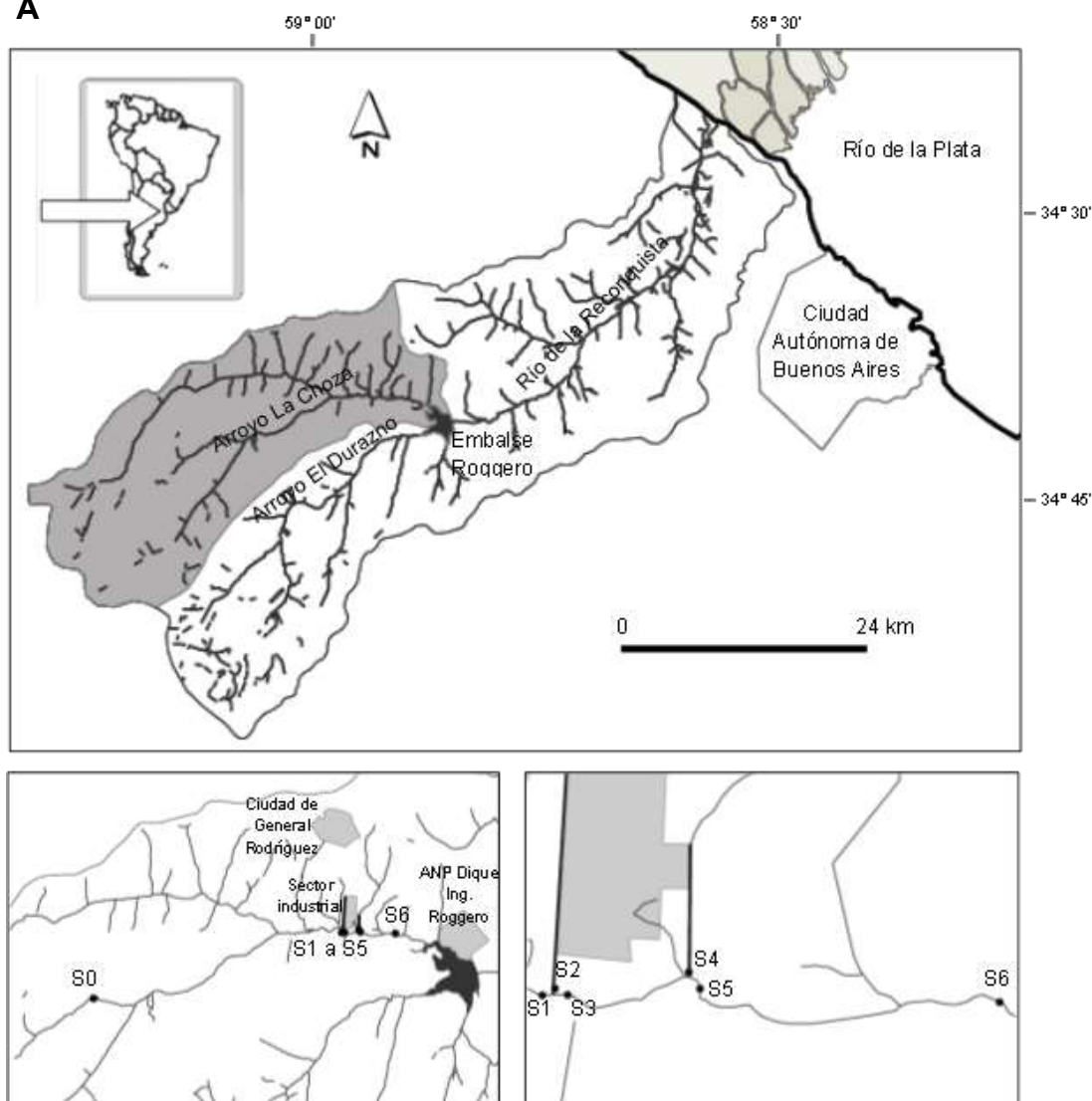
El objetivo del presente trabajo es evaluar la condición actual de las aguas superficiales de un ecosistema acuático de la Pampa Ondulada que recibe efluentes de origen industrial, considerando los usos del suelo

en su cuenca de drenaje. Se analizarán las posibles consecuencias de los cambios de precipitación y temperatura sobre la calidad del agua.

Área de estudio.

La cuenca del arroyo La Choza (Buenos Aires, Argentina) (Fig. 1 A) tiene una superficie aproximada de 555 km². Junto con los arroyos El Durazno y La Horqueta, este arroyo desemboca en el Embalse Roggero (Fig. 1 A) que es el espejo de agua de mayor extensión del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), con una superficie de 460 ha a cota 17,5 m s.n.m. y una profundidad media de 1,8 m (Sadañowski, 2003). Este reservorio constituye la naciente del Río de la Reconquista (Fig. 1 A) y su origen está asociado a la construcción de la presa “Ingeniero Carlos Roggero” para el control de inundaciones en la cuenca media e inferior del río (Sadañowski, 2003), una de las áreas más densamente pobladas del país.

Figura 1. A: Cuenca del Río de la Reconquista y subcuenca del arroyo La Choza. B: Localización de sitios de



muestreo y usos del suelo relevantes. C: Detalle de la localización de los sitios de muestreo S1 a S6.

Predominan las actividades ganaderas y agrícolas aunque existe un núcleo urbano correspondiente a la ciudad de General Rodríguez y una pequeña parte de la superficie está destinada a la conservación biológica, actividades recreativas y turísticas, educación ambiental e investigación (Área Natural Protegida Dique Ing. Roggero, Partido de Moreno) (Fig. 1 B). La población del partido de General Rodríguez se ha incrementado en un 28,8% en la última década (<http://www.censo2010.indec.gov.ar/>).

Las características físico químicas e hidrológicas de los principales cursos de agua de la cuenca superior del Río de la Reconquista han sido estudiadas por Arreghini *et al.* (2005 y 2008) quienes proponen al arroyo

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

El Durazno (Fig. 1 A) como sitio de referencia de calidad de aguas de toda la cuenca. Por el contrario, en la cuenca del arroyo La Choza (Fig. 1 A) pueden encontrarse sitios con muy bajos niveles de oxígeno disuelto (OD), concentraciones elevadas de amonio (N-NH_4^+), fósforo reactivo soluble (PRS) y fósforo total (PT), producto de descargas puntuales de efluentes industriales, agropecuarios y domésticos.

Materiales y métodos

Se analizaron datos de precipitación acumulada y temperatura media mensual y anual del período 1951-2010, correspondientes a la estación agrometeorológica del Instituto de Clima y Agua del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (http://climayaagua.inta.gob.ar/consulta_historica_castelar) (Partido de Hurlingham), la más cercana al sitio de estudio con suficientes registros para el análisis propuesto. La evapotranspiración potencial (EVTp) fue calculada según el método de Thornthwaite (1948) utilizando los valores medios mensuales de precipitación acumulada y temperatura del período ($n = 60$). Posteriormente se calculó el balance hídrico (B) mensual como la diferencia entre la precipitación acumulada media y la EVTp mensuales (de Cabo *et al.*, 2007). Además se aplicó un modelo de escurrimiento superficial (E) basado en el método de Thornthwaite (1948) considerando una reserva de agua útil del suelo para el área de estudio de 100 mm. La existencia de tendencias significativas se analizó mediante el test de Mann-Kendall, una prueba no paramétrica robusta ante muestras no normales y con correlaciones temporales (Aherne *et al.*, 2006).

Se realizaron cuatro campañas (MAY-2010, JUL-2010, OCT-2010 y FEB-2011) en las que se colectaron muestras por triplicado de aguas superficiales en cuatro sitios del arroyo La Choza (S1, S3, S5 y S6) y en la desembocadura de dos canales que vierten efluentes industriales (frigorífico avícola e industrias alimenticias) a este arroyo (S2 y S4) (Fig. 1 C). En la campaña FEB-2011 también se recolectaron muestras en S0 (Fig. 1 B) con el objetivo de seleccionar un posible sitio de referencia de calidad de aguas para este arroyo. Para la determinación de las variables físico químicas se utilizaron métodos normalizados (Tabla 1).

Tabla 1. Variables medidas, metodología y referencias bibliográficas.

Variable	Metodología	Referencia bibliografica
Temperatura (T)		
pH	pH-metro marca Hanna®	
Conductividad Eléctrica (CE)	Conductivímetro marca Hanna®	
Sólidos suspendidos totales (SST)	Gravimetría	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Oxígeno disuelto (OD)	Winkler	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Amonio (N-NH_4^+)	Indofenol azul	Mackereth <i>et al.</i> , 1989
Nitritos (N-NO_2^-)	Diazotación	Strickland & Parsons, 1972
Nitratos (N-NO_3^-)	Reducción con sulfato de hidrazina	Strickland & Parsons, 1972
Nitrógeno Inorgánico Disuelto (NID)	Suma de amonio, nitritos y nitratos	
Fósforo Reactivo Soluble (PRS)	Molibdato ascórbico	Strickland & Parsons, 1972
Fósforo Total (PT)	Molibdato ascórbico, previa digestión con H_2SO_4 y persulfato de potasio	Strickland & Parsons, 1972
Alcalinidad (HCO_3^-)	Volumetría con heliantina	Mackereth <i>et al.</i> , 1989
Sulfatos (SO_4^{2-})	Turbidimetría	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Magnesio (Mg^{2+})	Volumetría con EDTA	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Calcio (Ca^{2+})	Volumetría con EDTA	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Dureza (DUR)	Volumetría con EDTA	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Cloruros (Cl^-)	Volumetría con nitrato de plata	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Sodio (Na^+)	Fotometría de llama	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Potasio (K^+)	Fotometría de llama	APHA-AWWA-WPCF, 1992
Demanda biológica de oxígeno (DBO_5)	Medición de oxígeno disuelto	APHA-AWWA-WPCF, 1992

Todas las fechas de campaña fueron seleccionadas para representar una condición hidrológica de bajo caudal (caudal base). Para el ordenamiento de los sitios y campañas se utilizó Análisis de Componentes Principales (PCA, sigla en inglés), una técnica estadística multivariada aplicable a estudios de calidad de

agua (Wunderlin *et al.*, 2001). Se seleccionaron únicamente los factores con autovalores mayores a 1, considerando, además, que una variable contribuye significativamente a un componente cuando el módulo del coeficiente de correlación de la variable con ese componente (*factor loading*) fue mayor a 0,70 (Wunderlin *et al.*, 2001).

El análisis de usos del suelo se llevo a cabo a partir de observaciones *in situ* y utilización de capas temáticas del SIG Atlas Ambiental de Buenos Aires (<http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/>).

Resultados

La figura 2 muestra los valores anuales de precipitación acumulada, escurrimiento y temperatura media para el período 1951-2010. La temperatura media anual para el período considerado (n = 60) fue de 16,8 °C, la precipitación acumulada media anual 1022 mm y el escurrimiento medio anual 269 mm. Se encontró una tendencia positiva altamente significativa (p<0,01) en la temperatura media anual y una tendencia positiva no significativa en la precipitación acumulada y el escurrimiento anuales (Fig. 2). El mes más frío resultó julio y el más cálido enero, con temperaturas medias de 10,4 °C y 23,7 °C respectivamente. Se halló una tendencia positiva significativa (p<0,05) para la temperatura media de enero y negativa no significativa para la de julio.

Las precipitaciones acumuladas medias mensuales alcanzaron los valores más altos durante el período octubre – marzo, y los más bajos en el período junio-septiembre (Fig. 3). La EVTp alcanzó los valores más altos entre noviembre y marzo, alcanzando el valor máximo (134 mm) en enero (Fig. 3). El balance hídrico obtuvo valores negativos en diciembre, enero y febrero, indicando la persistencia de déficits hídricos durante el verano. De los meses con excedentes hídricos, octubre obtuvo el valor máximo (41 mm) (Fig.3).

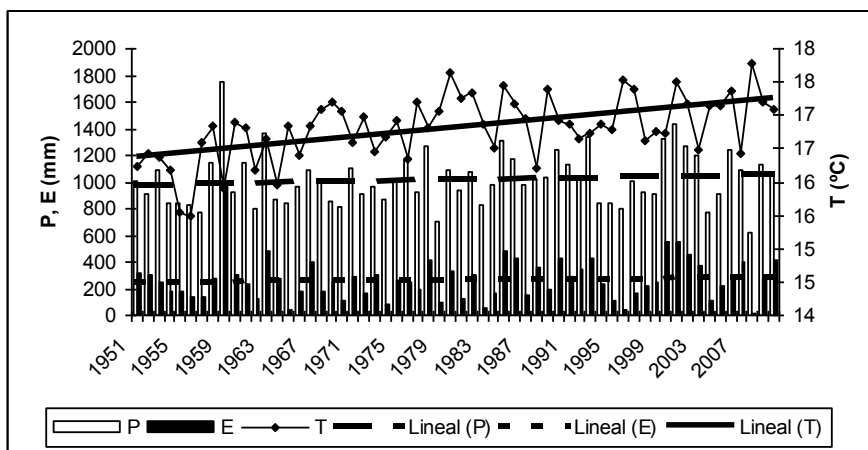
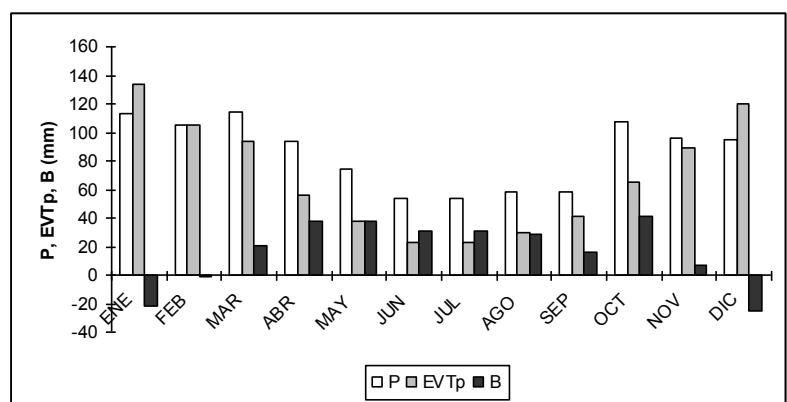


Figura 2. Precipitación acumulada anual (P), escurrimiento anual (E), temperatura media anual (T) y sus respectivas tendencias lineales para la estación INTA Castelar durante el período 1951-2010.

Figura 3. Precipitaciones acumuladas (P), evapotranspiración potencial (EVTp) y balance hídrico (B) para el año medio de la estación INTA Castelar correspondiente al período 1951-2010.



La variabilidad espacial de CE, SST, OD, DBO, NID y PT, correspondientes a los sitios S1, S3, S5 y S6 en las cuatro campañas de muestreo realizadas se muestran en la figura 4. La CE se mantuvo con pocas va-

riaciones en el tramo estudiado, obteniendo valores muy similares en S6 para las campañas de MAY-2010, OCT-2010 y FEB-2011 (Fig. 4).

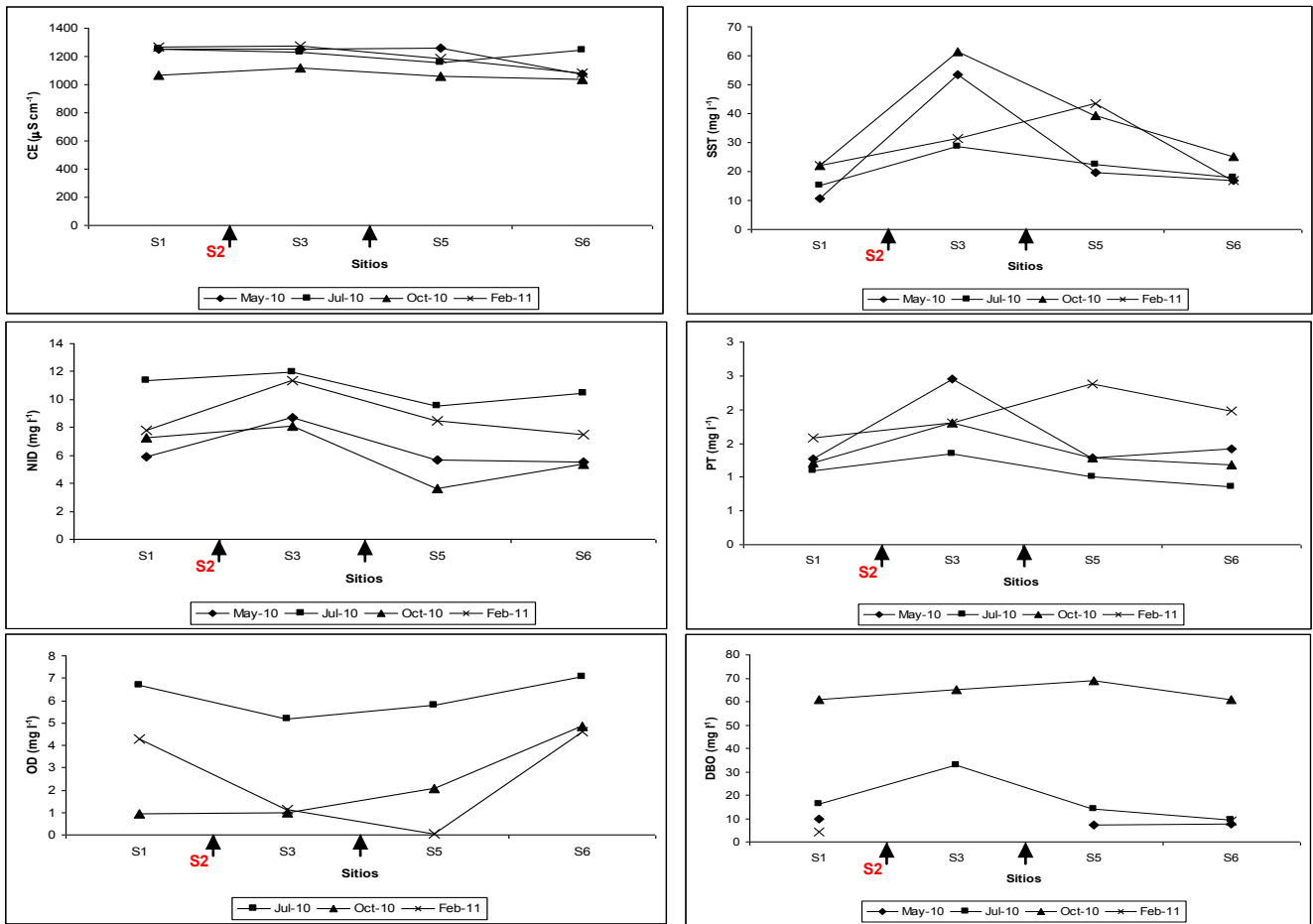


Figura 4. Valores de CE, SST, NID, PT, OD y DBO en agua superficial en los sitios S1, S3, S5 y S6 del Ao. Chozas durante las campañas de MAR-2010, JUL-2010, OCT-2010 y FEB-2011. Las flechas indican la posición relativa de los canales industriales S2 y S4.

En S2 (canal industrial) se encontraron valores elevados de SST en todas las campañas (Tabla 2), resultando en un incremento de dichas concentraciones aguas abajo de la desembocadura de este canal (Fig. 4). Al comparar entre los sitios S1 y S3 puede observarse que S2 tuvo el efecto de incrementar las concentraciones de NID y PT ($[S3] > [S1]$) y disminuir las concentraciones de OD, impactando directamente sobre la calidad de las aguas del arroyo al menos a nivel de tramo (Fig. 4). En FEB-2010 se observó una situación similar con respecto a S4, incrementando las concentraciones de SST y PT en el sitio S5 con respecto a S3 (aguas arriba de S4) (Fig. 4). En comparación con S2, en ninguna campaña se observó un efecto importante de S4 (canal industrial) sobre las concentraciones de NID y PT del arroyo ($[S5] < [S3]$), con excepción de PT en la campaña de FEB-2011 ($[S5] > [S3]$) (Fig.4). Además, los valores de OD en JUL-2010 y OCT-2010 se incrementaron a partir de S3. En FEB-2011, dicho incremento se observó a partir de S5, indicando el impacto de S4 sobre la calidad de las aguas del arroyo en esa fecha. En S3 se observó una DBO mayor que en S1 y luego una disminución progresiva ($[S6] < [S5] < [S3]$) en JUL-2010. En OCT-2010 las concentraciones de DBO disminuyeron sólo a partir de S5, indicando el mayor aporte orgánico de ambos canales industriales durante esa fecha (Fig. 4). Con excepción del sitio S0 (FEB-2011), en todos los sitios en las cuatro fechas se midieron concentraciones de N-NH_4^+ que superaron el nivel guía de calidad de aguas dulces superficiales para la conservación biológica de $1370 \mu\text{g l}^{-1}$ indicado en la legislación nacional (Ley Nacional N° 24.051 y Decreto Reglamentario 831/93), mientras que el nivel guía de $60 \mu\text{g l}^{-1}$ correspondiente a N-NO_2^- fue igualado o superado en la mayoría de los sitios y fechas, a excepción del sitio S0 (FEB-2011), S2 en JUL-2010 y FEB-2011, S4 en MAY-2010, JUL-2010 y FEB-2011, S5 en OCT-2010 y FEB-2011 y S6 en OCT-2010 (Tabla 2). Para FEB-2011 en el sitio S0 CE, NID, PRS y PT resultaron bajas en relación al resto de los sitios y OD obtuvo un valor mayor al doble que el resto de los sitios (Tabla 2).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Las características físico químicas en S2 en todas las campañas se corresponden con las de efluentes de mataderos y frigoríficos, los cuales tienen una elevada DBO, sólidos en suspensión, grasas y otros materiales flotantes (Braile, 1979).

Tabla 2. Variables físico químicas medidas en agua superficial según campañas y sitios de muestreo (n = 3).

Código (fecha-sitio)	Temperatura (°C)	pH	CE ($\square S\text{ cm}^{-1}$)	SST (mg l^{-1})	OD (mg l^{-1})	N-NH ₄ ⁺ (mg l^{-1})	N-NO ₂ ⁻ (mg l^{-1})	N-NO ₃ ⁻ (mg l^{-1})	NID (mg l^{-1})	PRS (mg l^{-1})
MAY-S1	15	8,02±0,01	1250±32	10,8±0,7	s/d	5,0±0,3	0,08±0,00	0,87±0,12	5,9±0,3	1,1±0,0
MAY-S2	20	7,44±0,04	1364±24	241,9±33,9	s/d	23,4±1,7	0,06±0,00	0,10±0,02	23,6±1,7	3,7±0,1
MAY-S3	16	7,73±0,01	1249±59	53,3±6,0	s/d	7,9±0,5	0,36±0,14	0,34±0,16	8,7±0,7	1,5±0,0
MAY-S4	16	7,96±0,03	872±16	45,9±3,0	s/d	1,8±0,1	0,05±0,00	0,43±0,30	2,2±0,4	0,5±0,0
MAY-S5	16	7,86±0,02	1261±47	19,7±1,8	s/d	4,9±0,4	0,11±0,01	0,82±0,35	5,7±0,0	1,0±0,0
MAY-S6	15	7,90±0,03	1077±2	16,9±0,2	s/d	4,9±0,2	0,45±0,00	0,28±0,17	5,5±0,0	1,0±0,0
JUL-S1	8	8,44±0,03	1251±9	15,1±1,0	6,7±1,6	9,5±1,1	0,06±0,00	1,14±0,15	11,4±0,0	0,8±0,0
JUL-S2	18	8,04±0,06	1347±13	193,6±41,3	1,3±0,7	25,7±1,9	0,04±0,00	0,04±0,02	26,8±0,5	2,9±0,1
JUL-S3	10	8,54±0,01	1232±21	28,5±0,9	5,2±0,1	6,4±1,3	0,06±0,00	5,05±0,15	12,0±1,3	0,9±0,0
JUL-S4	10	8,70±0,06	888±3	20,4±0,0	8,7±0,8	5,4±0,9	0,04±0,00	0,83±0,31	5,8±0,7	0,2±0,0
JUL-S5	9	8,63±0,03	1153±98	22,5±0,2	5,8±0,9	7,9±0,9	0,08±0,00	1,00±0,00	9,6±0,0	0,6±0,0
JUL-S6	10	8,62±0,00	1244±9	18,0±2,8	7,1±0,1	9,7±0,9	0,11±0,00	0,87±0,16	10,5±1,3	0,6±0,0
OCT-S1	17	8,10±0,13	1064±18	22,0±0,0	0,9±0,2	6,8±0,1	0,15±0,00	0,32±0,08	7,3±0,0	0,9±0,0
OCT-S2	20	7,09±0,01	1270±51	208,0±16,0	0,0±0,0	27,6±1,1	0,07±0,01	0,14±0,03	27,8±1,1	4,7±0,2
OCT-S3	16	7,76±0,08	1116±6	61,3±6,1	1,0±0,4	8,5±1,7	0,33±0,01	0,60±0,16	8,1±0,0	0,9±0,3
OCT-S4	17	8,30±0,02	921±29	24,7±3,1	9,3±0,6	30,6±1,9	0,07±0,01	0,18±0,02	30,7±2,7	0,3±0,0
OCT-S5	18	7,97±0,04	1059±26	39,3±6,4	2,1±0,0	3,5±0,7	0,00±0,00	0,05±0,01	3,6±0,8	0,4±0,0
OCT-S6	18	8,11±0,02	1041±21	25,3±4,2	4,8±0,1	4,9±0,6	0,01±0,00	0,05±0,00	5,4±0,0	0,5±0,0
FEB-S1	26	7,86±0,02	1270±10	22,0±8,7	4,3±3,8	7,1±0,8	0,12±0,00	0,60±0,19	7,8±0,8	1,0±0,0
FEB-S2	27	7,33±0,02	1330±16	146,7±12,9	0,0±0,0	15,6±2,2	0,03±0,01	0,04±0,01	15,7±2,2	2,4±0,1
FEB-S3	25	7,81±0,02	1271±22	31,3±8,1	1,1±0,2	10,7±4,8	0,13±0,00	0,52±0,05	11,3±4,8	1,3±0,0
FEB-S4	23	7,42±0,01	1530±19	330,7±9,2	0,0±0,0	35,8±10,4	0,05±0,04	0,57±0,34	36,4±10,8	1,0±0,4
FEB-S5	25	7,65±0,01	1185±13	43,3±4,2	0,1±0,1	8,4±0,2	0,01±0,00	0,06±0,01	8,5±0,2	1,4±0,1
FEB-S6	26	7,88±0,01	1081±16	17,0±7,1	4,6±0,2	7,4±0,2	0,07±0,00	0,04±0,02	7,5±0,2	1,0±0,0
FEB-S0	30	7,86±0,04	457±18	84,1±1,9	10,7±2,3	0,9±0,3	0,05±0,00	0,17±0,01	1,1±0,3	0,6±0,0

(s/d: sin datos)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Tabla 2 (continuación).

Variables físico químicas medidas en agua superficial según campañas y sitios de muestreo (n = 3).

Código (fe-cha-sitio)	PT (mg l ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg l ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg l ⁻¹)	DUR (mg l ⁻¹)	Cl ⁻ (mg l ⁻¹)	Na ⁺ (mg l ⁻¹)	K ⁺ (mg l ⁻¹)	DBO (n=1) (mg l ⁻¹)
MAY-S1	1,3±0,0	40,2±0,7	785,4±0,0	29,1±0,5	10,8±1,0	117,2±3,1	62,6±0,0	266,5±7,3	12,9±0,0	9,7
MAY-S2	5,0±0,2	27,0±0,8	853,8±8,2	28,0±2,9	5,0±1,7	90,4±0,0	84,7±2,0	254,1±19,1	27,0±0,0	s/d
MAY-S3	2,5±0,2	37,4±0,8	792,5±12,3	24,8±0,8	12,8±1,3	114,5±3,5	67,3±2,0	262,3±0,0	16,8±0,7	s/d
MAY-S4	0,6±0,0	8,7±1,7	740,6±4,1	25,6±2,1	6,9±1,3	92,4±2,0	21,3±2,8	224,8±0,0	11,7±0,7	7,6
MAY-S5	1,3±0,1	37,7±2,6	761,8±4,1	26,9±1,7	11,0±0,7	112,5±2,0	59,1±3,5	266,5±7,3	14,1±0,0	7,1
MAY-S6	1,4±0,1	38,9±0,9	773,6±4,1	26,9±1,7	11,2±1,1	113,1±1,2	61,5±2,0	266,5±7,3	13,7±0,7	7,6
JUL-S1	1,1±0,0	34,2±0,4	757,1±7,1	28,8±0,8	14,9±1,2	133,1±6,6	66,7±5,0	266,5±7,3	14,3±0,5	16,0
JUL-S2	5,8±0,0	25,6±0,8	818,5±8,2	23,7±0,5	12,0±0,9	108,8±2,9	87,0±0,0	295,7±19,1	23,1±7,2	183,6
JUL-S3	1,3±0,0	33,2±0,7	745,3±26,8	32,0±0,8	12,7±0,4	132,2±2,9	61,5±2,0	270,7±7,3	14,6±0,5	32,8
JUL-S4	0,4±0,0	9,6±0,3	676,9±10,8	26,4±1,6	10,0±1,6	107,1±2,9	19,7±2,0	220,7±7,2	11,7±0,7	21,0
Código (fe-cha-sitio)	PT (mg l ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg l ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (mg l ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg l ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg l ⁻¹)	DUR (mg l ⁻¹)	Cl ⁻ (mg l ⁻¹)	Na ⁺ (mg l ⁻¹)	K ⁺ (mg l ⁻¹)	DBO (n=1) (mg l ⁻¹)
JUL-S5	1,0±0,0	32,1±0,6	735,9±0,0	28,3±0,5	14,6±0,3	130,6±0,0	59,1±3,5	274,9±0,0	13,7±0,7	14,2
JUL-S6	0,9±0,0	33,5±0,9	747,7±8,2	28,3±0,5	14,2±1,0	128,9±2,9	54,5±2,0	270,7±7,3	14,6±0,5	9,5
OCT-S1	1,2±0,0	33,2±1,1	639,2±4,1	24,3±0,9	11,2±0,3	107,0±1,1	56,8±2,0	200,0±0,0	10,3±0,6	61,0
OCT-S2	7,1±0,3	29,4±2,3	853,8±4,1	16,3±1,1	11,9±0,7	89,7±0,0	88,1±2,0	233,3±57,7	18,3±2,5	s/d
OCT-S3	1,8±0,1	31,0±2,0	643,9±7,1	24,3±0,4	10,6±0,5	104,5±1,1	60,3±2,0	200,0±0,0	10,7±0,6	65,1
OCT-S4	0,6±0,0	13,4±1,3	636,8±0,0	23,3±0,0	8,0±0,3	91,3±1,1	25,5±2,0	200,0±0,0	6,7±0,6	94,0
OCT-S5	1,3±0,0	30,8±3,9	625,0±8,2	23,8±0,4	10,8±0,3	103,8±0,0	53,3±2,0	233,3±57,7	8,7±0,6	69,0
OCT-S6	1,2±0,0	30,6±0,8	620,3±4,1	24,1±0,0	9,7±0,5	100,1±1,9	52,2±0,0	216,7±28,9	9,0±0,0	61,0
FEB-S1	1,6±0,0	35,6±1,2	636,7±3,6	25,9±0,5	14,4±0,5	124,1±2,5	68,4±2,0	250,0±0,0	13,7±0,6	4,4
FEB-S2	5,2±0,1	12,2±0,9	717,6±3,6	21,5±0,5	13,7±0,3	110,2±1,3	74,2±2,0	233,3±28,9	19,0±1,7	210,3
FEB-S3	1,8±0,1	33,4±0,2	618,1±3,6	24,7±0,5	14,6±0,3	121,9±1,3	71,9±4,0	250,0±0,0	13,0±0,0	s/d
FEB-S4	6,5±0,1	15,4±8,0	466,7±16,5	21,8±0,0	14,3±0,9	113,1±3,6	246,4±5,0	250,0±0,0	24,7±1,5	78,2
FEB-S5	2,4±0,1	26,4±0,6	578,6±6,2	23,3±0,5	13,7±0,6	114,6±1,3	66,1±0,0	250,0±0,0	11,7±0,6	s/d
FEB-S6	2,0±0,0	23,9±0,6	526,8±3,6	22,4±0,5	12,1±0,3	105,8±1,3	61,5±2,0	200,0±0,0	11,3±0,6	9,1
FEB-S0	1,3±0,0	24,2±1,2	275,8±3,6	25,0±0,5	10,2±0,5	104,4±1,3	10,4±3,5	66,7±28,9	17,3±0,6	0,3

s/d: sin datos

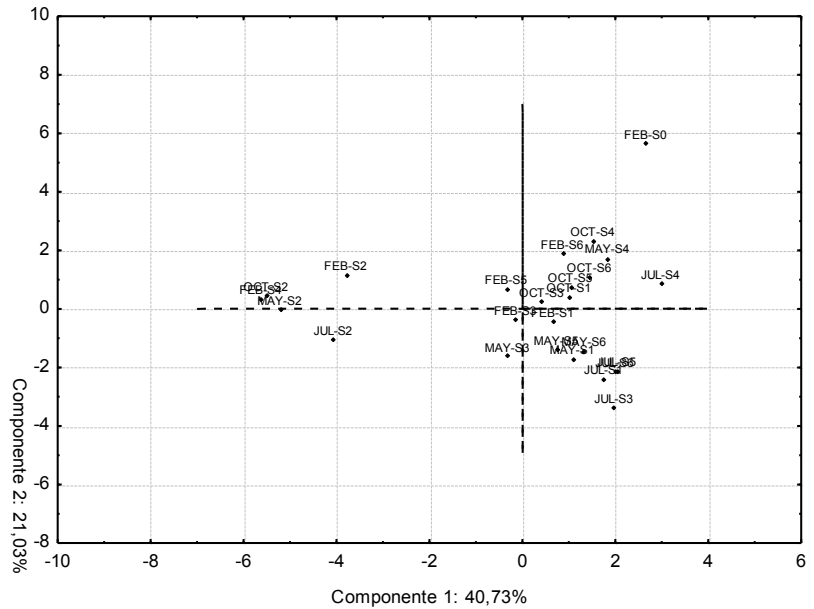
La composición iónica indica el predominio de HCO₃⁻ y Na⁺ sobre el resto de los iones (Tabla 2). Dadas las relaciones halladas entre las concentraciones de HCO₃⁻, Cl⁻, Ca²⁺ y Na⁺ la salinidad de las aguas superficiales del arroyo La Chozza está asociada principalmente a la mineralización en equilibrio con el sustrato geológico (Wetzel, 1981), aunque no puede desagregarse totalmente del proceso de evaporación-precipitación.

Para el PCA se estandarizaron las variables y posteriormente se incluyeron en el análisis con excepción de NID, Ca²⁺ y Mg²⁺, dado que brindan información redundante. Se seleccionaron los cuatro primeros factores,

que explican el 80,8% de la varianza total. El primer componente estuvo constituido por PT, SST y PRS y en menor medida DBO, N-NH₄⁺, K⁺, y Cl⁻ (abscisas⁻, correlaciones negativas) y pH y OD (abscisas⁺, correlaciones positivas) (Fig. 5). El segundo componente estuvo constituido por Na⁺ (abscisas⁻, correlación negativa) aunque HCO₃⁻, CE y DUR (abscisas⁻, correlaciones negativas) y T (abscisas⁺, correlaciones positivas) tuvieron correlaciones cuyo módulo resultó algo inferior a 0,7 (Fig. 5). Aunque ninguna variable aportó a los componentes 3 y 4 el valor para N-NO₂⁻ en el componente 3 resultó 0,65.

Figura 5.

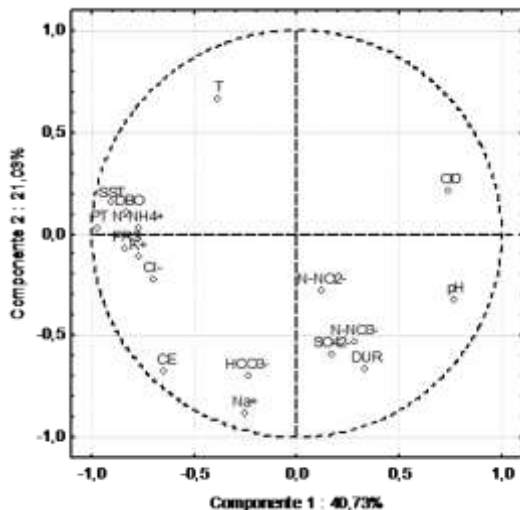
PCA: contribución de las variables a los componentes 1 y 2



El ordenamiento de los sitios y fechas por PCA (Fig. 6) permitió separar gráficamente 3 grupos: el primero constituido por el sitio S0 (FEB-2011), el segundo formado por S2 (todas las fechas) y S4 (FEB-2011) y el tercero constituido por el resto de los sitios y campañas. También se observó que el componente 2 (Na⁺ y en menor medida HCO₃⁻ y CE, DUR) separa FEB-S0 del resto de los casos.

Figura 6.

PCA: agrupamiento de sitios y campañas en el plano formado por los componentes 1 y 2.



En relación a los usos del suelo, se encontró que la ganadería y la agricultura ocupan cerca del 90% de la superficie de la cuenca, mientras que las áreas urbanas/suburbanas alcanzan aproximadamente el 6% y el resto es ocupado por otras actividades, como la horticultura. Las tendencias en el uso del suelo observadas indican un aumento en las superficies industriales y urbanizadas incluso en la modalidad de urbanizaciones cerradas, la modificación de tierras tradicio-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

nalmente destinadas a la ganadería para la siembra, principalmente de soja y la transformación de la ganadería extensiva hacia prácticas más intensivas.

Discusión

La calidad de las aguas superficiales en el arroyo La Chozza en condiciones de caudal base disminuye aguas abajo de S1, con el ingreso de efluentes industriales para recuperarse paulatinamente hasta valores cercanos a los de S1 en S6, poniendo en evidencia este servicio ecológico de autodepuración a pesar del bajo caudal y la breve distancia (3,5 km) entre ambos sitios. Como el tramo elegido se ubica en la cuenca media-baja del arroyo, los valores de las concentraciones de nutrientes son elevadas aún en S1. Dada la caracterización físico química de las aguas en S0 podría sugerirse éste como sitio de referencia, sin embargo debería estudiarse la variabilidad estacional. La similitud entre los sitios del arroyo (S1, S3, S5 y S6) detectada en el PCA indicaría que la capacidad de autodepuración del arroyo no ha sido superada, aún considerando el ingreso de los efluentes (S2 en todas las campañas y S4 en FEB-2011).

Los resultados del análisis de precipitación acumulada y escurrimiento anuales muestran una tendencia creciente para el período 1951-2010, resultados concordantes con los hallados por Spescha *et al.* (2004) quienes señalan, para la región pampeana, un incremento temporal de las precipitaciones anuales con el consecuente aumento de excesos de agua en los suelos, con mayores volúmenes en el trimestre otoñal y durante años "El Niño". Sin embargo, la proyección climática para el período 2020-2040 indica que el efecto del incremento de la temperatura sobre la evaporación superaría al efecto del incremento en la precipitación, resultando en una disminución de los caudales de los ríos de la región

(<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Segunda%20Comunicacion%20Nacional.pdf>).

En general, los mayores cambios en los regímenes hidrológicos se prevén para cuencas pequeñas de primer o segundo orden (Andersen *et al.*, 2006), como la correspondiente al arroyo La Chozza. Los efectos de menores escurrimientos sobre la biota, particularmente en verano, incluyen cambios en la distribución de especies sensibles, disturbios en las dietas y sitios de cría y desove en peces, entre otros. Además tendrían lugar efectos indirectos asociados a la disminución del servicio de autodepuración por dilución de sustancias tóxicas (biocidas, metales pesados entre otros) y de nutrientes incorporados al cuerpo de agua a través de efluentes puntuales, lo que favorecería la eutrofización afectando la composición y abundancia de la biota (Johnson *et al.*, 2009). Asimismo, la disminución del caudal en verano podría causar un aumento de la sedimentación. Los sólidos sedimentables presentan un elevado nivel de materia orgánica (Arreghini *et al.*, 2008) que al depositarse en el lecho del arroyo incrementaría el consumo de oxígeno y el stress en la biota por déficit del mismo. Además, la tendencia al aumento de las temperaturas medias anuales aceleraría el consumo de oxígeno por la biota y disminuiría la tensión parcial de este gas en el agua. Estos efectos se verían incrementados en verano.

Paralelamente, la frecuencia de precipitaciones extremas ha aumentado en las últimas décadas y se mantendría en el futuro. Por lo tanto el riesgo de inundaciones asociado a estos eventos se mantendría o aumentaría (<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Segunda%20Comunicacion%20Nacional.pdf>),

en especial durante los meses de marzo a octubre, período en el que tienen lugar los excedentes hídricos. El principal impacto de las crecidas sobre las comunidades biológicas de los arroyos se relaciona con el arrastre de materiales y recursos aguas abajo (Elosegi *et al.*, 2009). Para sistemas lóticos de la región pampeana, Rodríguez Capítulo *et al.* (2010) consideran que las inundaciones se asocian a una mayor erosión, con incremento de la turbidez, disminución de la penetración de luz en la columna de agua, mayor efecto dilutorio sobre la salinidad aunque no sobre la concentración de nutrientes y efectos sobre los tiempos de retención. Para el arroyo El Durazno, Arreghini *et al.* (2005) señalan incrementos en las cargas de SST, N-NO_3^- y SO_4^{2-} (entre otras variables) asociados a la ocurrencia de precipitaciones de magnitud considerable debido al arrastre de estos por la escorrentía superficial. Estos resultados podrían extrapolarse al arroyo La Chozza, dadas las similitudes entre cuencas.

Los ciclos biogeoquímicos que tienen lugar en las áreas riparias de arroyos rurales de bajo caudal tienen un rol significativo en la reducción de concentraciones de N-NO_3^- y PRS (Jarvie *et al.*, 2008). Sin embargo, los cambios en el uso del suelo implican muchas veces pérdidas de áreas ribereñas vegetadas que cumplen un rol de retención de sólidos, nutrientes y contaminantes que en este nuevo escenario de intensificación del uso del suelo agrícola alcanzarán el cuerpo de agua. Entre otros efectos sobre las aguas superficiales asociados a este uso del suelo pueden mencionarse: mayor extracción de agua; alteraciones en la red de drenaje entre otros efectos hidrológicos; cambios en los balances hídricos por diferencias entre la evaporación de la vegetación natural y los cultivos; empobrecimiento de los hábitats acuáticos, entre otros (Allan,

2004). También existen efectos directos e indirectos asociados al aumento de la urbanización y las superficies impermeables, entre los cuales pueden mencionarse: alteraciones en la morfología de los canales; incremento de los caudales máximos y disminución de los tiempos de retardo para dichos caudales; incremento de la erosión y por lo tanto de los sedimentos suspendidos; aumento de la temperatura del agua. En el arroyo La Choza, el aumento en las concentraciones de nutrientes resultaría en el aumento de la biomasa bacteriana y algal asociada al sedimento y de la producción primaria de macrófitas (Rodríguez Capítulo *et al.*, 2010). Otros efectos podrían incluir disminución de la diversidad de peces e invertebrados (Paul & Meyer, 2001; Allan, 2004). Por otro lado, el incremento de la superficie destinada para uso del suelo industrial en un marco de escaso control estatal de los efluentes líquidos, supone mayores vertidos hacia los cursos de agua superficiales.

Conclusiones

La cuenca superior del Río de la Reconquista es quizás el único sector de toda la cuenca aún representativo de la flora y fauna de la región pampeana, sin embargo los usos del suelo actuales y las tendencias observadas aumentan la vulnerabilidad de las comunidades biológicas que sustenta.

Para la cuenca del arroyo La Choza, las tendencias meteorológicas detectadas indicarían un futuro con mayores temperaturas, mayores riesgos de sequía y menores caudales base, especialmente durante el verano. En este escenario, los impactos previstos sobre el sistema acuático pueden resumirse en: menor efecto dilutorio con mayores concentraciones de nutrientes, metales pesados, biocidas y otros compuestos orgánicos; modificación y pérdida de hábitats para la fauna acuática; incremento de la frecuencia de episodios de anoxia; disminución de la biodiversidad de peces, aves e invertebrados, entre otros.

Los impactos asociados con una elevada frecuencia de precipitaciones importantes y consecuentemente mayores inundaciones, incluyen pérdida de hábitats y modificación de la estructura de las comunidades biológicas e incrementos de sólidos suspendidos, ingresos de nutrientes y contaminantes por escorrentía. Estos impactos alcanzan la mayor magnitud si las precipitaciones de gran magnitud ocurren entre marzo y octubre, cuando existen los mayores excedentes hídricos.

Considerando además el incremento a lo largo del tiempo de las superficies urbanas e industriales y las prácticas agropecuarias cada vez más intensivas, se prevé el agravamiento de los efectos asociados de manera intrínseca a cada uso del suelo.

La existencia de áreas naturales protegidas y los proyectos de creación de nuevos espacios de estas características coexisten muchas veces con políticas de escaso o nulo control de los vertidos industriales por parte de las autoridades de aplicación, sumado a la falta de diálogo entre los actores de las distintas jurisdicciones involucradas. A fin de resguardar un espacio único por sus características y su cercanía dentro del AMBA, garantizando además el acceso público a la naturaleza, son necesarias no sólo la creación de nuevas áreas naturales y reservas sino también una política de mayor control estatal de las industrias y la planificación del uso del suelo en el marco del cambio climático.

Agradecimientos: Los autores desean agradecer la colaboración del Área Natural Protegida Dique Ing. Roggero (Municipalidad de Moreno), por la asistencia brindada durante las campañas de muestreo, en especial al Guardaparque Roberto Ferrer y al Sr. Ignacio Healion. También a la Ing. Ana Callau por su asistencia en los cálculos del balance hídrico y a Daniela Czibener por facilitar parte de la información necesaria para el análisis de usos del suelo.

Bibliografía

01. Aherne J, Larssen T, Cosby B.J. and Dillon P.J. - 2006. Monitoring and modelling the impacts of global change on European freshwater ecosystems. *Science of The Total Environment* 365(1-3): 186-199.
02. Allan, D. 2004. Landscapes and Riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35: 257-284.
03. Anbumozhi V, J. Radhakrishnan and E. Yamaji. 2005. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations. *Ecological Engineering* 24: 517-523.
04. Andersen, H. E.; B. Kronvang; S. E. Larsen; C. C. Hoffmann; T. S. Jensen; E. K. Rasmussen. 2006. Climate-change impacts on hydrology and nutrients in a Danish lowland river basin. *Science of the Total Environment* 365: 223-237.
05. APHA – AWWA – WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos. S. A. Madrid, España.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

06. Arreghini, S.; L. de Cabo; R. Seoane; N. Tomazin; R. Serafini and A. F. de Iorio. 2005. Influence of rainfall on the discharge, nutrient concentrations and loads of a stream of the "Pampa Ondulada" (Buenos Aires, Argentina). *Limnetica* 24(3-4): 225-236.
07. Arreghini, S.; L. de Cabo; R. Seoane; N. Tomazin; R. Serafini and A. F. de Iorio 2008. A methodological approach to water quality assessment in a ungauged basin, Buenos Aires, Argentina. *GeoJournal* 70: 281-288.
08. Braile, P. M. 1979. Manual de tratamiento de águas residuárias industriais. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Sao Paulo, Brasil.
09. De Cabo, L. I.; R. Seoane; L. Uргу; M. E. Koutsovitis; A. Dini and I. Obertello. 2007. Temporal evolution of hydrologic variables in flooded areas of Chascomús Lake basin (Buenos Aires province, Argentina) and land reuse: an analysis. In *Environmental change and rational water use*. 1st ed. Eds.: O. E. Scarpati & J. A. A. Jones. Orientación Gráfica.
10. De Cabo, L. I.; R. Seoane; S. Arreghini y A. Callau. 2010. Análisis de dos sistemas acuáticos: un enfoque ecohidrológico. *Rev. FCA UNCuyo* 42: 39-51.
11. Colautti, D. C.; M. E. Maroñas; E. D. Sendra; L. C. Protogino; F. Brancolini y D. Campanella. 2009. Ictiofauna del Arroyo La Chozza, cuenca del Río de la Reconquista (Buenos Aires, Argentina). *Biología Acuática* 26: 55-62.
12. Elosegi, A.; A. Butturini y J. Armengol. 2009. El caudal circulante. En *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Eds.: Elosegi, A. y S. Sabater. Fundación BBVA. Bilbao.
13. Faggi, A. and M. Ignatieva. 2009. Urban green spaces in Buenos Aires and Christchurch. *Municipal Engineer* 162: 241-250.
14. Feijó, C. S. and R. J. Lombardo. 2007. Baseline water quality and macrophyte assemblages in Pampean streams: A regional approach. *Water Research* 41: 1399 – 1410.
15. Forte Lay, J.; O. Scarpati; L. Spescha and A. Capriolo. 2007. Drought risk in the Pampean Region (Argentina) using soil water storage analysis. In *Environmental change and rational water use*. 1st ed. Eds.: O. E. Scarpati & J. A. A. Jones. Orientación Gráfica.
16. González M. H., y M. N. Nuñez. 2007. Escenarios futuros en la pampa bonaerense, en Argentina. *Revista Digital Universitaria UNAM*. 8(10): art. 79. <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art79/int79.htm>
17. Jarvie H. P.; P. M. Haygarth; C. Neal; P. Butler; B. Smith; P. S. Naden; A. Joynes; M. Neal; H. Wickham; L. Armstrong; S. Harman and E. J. Palmer-Felgate. 2008. Stream water chemistry and quality along an upland–lowland rural land-use continuum, south west England. *Journal of Hydrology* 350: 215– 231.
18. Johnson A. C.; M. C. Acreman; M. J. Dunbar; S. W. Feist; A. M. Giacomello; R. E. Gozlan; S. A. Hinsley; A. T. Ibbotson; H. P. Jarvie; J. I. Jones; M. Longshaw; S. C. Maberly; T. J. Marsh; C. Neal; J. R. Newman; M. A. Nunn; R. W. Pickup; N. S. Reynard; C. A. Sullivan; J. P. Sumpter; R. and J. Williams. 2009. The British river of the future: How climate change and human activity might affect two contrasting river ecosystems in England. *Science of the Total Environment*. 407: 4787–4798.
19. Lautenbach, S.; C. Kugel; A. Lausch and R. Seppelt. 2011. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data. *Ecological Indicators* 11: 676–687.
20. Mackereth, F.; J. Heron and J. Talling. 1989. *Water analysis: Some revised methods form limnologists*. 2^a ed. Kendall: Titus Wilson and Son Ltd. UK.
21. O'Farrell, I; R. J. Lombardo; P. de Tezanos Pinto and C. Loez. 2002. The assessment of water quality in the Lower Luján River (Buenos Aires, Argentina): phytoplankton and algal bioassays. *Environmental Pollution* 120: 207–218.
22. Paul, M. J. and J. L. Meyer. 2001. Streams in the urban landscape. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32: 333-365.
23. Rodríguez Capítulo, A.; N. Gómez; A. Giorgi and C. Feijó. 2010. Global changes in pampean lowland streams (Argentina): implications for biodiversity and functioning. *Hydrobiologia* 657: 53-70.
24. Sadañowski, I. 2003. El problema de las inundaciones en la cuenca del Río de la Reconquista: la represa Ingeniero Carlos F. Roggero y las funciones ecológicas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de General Sarmiento. Buenos Aires.
25. Scarpati, O.; J. A. Forte Lay; M. E. Fernández Long and A. D. Capriolo. 2007. ENSO influence on soil water balance and temperature in pampean flatlands with special analysis to San Pedro (Argentina). In *Environmental change and rational water use*. 1st ed. Eds.: O. E. Scarpati & J. A. A. Jones. Orientación Gráfica.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

26. Spescha, L.; J. Forte Lay; O. Scarpati y R. Hurtado. 2004. Los excesos de agua edáfica y su relación con el ENSO en la región pampeana. Rev. Facultad De Agronomía - UBA 24 (2): 161-167.
27. Strickland, J. and T. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2a ed. Bull. No. 167. Fisheries Research Board. Ottawa.
28. Thornthwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. American Geoph. Review, 55-59.
29. Wetzel, R. 1981. Limnología. Omega. Barcelona.
30. Wunderlin D. A.; M. A. Díaz; M. V. Amé; S. F. Pesce; A. C. Hued and M. A. Bistoni. 2001. Pattern recognition techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in Water Quality. A case study: Suquía river basin (Córdoba–Argentina). Water Research 35(12): 2881–2894.
31. <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/Segunda%20Comunicacion%20Nacional.pdf>. 2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Consultado en Mayo 2011.
32. <http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar/aaba/>. Atlas Ambiental de Buenos Aires. Consultado en Mayo 2011.
33. <http://www.censo2010.indec.gov.ar/>. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. INDEC. Consultado en Mayo 2011.
34. http://climayagua.inta.gob.ar/consulta_historica_castelar. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Instituto de Clima y Agua. Consultado en Mayo 2011.

**DISTRIBUCIÓN DE LAS SEQUÍAS METEOROLÓGICA, AGRÍCOLA E HIDROLÓGICA
Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES**

Botana M*, Pérez Ballari A*, Scarpati O.

*** Centro de Investigaciones Geográficas / Instituto de Investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales (UNLP - CONICET). Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación
Universidad Nacional de La Plata (UNLP).**

botana.mariaines@gmail.com - aperezballari@gmail.com

En este trabajo se busca indagar sobre las consecuencias directas e indirectas de las sequías con la finalidad de diferenciarlas de acuerdo a diferentes tipos: meteorológicas, agrícolas e hidrológicas.

Desde el punto de vista meteorológico se observa una disminución significativa en las precipitaciones y se analiza dicho comportamiento a partir de datos de distintas estaciones meteorológicas de la Provincia de Buenos Aires correspondiente al corte temporal 1996-2007.

A partir de ello se constata que la provincia está siendo afectada por una sequía meteorológica cuya prolongación se ha derivado en sequías agrícola e hidrológica, siendo considerada como la peor de los últimos 20 años y que ha provocado grandes pérdidas económicas en distritos del norte, sur y sudoeste de la misma¹.

Palabras clave: Sequías meteorológicas, hidrológicas y meteorológicas, precipitaciones, consecuencias de sequías.

Abstract

The goal of this paper is analyzed the direct and indirect consequences of drought according their different types: meteorological, agricultural and hydrological. The precipitation amount experienced an important diminution and its behavior is analyzed at different meteorological stations of Buenos Aires province using data series in the period 1996 – 2007.

From this, it is determined that the province is suffering a meteorological drought which long duration has derived in agricultural and hydrological droughts. It is considered the worst one of the last 20 years and promoted large economic loss in counties located at north, south and south –west of the province.

¹ The present paper is a result of several studies realized for the UNLP-FAHCE-CIG proyect: “Water, development and uncertainty. The reduced availability as a paradigm of inequality”. 2008 – 2010.

Keywords: Meteorological, agricultural and hydrological drought, precipitation, drought consequences.

Introducción

La ocurrencia de sequías en la provincia de Buenos Aires afecta en forma significativa un sin número de actividades económicas y en particular la actividad agropecuaria.

Una amplia búsqueda bibliográfica muestra que las sequías en la República Argentina se registran desde tiempos inmemorables y en el caso particular de la provincia de Buenos Aires. Por ejemplo, se las que se produjeron en el año 1979, cuya duración fue de seis meses, lo que ocasionó pérdidas en la cosecha gruesa y escasez de forraje y la de 1987-1989 a la que se considera “la sequía del siglo”, ya que produjo pérdida de cosechas, muerte de ganado, daños en ecosistemas naturales y dificultades en la provisión de agua potable para la población.

Actualmente, la provincia está siendo afectada por una sequía que ha sido considerada como la peor de los últimos 20 años y que ha provocado grandes pérdidas en distritos del norte, sur y sudoeste de la misma.

En el estudio de eventos hidrológicos extremos (sequía e inundaciones) se debe partir de ciertos conocimientos básicos para su mejor comprensión: el ciclo hidrológico o ciclo del agua y el sistema climático.

El ciclo hidrológico y el sistema climático están íntimamente relacionados. Cualquier cambio en uno de ellos se refleja en el otro; por ejemplo: la precipitación afecta la magnitud y ocurrencia de la escorrentía, la recarga de agua subterránea, la frecuencia e intensidad de las sequías e inundaciones, la temperatura actúa en la evapotranspiración y en la humedad del suelo, la transferencia de calor en el suelo, la humedad superficial, la reflectividad de la superficie y la vegetación que la cubre, afectan la evaporación y la formación de

¹El presente trabajo es el resultado de estudios efectuados en el marco del proyecto de investigación denominado “Agua, desarrollo e incertidumbre. La reducción de la disponibilidad como paradigma de inequidad” que se desarrolló en la UNLP-FAHCE-CIG¹. Período 2008-2010.¹

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

nubes, actuando sobre la radiación neta, etc. Por otro lado, el sistema hidrológico se ve afectado en forma directa por las actividades humanas, como son el uso del suelo, la urbanización y la explotación de los recursos hídricos.

En el estudio de la sequía, además, se debe considerar ciertos conceptos:

El estado medio del sistema climático está controlado por la combinación de:

- forzados externos al sistema (variabilidad solar, efectos astronómicos, procesos tectónicos y erupciones volcánicas),
- forzados radiactivos internos (composición de la atmósfera, cubierta de nubes),
- cambios antropogénicos (en la composición de la atmósfera, en la cubierta terrestre) y
- efectos de retroalimentación (cambios en el contenido de vapor de agua atmosférico o la nubosidad provocada por los cambios globales de temperatura).

Estos últimos tienen por un lado, un impacto directo sobre el medio ambiente y sobre la explotación de recursos, llegándose a extremos tales como el sobrepastoreo y la deforestación y por otro, un impacto indirecto por sus efectos sobre la composición de la atmósfera y el clima, siendo ambos incidentes sobre la biodiversidad. Las alteraciones en la biodiversidad afectan el funcionamiento de poblaciones, ecosistemas y paisajes. Finalmente, estos cambios actúan sobre los patrones de uso de la tierra, la composición de la atmósfera y el clima, acelerado o desacelerando la tasa de variaciones climáticas y los impactos del accionar antrópico.

El efecto indirecto de los cambios en la composición de la atmósfera y cambios en los patrones de uso de la tierra ocurren por cambios en el clima. Los cambios en la composición de la atmósfera y cambios en los patrones de uso de la tierra ya han sido detectados y afectarán los ecosistemas y los seres humanos antes que los cambios en el clima.

Una manifestación de la interacción entre los procesos naturales y la acción antrópica es el patrón de uso de la tierra (o cobertura del suelo) observadas en una región.

Los paisajes son mosaicos dinámicos compuestos por unidades naturales o artificiales que varían en forma, tamaño y diseño. El entender cuanto en la creación de los mosaicos, depende de las funciones y productos del paisaje y como los cambios en el paisaje afectan los procesos ecológicos y socioeconómicos pueden proveer las bases de desarrollo sustentable de una región.

En este capítulo se pretende analizar, a partir de variables físico-ambientales, distintos tipos de sequías e identificar su incidencia territorial en la provincia de Buenos Aires. El área de estudio comprende la totalidad de los partidos de la mencionada provincia y el recorte temporal data del año 1991 hasta la actualidad.

Para ello, se ha trabajado el concepto de sequías desde tres puntos de vista: meteorológico, agrícola e hidrológico. En referencia, al primer tipo se analizan datos de evolución de precipitaciones provenientes de estaciones meteorológicas. En cuanto al segundo tipo, se indaga sobre constantes hidrológicas del suelo tales como la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y la reserva de agua útil en el suelo. Por otro lado, se utilizan datos de emergencia y/o desastre agropecuario a fin de identificar los partidos mayormente afectados a esta problemática, complementada con distintas fuentes periodísticas que muestran las consecuencias de este fenómeno. Se debe resaltar que el análisis de las sequías hidrológicas se debe recurrir, además, a información secundaria por insuficiencia y escasez de información básica.

Todas las variables han sido espacializadas en un sistema de información geográfico. Los resultados obtenidos llevan a la identificación de patrones de distribución de áreas afectadas por las sequías y a las consecuencias generales de las mismas a nivel de partidos.

La sequía: definición y clasificación

La sequía es un fenómeno complejo que involucra aspectos meteorológicos, hidrológicos, ambientales, sociales, etc. Puede ser considerada como la insuficiente disponibilidad de agua en una región por un período prolongado para satisfacer las necesidades de los elementos bióticos locales. (Servicio Meteorológico Nacional (SMN); 1988: 4). En general, es escasamente percibido por la población urbana, no así por la rural. El principal factor que la produce es la variabilidad de las precipitaciones. Puede ocurrir tanto en regiones áridas como en húmedas, aunque principalmente la sequía se localiza en áreas con monto anual de lluvias variable, como es la zona de transición ubicada al oeste de la provincia bonaerense.

La sequía es una situación temporal a diferencia de la aridez que es la escasez de lluvia como característica permanente del clima de una región.

La sequía es considerada como un desastre natural con un período extendido de duración. Esta deficiencia ocasiona escasez de agua para el desarrollo de actividades de grupos o sectores de la población.

La causa de la variación en el monto de las precipitaciones debe ser buscada en los cambios de las presiones atmosféricas y en las consiguientes alteraciones en la circulación general de la atmósfera. Según el Servicio Meteorológico Nacional las sequías están asociadas a condiciones predominantemente anticiclónicas que persisten durante un cierto tiempo. A este factor hay que agregar otro referido a las modificaciones de la cobertura del suelo y a las condiciones del suelo, que pueden llegar a producir alteraciones. Al cambiar el albedo de la superficie del suelo y el contenido de humedad edáfica, se puede constituir un mecanismo de retroalimentación que ayuda a la prolongación y severidad de la sequía.

Según Maulenert Peña (2006:1), podemos hablar de diferentes tipos de sequías:

- a) Sequía meteorológica: ocurre cuando se observa durante uno o varios meses una ausencia prolongada, una deficiencia marcada o una pobre distribución de la precipitación que afecta negativamente a las actividades humanas.
- b) Sequía agrícola: se da cuando no hay suficiente humedad en el suelo para satisfacer las necesidades mínimas de las plantas para su germinación y crecimiento. Es el primer factor que afecta a la agricultura y se produce entre la sequía meteorológica y la sequía hidrológica.
- c) Sequía hidrológica: se refiere a la insuficiencia en el agua superficial y subterránea. Sólo se aprecia cuando las precipitaciones se reducen un largo tiempo y los niveles de los cursos y espejos de agua disminuyen.

1. La Sequía Meteorológica: evolución y distribución de precipitaciones.

El trabajo de Burgos y Vidal (1951) en el que se aplicó la clasificación climática de Thornthwaite (1948) a la provincia de Buenos Aires y posteriormente los de Quintela *et al.* (1989) y Forte Lay *et al.* (1992), permiten una caracterización del clima de la provincia como climas templados que pueden ser Perhúmedo, Húmedo, Subhúmedo húmedo y Subhúmedo seco de este a oeste de la misma.

El valor medio de las precipitaciones anuales oscila alrededor de 950 mm anuales, con máximos de 1.300 a 1.400 mm y mínimos de 600 mm. Los meses con mayores precipitaciones son febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre. Las lluvias derivan generalmente de vientos provenientes del Océano Atlántico Sur que descargan su humedad sobre el sector NE del país.

Al patrón de disminución de las precipitaciones en el sentido noreste-sudoeste, lo acompaña la evapotranspiración (proceso que engloba a la evaporación del suelo y a la transpiración de las plantas), lo que implica áreas más áridas hacia el oeste (Forte Lay *et al.*, 1992 y Spitalnik y Scarpati, 2001 y 2003).

Las tormentas están predominantemente asociadas a frentes fríos y cálidos y ocurren preferentemente durante el otoño y primavera. En este período ocurren intensas lluvias relacionadas con los vientos pampero y sudestada, vientos de orden estacional provenientes del SO y SE respectivamente.

Las temperaturas medias estivales en la provincia de Buenos Aires oscilan alrededor de los 25°C y las medias invernales en 9.5°C.

Cabe destacar que en las últimas décadas se ha verificado un aumento progresivo de las precipitaciones del orden de los 200 mm anuales. (Pereyra, 2007 y Spitalnik y Scarpati, 2001 y 2003). Este proceso se ha visto modificado en los últimos años cuando las precipitaciones han disminuido llegando en algunos casos a presentar los registros de lluvias más bajos de los últimos 45 años. Una de las causas a tener en cuenta es el fenómeno La Niña que provoca un enfriamiento por debajo del promedio de la temperatura del mar a la altura del Ecuador. El agua, a su vez, enfría el aire, que por estar por debajo de lo normal, absorbe menos vapor y trae menos lluvias. A esto se suma que el invierno austral ha sido más seco que lo habitual.

1.1. Evolución y distribución de las precipitaciones sobre la provincia de Buenos Aires.

Para poder estudiar el comportamiento de las precipitaciones en la Provincia de Buenos Aires el fenómeno de la sequía en la provincia de Bs. As se ha procedido a la observación de las precipitaciones, correspondientes a 33 estaciones meteorológicas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA): Los valores indican que la cantidad de lluvia que se registra anualmente a lo largo del corte temporal analizado varía notablemente según la localización geográfica. En la Figura 1 se observa el valor medio anual del período 1996 – 2007 y se compara con el valor anual del año 2005 que ha sido el año más afectado. A su vez esta figura permite visualizar la diferencia de los montos de lluvias para las zonas agroecológicas demarcadas por el INTA (Pohl Schnake *et al.*, 2009).

El análisis de los datos pluviométricos correspondientes a las estaciones meteorológicas permite arribar a las siguientes conclusiones:

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- El año 2002 presenta el máximo promedio anual con un monto promedio de 1.222,8 mm, y el 2005 el menor valor con un promedio de 753,2 mm. El segundo valor más bajo corresponde al año 1999 cuyo promedio asciende a 817,4 mm.
- El valor promedio anual más bajo correspondiente al año 2005, representa aproximadamente un 20% menos respecto al promedio de todo el periodo, en tanto el segundo valor más bajo, registrado en el año 1999 representa un 12.87 % menos.
- El valor promedio anual más alto, esto es el año 2002, representa un incremento del orden 30 % aproximadamente respecto del promedio de toda la serie histórica.
- A partir de los montos de precipitación mensual se puede afirmar que los mayores valores corresponden al semestre cálido.

PRECIPITACIONES: TOTAL ANUAL 2005 Y PROMEDIO ANUAL 1996 - 2007

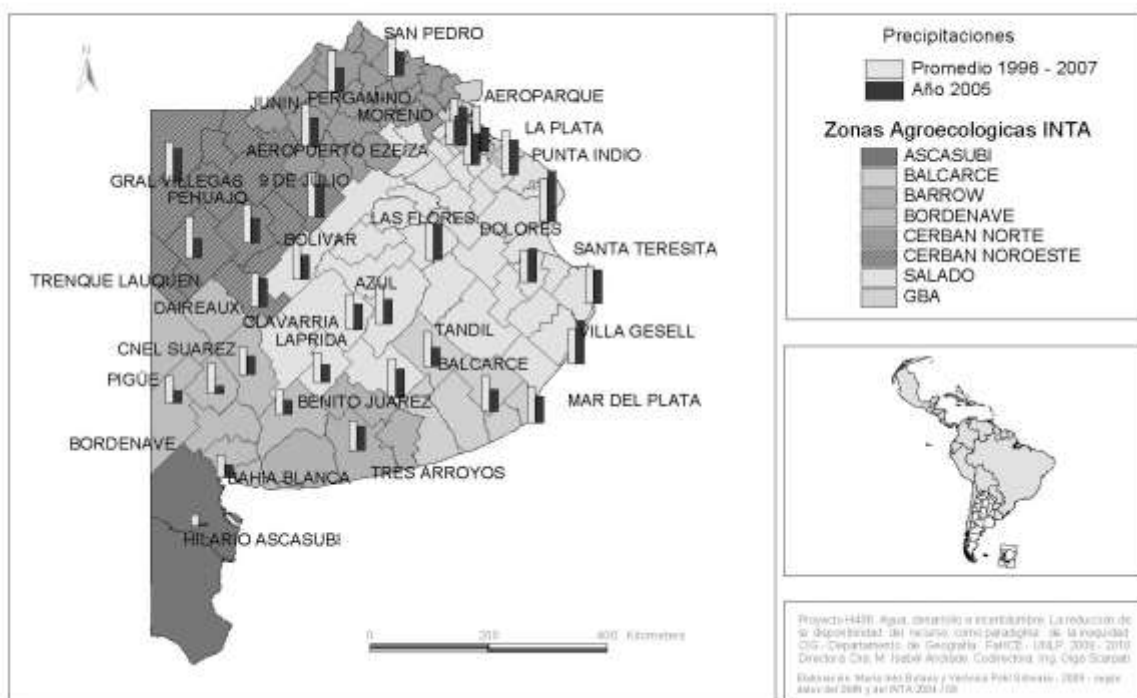


Figura 1: Precipitaciones: valor anual del año 2005 y promedio del período 1996 – 2007.
Fuente: Pohl Schnake, et al, 2009

2. Distribución y comportamiento de las Sequías Agrícolas

2.1 Partidos en emergencia Agropecuaria

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación (SAGPyA) (2008) se declara la “*emergencia agropecuaria de la zona afectada con delimitación del área territorial a nivel de departamento o partido, cuando factores de origen climático, telúrico, biológico o físico, que no fueren previsibles o siéndolo fueren inevitables, por su intensidad o carácter extraordinario, afectaren la producción o la capacidad de producción de una región dificultando gravemente la evolución de las actividades agrarias y el cumplimiento de las obligaciones crediticias y fiscales*”.

El análisis de los datos nos permite reconocer en el ámbito de estudio, en el período 1997-2007, los siguientes comportamientos (Figura 3):

Los partidos más afectados en el corte temporal analizado, los cuales han tenido entre 3.500 y 1.000 días con emergencia por sequías son: A. Alsina (2.299), Bahía Blanca (1.967), Coronel Borrego (2.390), Cnel. Pringres (3.389), Cnel. Rosales (1.756), Cnel. Suárez (1.515), Gral. Lamadrid (1.210), Guaminí (1.426), Laprida (1.092), Patagones (2.960), Puán (2.446), Saavedra (2.540), Saliqueló (2.540), Tornquist (1.812) y Villarino (2.717).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Entre 999 y 500 días emergencia por sequías son: A. González Chavez (695), Gral. Madariaga (632), Gral. Pueyrredon (515), Lobería (695), Maipú (632), Necochea (995), Olavarría (606), Pellegrini (694), San Cayetano (874), Tandil (692), Trenque Lauquen (546) y Tres Lomas (937).

Entre 499 y 89 días con emergencia por sequías se encuentran los siguientes partidos: Alberti (89), Arrecifes (243), Azul (180), Balcarce (452), Baradero (334), Bartolomé Mitre (182), Capitán Sarmiento (273), Carmen de Areco (152), Castelli (89), Chacabuco (89), Chascomús (120), Chivilcoy (89), Daireaux (168), Dolores (300), Exaltación de la Cruz (89), Gral. Alvarado (483), Gral. Alvear (89), Gral. Belgrano (120), Gral. Guido (120), Gral. Las Heras (152), Gral. Paz (120), Gral. Villegas (299), Las Flores (300), Lavalle (303), Lobos (89), Luján (89), Mar Chiquita (152), Mercedes (89), Monte (120), Monte Hermoso (151), Navarro (269), Pergamino (301), Pila (151), Ramallp (183), Rauch (120), Roque Pérez (120), Saladillo (120), San Andrés de Giles (89), San Antonio de Areco (183), San Vicente (89), Suipacha (120), Tordillo (303) y Tres Arroyos (393).

Cabe aclarar que los partidos no mencionados en las tres agrupaciones anteriores no han sido declarados en emergencia agropecuaria durante el periodo analizado.

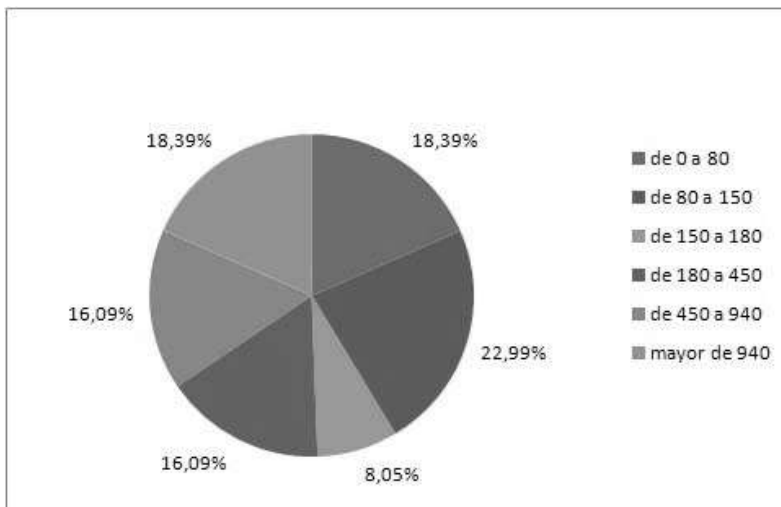
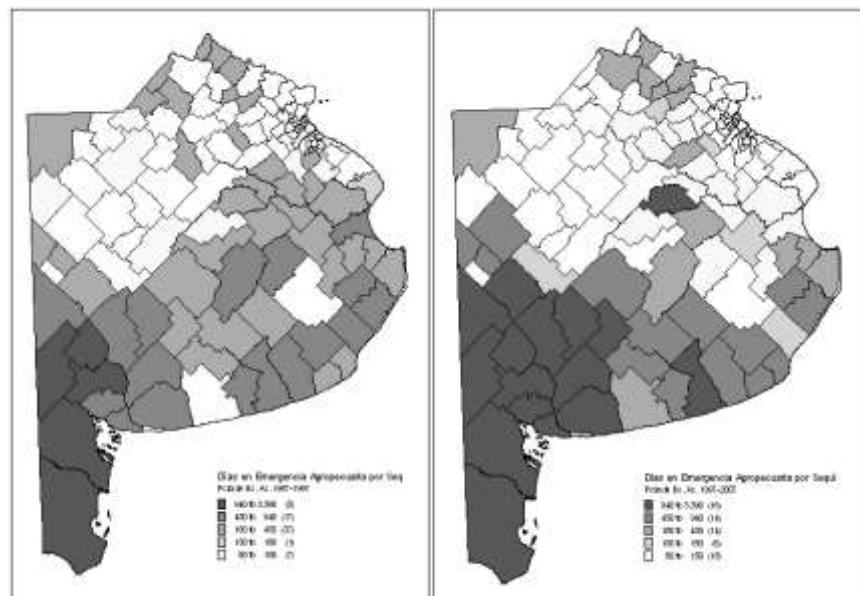


Figura 2. Porcentaje de días afectados por emergencia por sequía. (1997-2007)

Fuente:
Elaboración en base a información del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Bs. As. En: (Botana *et al.* 2009 a)

Figura 3 Distribución por partido de cantidad de días en Emergencia Agropecuaria por Sequías. Provincia de Buenos Aires. Argentina.

Elaboración en base a datos suministrados por el Ministerio de Asuntos Agrarios. Provincia de Buenos Aires. Periodos 1987-1997; 1997-2007.
En: (Botana *et al.*, 2009 a)



Actualmente la provincia está siendo afectada por una sequía que como ya se mencionó, ha sido considerada como la peor de los últimos 20 años y que ha provocado grandes pérdidas en distritos del norte, sur y sudoeste de la misma. Mediante el Decreto 84/09 la Provincia de Buenos Aires ha declarado en Emergencia Agropecuaria desde el 1º de Enero de 2009 al 31 de Julio de 2009 a todos sus partidos, lo que significa

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

postergaciones en las obligaciones impositivas; es decir que no se gravan las ventas de productos y hacienda realizadas en esos distritos.

2.2 Constantes hidrológicas del suelo

Respecto de las constantes hidrológicas del suelo se parte de la información suministrada por Forte Lay y Spescha (2001) y Forte Lay *et al.* (2007), quienes partieron de datos obtenidos *in situ* y que han sido espacializados para la provincia de Buenos Aires y se definen a partir de:

- **Capacidad de campo:** grado de humedad de una muestra que ha perdido toda su agua gravitacional. Se determina en laboratorio sometiendo a una muestra a una fuerza centrífuga superior a la gravedad durante aproximadamente 40 minutos.
- **Punto de marchitez permanente:** Es el grado de humedad de una muestra de suelo tal que la fuerza de succión que ejercen las raíces de las plantas sobre el agua ya no les permite extraer más agua, es decir, la fuerza de succión de las raíces es menor que la de retención del agua. Se determina en laboratorio sometiendo a la muestra a una presión centrífuga del orden de 15 atmósferas y luego se halla su grado de humedad.
- **Grado de humedad:** Porcentaje de peso de agua contenido en una muestra de suelo antes de desecarla, con respecto al peso de la muestra una vez desecada a 105°C. Se obtiene pesando la muestra antes y después de la desecación y hallando el porcentaje de humedad que representa la diferencia entre ambas pesadas respecto al peso de la muestra seca. También se puede determinar a partir de un volumen.

Se efectúa una síntesis a partir del porcentaje del Punto de Marchitez Permanente sobre la Capacidad de Campo que nos muestra la mayor o menor posibilidad de las plantas a sobrevivir en función de la capacidad de campo de los suelos.

Los valores de Capacidad de Campo en la provincia de Buenos Aires oscilan entre 260 y 240 mm en el norte de la provincia de Buenos Aires, 200 y 220 en el centro y oeste, 240 y 200 en el centro-sur y 180 y 140 en el extremo sur de la provincia. Debe recordarse que estos valores corresponden a la capa de 50cm de profundidad del suelo que es donde se encuentran la mayoría de las raíces vegetales.

Los valores de Punto de Marchitez Permanente en la provincia de Buenos Aires varían de 60% de la Capacidad de Campo en el noreste de la misma, 55 a 45% en el centro y oeste y 50-55% en el norte.

Los valores de Capacidad de Campo hasta el metro de profundidad oscilan entre 150 y 400 mm de lámina de agua desde la zona arenosa del sudoeste hasta la costa de los ríos Paraná y De la Plata y la provincia de Entre Ríos. Sin embargo mediciones de actividad radical muestran que en los suelos arenosos la penetración de las raíces sobrepasa fácilmente el metro, mientras que en los suelos arcillosos de la cuenca baja del Río Salado varios estudios coinciden que la mayor actividad se encuentra hasta los 50 cm aproximadamente. Se supone un comportamiento similar en los suelos cercanos a la costa de los Ríos Paraná y de la Plata.

La capacidad de un suelo de almacenar agua depende de la cantidad y tamaño de sus poros, es decir de su estructura, textura y contenido de materia orgánica. Los valores de capacidad no se refieren a una profundidad fija, sino que tienen en cuenta la profundidad típica de exploración radicular en cada zona. Frecuentemente se llama a esta medida "capacidad efectiva". Distintos tipos de suelo muestran límites de desecamiento diferentes: los arenosos pueden perder casi todo el contenido de agua si se dan las condiciones para ello, mientras que los arcillosos mantienen una cantidad mínima que no es utilizable por las plantas pero se conserva en el interior del suelo aún en condiciones de sequía severa, de ello resulta el distinto valor de Punto de Marchitez Permanente.

En ambos cortes temporales los partidos correspondientes a la cuenca parano-platense y la zona de Las Encadenadas no presentarían emergencia agropecuaria por sequías, la primera se condice con zonas altamente urbanizadas, mientras que la segunda con zonas anegables.

Del análisis de los mapas de las Figuras 4 y 5 y comparando los partidos con emergencia agropecuaria por sequías y las constantes hidrológicas se desprende que:

- Los partidos con mayores días en emergencia agropecuaria coinciden con los sectores que poseen menos de 220 mm de Capacidad de Campo a la profundidad de la mayoría de las raíces vegetales.
- En la década 1997-2007 se intensifica la cantidad de partidos con mayor número de días en emergencia agropecuaria por sequías. Los mayores valores se dan sobre el sector sudoeste, habiendo un corrimiento de oeste a este, del mismo modo que la isolínea de Capacidad de Campo que va de los 220 a los 140 mm en la misma dirección. Forte Lay y Spescha (2001) y Forte Lay *et al* (2007a)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Hacia la zona centro de la provincia se observa que en los partidos correspondientes a la cuenca del Río Salado la cantidad de días en emergencia agropecuaria por sequías tendieron a disminuir. Esto coincide con su capacidad de campo que no supera los 170 mm.
- En el sector norte hay mayor cantidad de partidos afectados que en la década anterior, pero a diferencia del resto, la Capacidad de Campo es superior a los 230 mm. Esta situación puede ser cotejada con los valores de Punto de Marchitez, pues la misma corresponde a valores de los más bajos en la provincia de Buenos Aires (entre 50 y 55%). Esto, además puede estar asociado a los tipos de cultivos y prácticas agrícolas llevadas a cabo.

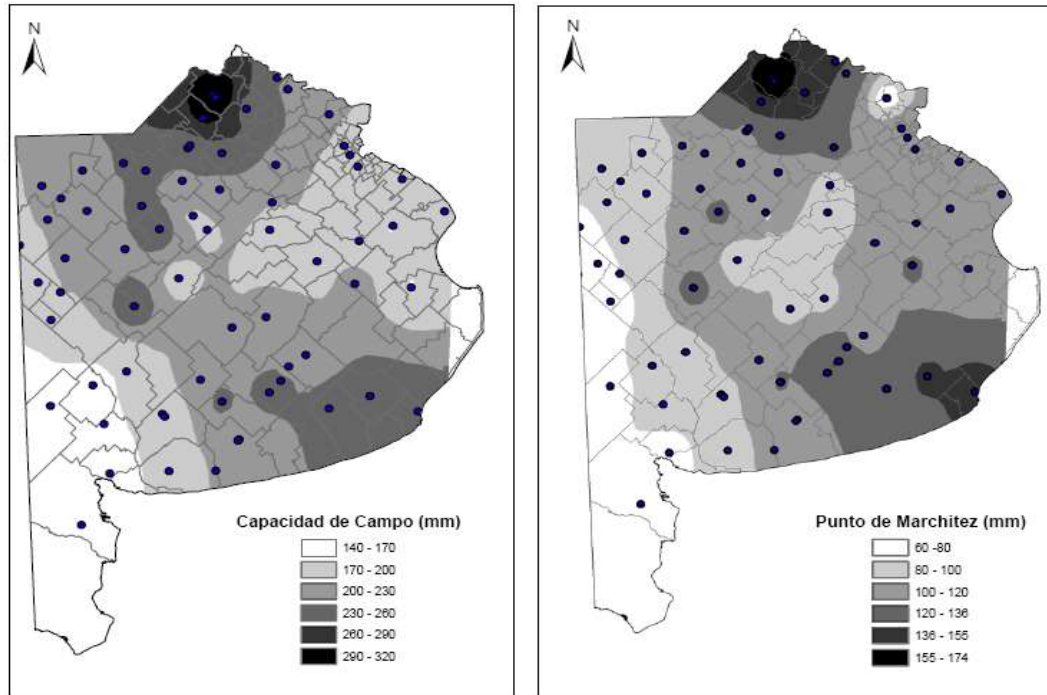


Figura 4. Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente , Período 1997-2007.
Elaboración en base a datos de: Forte Lay y Spescha (2001) y Forte Lay (2007).
En: Pérez Ballari y otros, (2009)

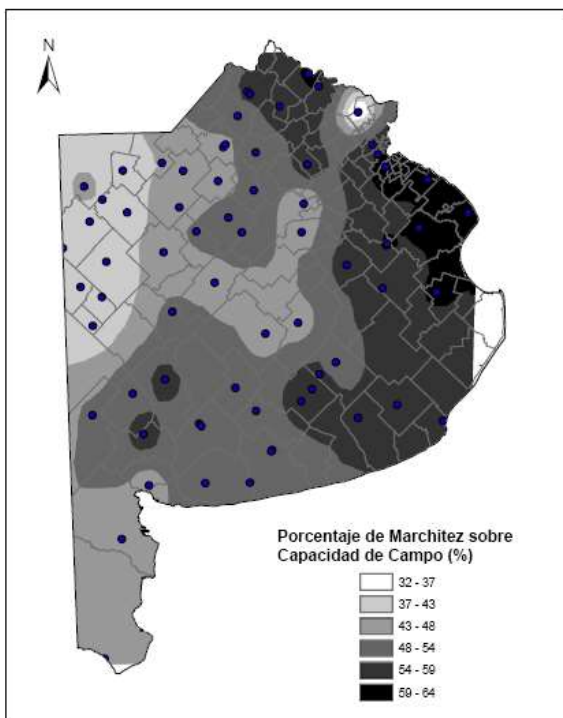


Figura 5.

Porcentaje de marchitez sobre capacidad de campo.
Período 1997-2007

Elaboración propia en base a datos de: Forte Lay y Spescha (2001) y Forte Lay *et al.* (2007). En: Pérez Ballari *et al* (2009)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

En las Figuras 6 y 7 se observa la probabilidad de ocurrencia de riesgo de sequía para un mes estival y para uno invernal con pradera permanente o natural respectivamente. Es muy diferente la necesidad de agua edáfica de distintas coberturas de suelos y el consecuente riesgo de sequía cuando cambia el uso del suelo y por ende su cobertura (Scarpatti *et al.* 2010). Por ejemplo, la ya mencionada pradera permanente o un cultivo principalmente de tipo estival como ser maíz o soja cuando la necesidad de agua es mayor como se desprende de las figuras 6 y 7.

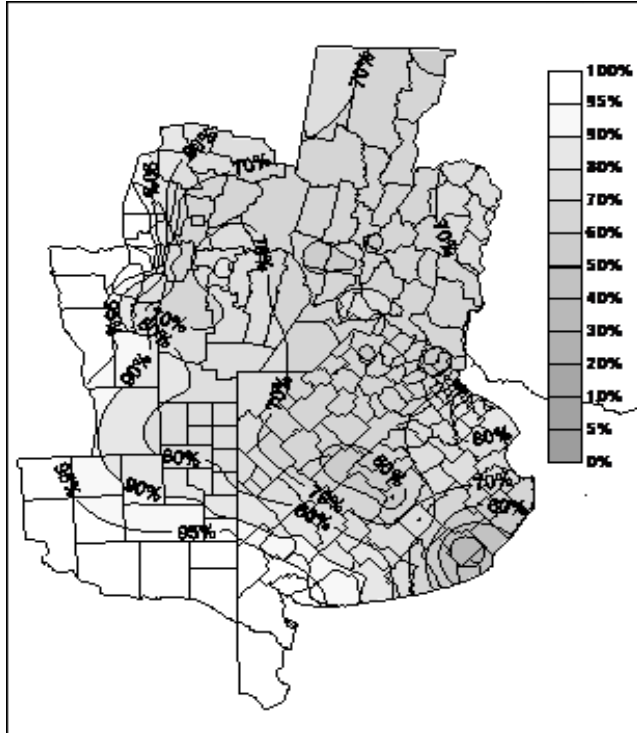


Figura 6:

Probabilidad de ocurrencia de riesgo de sequía en un suelo cubierto con una pradera permanente en el mes de diciembre. Período de datos: 1968 – 2007).

Fuente. Scarpatti *et al.* (2010).

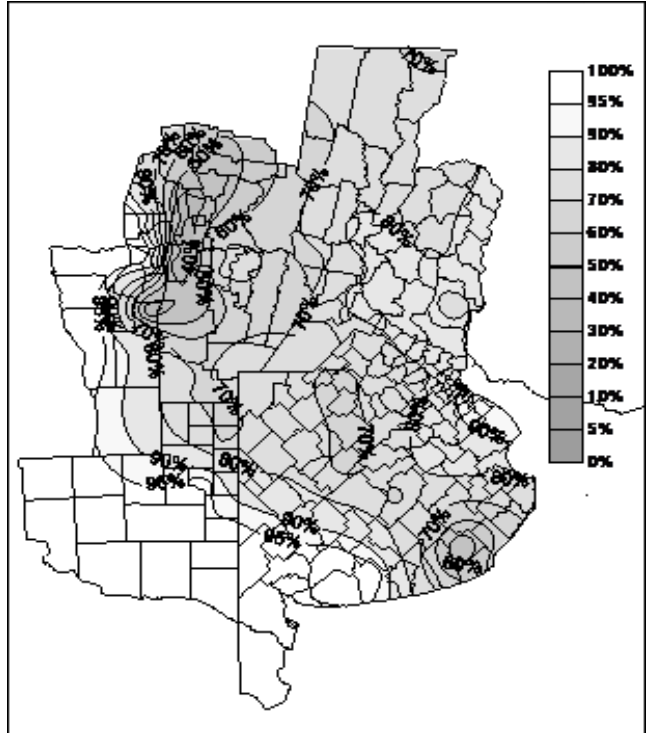


Figura 7:

Probabilidad de ocurrencia de riesgo de sequía en un suelo cubierto con una pradera permanente en el mes de julio. Período de datos: 1968 – 2007).

Fuente. Scarpatti *et al.* (2010).

En el caso específico de la sequía que se registró en el año 2009 se presentan dos mapas que fueron elevados por su autor al SMN

En cuanto a la reserva de agua útil en el suelo para la región pampeana, el presente mapa refleja su disponibilidad y distribución considerando en sequía absoluta las áreas con 0% de agua útil, en sequía condicional las áreas entre 0 y 50% de agua útil y en humedad óptima las áreas entre 50 y 100% de agua útil. (SMN, 2008). En cuanto al área de estudio los partidos ubicados al norte, oeste y suroeste de la provincia muestran una sequía absoluta al comprender valores menores al 0 % de agua útil o sin agua útil. Asimismo los partidos ubicados en el centro norte y sur arrojan valores entre el 0 y 5% asociados a una sequía condicional.

Este mapa nos ayuda a comprender la diferencia de reserva de agua útil en el suelo para la región pampeana respecto del periodo 1968-2007 considerando los siguientes valores de anomalía de reserva de agua útil (SMN, 2008): menores a un 5% como extremadamente más seco que lo habitual; entre el 5 – 20% mucho más seco que lo habitual y entre un 20 – 40% más seco que lo habitual². A partir del 40% con valores normales y húmedos.

² Los Partidos son: San Nicolás, Ramallo, San Pedro, Baradero, Zárate, Campana, Pergamino, Colón General Arenales, Junín, Rojas, Salto, Bartolomé Mitre, Baradero, Capitán Sarmiento, Suipacha, Mercedes, Luján, General Rodríguez, Pilar, Escobar, Exaltación de la Cruz.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Respecto del área de estudio los partidos ubicados al norte se destacan con valores extremadamente más secos que lo habitual. Asimismo los partidos ubicados en el centro y noroeste cuentan con valores entre un 5 y 20% más seco que lo habitual. Hacia el sur y suroeste la anomalía es de un 10 y 20%.

RESERVA DE AGUA ÚTIL EN EL SUELO (COMO % DE LA CAPACIDAD DE AGUA ÚTIL TOTAL) EN LA REGIÓN PAMPEANA

RESERVA DE AGUA ÚTIL EN EL SUELO
(como % de la capacidad de agua útil total)
en la Región Pampeana el 17 de SEPTIEMBRE de 2008

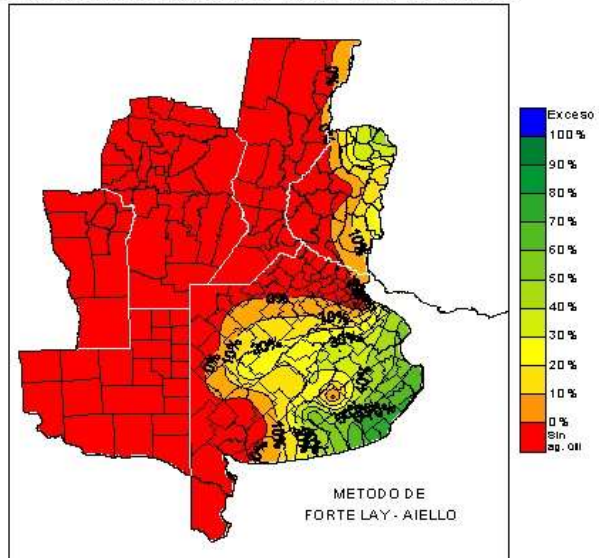


Figura 8.

Reserva de Agua útil en el suelo.

Fuente y Elaboración: Forte Lay, 2008. (Comunicación personal).

ANOMALÍA DE LA RESERVA DE AGUA EN EL SUELO RESPECTO DE IGUAL FECHA PARA EL PERÍODO 1966-2005

ANOMALÍA DE LA RESERVA DE AGUA EN EL SUELO
en la Región Pampeana el 17 de SEPTIEMBRE de 2008
respecto de igual fecha para el período 1968-2007

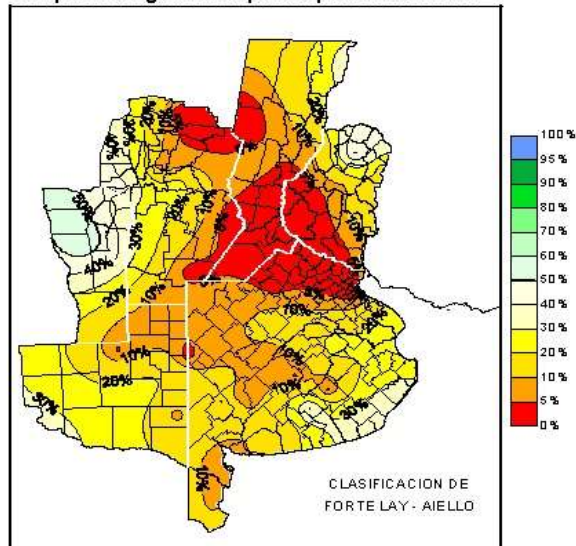


Figura 9.

Anomalía de la Reserva de Agua útil en el suelo respecto de igual fecha para el período 1966-2005

Fuente y Elaboración: Forte Lay, 2008. (Comunicación personal).

Sequía Hidrológica:

Es interesante al analizar la sequía hidrológica comenzar por conocer que existen dos tipos de sistemas hidrológicos con diferentes comportamientos frente a los eventos hidrológicos extremo: Típicos y No Típicos.

En los Sistemas Hidrológicos Típicos predomina el escurrimiento y cuando se supera la capacidad de los cauces estos desbordan y se producen inundaciones en general circunscriptas a las márgenes de los ríos, rápidas y violentas. Las intervenciones hidráulicas y agronómicas están destinadas a disminuir la escorrentía y a aumentar la retención superficial, la infiltración y la percolación profunda hacia el acuífero. Las soluciones que se proponen son: retener agua en las partes altas de la cuenca para evitar que escurran con rapidez hacia las partes más bajas evitando los desbordes, la erosión y aumentando la infiltración. Como intervenciones agronómicas se hace cultivo en contorno, trazado de camellones siguiendo las curvas de nivel, forestación de laderas, etc. En la Provincia de Buenos Aires no se encuentran pero se acercan un poco al caso típico la Pampa Ondulada y el Sur Bonaerense. En caso de sequía los cauces se van achicando hasta desaparecer.

En los Sistemas hidrológicos No Típicos se observa que:

- 1) Predominan los movimientos verticales del agua por no tener el terreno suficiente pendiente (menor del 1%, frecuentemente se mide en por 1000).
- 2) Mucha retención superficial en bajos, esteros y lagunas.
- 3) No se puede relacionar en forma estrecha la precipitación con el caudal de los cursos. Gran variabilidad de dicha relación según situación previa de la cuenca.
- 4) Tributarios mal definidos y tendencia a la paralelización de los cauces con el principal, si es que existe. Generalmente no llegan al mismo, solamente en las grandes crecientes se integra la red hidrológica.
- 5) Los arroyos son interrumpidos por lagunas y llevan agua de la napa en general muy cercana a la superficie.
- 6) Divisorias de agua mal definidas.
- 7) Poca o nula erosión hídrica.

En los Sistemas Hidrológicos No Típicos predominan netamente los movimientos verticales del agua porque la falta de pendiente no permite un buen escurrimiento, en general menos de un 5 % de la precipitación. Cuando esta supera la capacidad de almacenaje de los suelos, se llenan bajos y lagunas, se eleva el nivel de la napa freática y colmada la capacidad de retención superficial se producen extensos anegamientos. Si las lluvias continúan se integra la red de cauces indefinidos, de bajos y lagunas interconectadas y en forma de escurrimiento mantiforme se produce una inundación general como las muy conocidas en la Cuenca del Salado. Es obvio que las intervenciones hidráulicas y agronómicas mencionadas para los Sistemas Típicos no son de utilidad en estos casos (Sallies, 1999). En caso de sequía la evaporación y evapotranspiración van paulatinamente agotando la reserva de agua en el suelo, hasta que se llega al Punto de Marchitez.

En la Provincia de Buenos Aires el estudio de la sequía hidrológica en la última década es la que más dificultades plantea pues si bien se han realizado estudios, la información publicada y accesible es escasa y dispersa. La principal causa de ello es el aumento de la precipitación en la región pampeana durante las últimas décadas. Esta situación está ampliamente demostrada por muchos especialistas como ser Minetti y Vargas (1997), Andrade *et al.* (2003), Barros *et al.* (2000), Castañeda y Barros (1994), etc.

A su vez los principales movimientos de agua en la provincia de Buenos Aires son los verticales (evaporación, infiltración y precipitación) acompañados de un ascenso en la napa de agua que se situó muy cercana a la superficie del suelo. Por ello, para que se observen sequías hidrológicas deben registrarse altas faltas de precipitación. En los últimos años se pueden mencionar los análisis en el noroeste de la provincia de Buenos Aires en Kruse *et al.* (2001) y Forte Lay *et al.* (2007b). Recientemente se ha verificado el surgimiento de las ruinas de la ciudad de Epecuén que fuera cubierta por las agua en 1985. Este ejemplo señala una vez más la importancia de los movimientos verticales sobre los horizontales (escurrimiento superficial y subsuperficial). (La Nación 2010).

La falta de aforos en ríos y arroyos de la provincia, hacen difícil la obtención de datos para corroborar de manera objetiva las sequías hidrológicas. Por tal motivo se ha optado por otro tipo de fuentes que suministran información a tal fin.

- Imágenes satelitales que ilustran de forma impactante los efectos de la sequía en el sur de la provincia de Buenos Aires. A partir de dos imágenes captadas por el satélite Terra de la NASA se pudieron com-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

parar dos cortes temporales, uno correspondiente a febrero de 2008 y el mismo mes de 2009 reflejando cambios en el terreno, falta de cobertura vegetal y los cultivos, como así también la disminución en la visibilidad de los cursos de agua en ese sector, producto de la crítica escasez de lluvias. (<http://blog.nuestroclima.com/?p=1611>)

- Fotografías y fuentes periodísticas revelan respecto del Río Salado en su recorrido por el Partido de San Miguel del Monte que: *“El río Salado está totalmente cortado, sólo quedan algunos charcos para que la hacienda tome agua. Según los lugareños, están sufriendo la peor seca de los últimos 50 años”* (<http://soycorresponsal.lanacion.com.ar/Nota.aspx?IdNota=3118>)
- Otras fuentes muestran la problemática a partir de fotos del río Salado prácticamente seco en Roque Pérez, donde la sequía azota los campos: *“Roque Pérez no ha quedado fuera del alarmante panorama que brinda la sequía en casi toda la Provincia y resto del país, su persistencia ha retrasado la siembra de la cosecha gruesa, falta pasto para la hacienda y las plagas propias de la escasez de humedad, han comenzado a aparecer, como por ejemplo la tucura”* (<http://udreportero.blog.terra.com.ar/2009/01/21/el-río-salado-esta-sin-agua-por-la-sequia/>)

Consecuencia de las sequías

Tomando los tipos de sequías anteriormente definidos y a partir de fuentes periodísticas se han identificado consecuencias de las sequías que se agrupan en función de los mismos:

Sequía agrícola:

- Impactos agrícolas especialmente en la producción del trigo, se ha sembrado un 20 % menos en el año 2007 y se prevé que puede perderse un 50% de la producción generando un gran impacto sobre la provincia, ya que esta tiene la mitad del área triguera nacional.
- Disminución de los rindes por hectárea, pasando de 1.500 kg por hectárea a 500/ 800 kg por hectárea, debido a la sequía.
- En la ganadería, mortandad de animales, traslados y una prematura comercialización de la producción vacuna.
- Los grandes ganaderos achican el rodeo y los más chicos van siendo expulsados del negocio, y también se observa el incremento de la liquidación de cabezas en las ferias.
- El 90% de la hacienda gorda se encuentra en corrales alimentada con suplementos de maíz, soja y alimento balanceado, ya que no hay pasturas.
- Incumplimientos tributarios, corte en la cadena de pagos y endeudamientos bancarios.
- Lucha contra el insecto tucura (similar a la langosta) que se propaga por la falta de agua.
- Más de treinta partidos tienen declarada la emergencia o el desastre agropecuario en la provincia de Buenos Aires., lo que significa exenciones agropecuarias y pérdida de capital de trabajo.
- Falta de reservas de forrajes, porque no prosperaron las pasturas.

Sequía hidrológica:

- La falta de lluvia hace que las capas subterráneas contengan un 20% menos de agua, y se comience a restringir la oferta natural de agua potable en las ciudades, temiéndose por el consumo de agua con problemas de índole sanitario que puede aumentar el riesgo enfermedades tales como diarreas, meningitis e infecciones respiratorias.
- Se incrementan los incendios de zonas agrícolas.
- Fuentes de abastecimiento de agua entrarán en riesgo de agotamiento

La Figura 10 señala la localización de los partidos bonaerenses que se ven más afectados por sequías.

Se observa que la mayoría de ellos se sitúan al sudoeste de la provincia donde las precipitaciones son menores en todo el período con datos existentes en el Servicio Meteorológico Nacional.

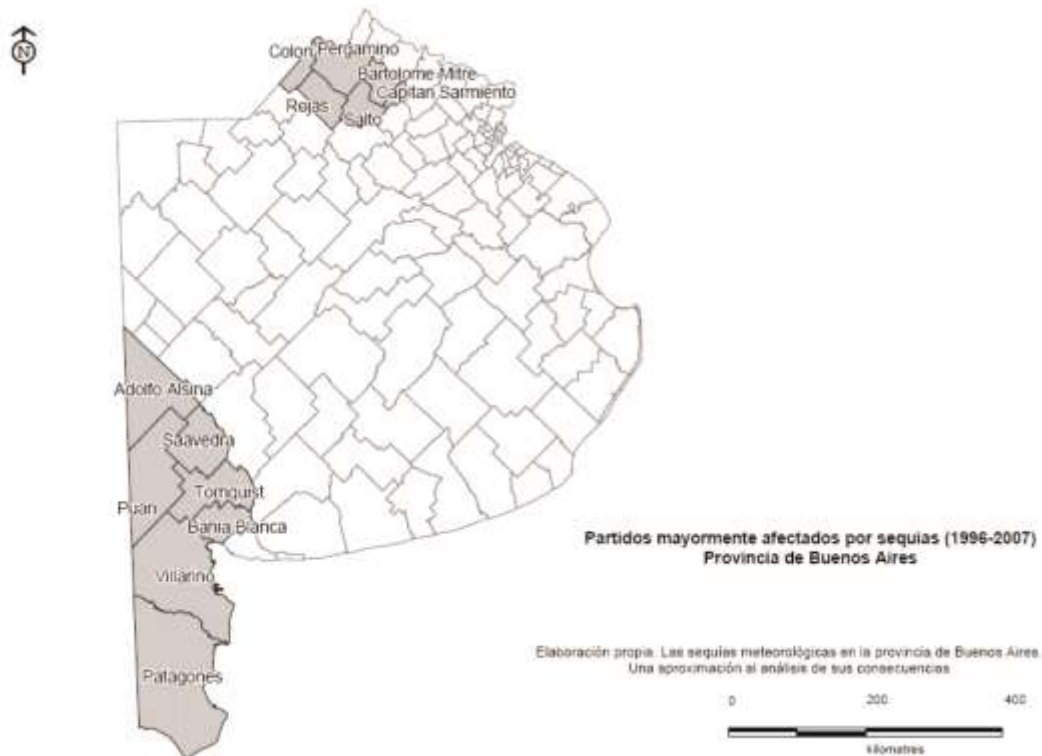


Figura 10.

Localización de Partidos mayormente afectados por sequías. Período 1996-2007.

Elaboración propia. En: Botana *et al.* (2009b)

Conclusiones:

El comportamiento espacial y temporal de las sequías en la provincia se presenta como un evento recurrente en la provincia Buenos Aires. Actualmente está siendo afectada por una sequía que ha sido considerada como la peor de los últimos 20 años y que ha provocado grandes pérdidas en distritos del norte, sur y sudoeste.

El análisis de las precipitaciones en la región pampeana señaló un corrimiento de las isohietas hacia el oeste en aproximadamente 200 km durante las últimas décadas del siglo pasado y en consecuencia un incremento de las superficies cultivables y en los rendimientos de algunos cultivos.

Los mayores registros de precipitación de la década corresponden al área noreste y centro (Buenos Aires, San Miguel, Las Flores, Bolívar Tandil, Olavarría, Azul, etc.), y los más bajos al área sudoeste (Coronel Pringles, Bahía Blanca, Hilario Ascasubi, etc.).

Las sequías meteorológicas ocurridas afectan de manera directa a las actividades humanas derivándose su prolongación en sequías agrícolas e hidrológicas.

Al analizar los datos correspondientes a los años 2006 y 2007, se observa que en gran parte de la provincia se ha producido un descenso en la cantidad de precipitación que, en muchos casos, ha continuado hasta la actualidad dando origen al actual período de sequía. Esto se puede afirmar en Bolívar, 9 de julio, Olavarría, Azul, Tres Arroyos, Hilario Ascasubi, Tandil y Benito Juárez, entre otros.

Según los datos analizados los años con menor cantidad de precipitaciones ha ido en disminución, mientras que el año 2005 ha sido el más afectado. Asimismo, para el año 2008 un 30% de los partidos de la provincia tenían declarada la emergencia y/o el desastre agropecuario. Además, aquellos partidos en emergencia agropecuaria coinciden con zonas en las cuales el Punto de Marchitez del suelo supera el 50%.

La información referida a *emergencia agropecuaria* y la comparación entre los dos cortes temporales (1987 - 1997; 1997 - 2007) muestra un corrimiento de las áreas con riesgo agropecuario hacia en el interior de la provincia. A su vez, 1996 y 2000 han sido años donde las sequías se han producido en forma reiterada y en varios de los partidos analizados, en comparación al resto del corte temporal. De ello, se desprende que el área más afectada respecto al fenómeno estudiado es el ámbito suroeste de la provincia.

Puede decirse que la relación porcentual entre el Punto de Marchitez y la Capacidad de Campo está vinculada con los partidos en emergencia agropecuaria.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

En cuanto a la reserva de agua útil y la anomalía respecto de valores del período 1968 - 2007 se destacan los partidos del norte de la provincia como los más afectados a las sequías ya que además de poseer mínimos o nulos valores de reserva de agua útil son aquellos en los cuales este fenómeno aparece como singular y poco observado en la zona. En la zona suroeste este comportamiento es más frecuente.

En los quince años considerados entre 1991 y 2005 la región estuvo ininterrumpidamente afectada por altas fluctuaciones de inundaciones y sequías lo que lleva a pensar en eventuales “*emergencias meteorológicas*”.

Bibliografía

- ANDRADE, M. I., PLOT, B., SCARPATI, O. E, PINTOS, P., PAPALARDO, M., GRATTI, P., BENITEZ, M. y DEL RIO, J. (2003). “Planificación y gestión integral de los recursos hídricos. Caracterización del riesgo hídrico”. Capítulo 10., pág. 175 – 185. En: Inundaciones en la región pampeana. Honorable Cámara de Diputados de la provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional de La Plata. Editores: O. C. Maiola, N. A. Gabellone y M. A. Hernández. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. 281 pág.
- BARROS, V., GONZALEZ, M., LIEBMAN B. and CAMILLONI I. (2000). “Influence of the South Atlantic convergence zone and South Atlantic sea surface temperature on interannual rainfall summer variability in southeastern South America Theor”. *Appl. Climatol.*, pp.67,123,133.
- BURGOS, J. J. y VIDAL A. (1951) “Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite”. *Meteoros*. II. Pp 3-4.
- CASTAÑEDAS M., y BARROS, V. (1994) “Las tendencias de la precipitación en el cono sur de América al este de lo Andes”. *Meteorológica*. pp 21, 23, 32.
- BOTANA M.I, PÉREZ BALLARI, A, SCARPATI, O. (2009a) “Patrones de distribución espacial y temporal de las sequías. Un aporte desde la geografía física”. En: *XII Encuentro de Geógrafos de América Latina*. Universidad de la República. Montevideo. Uruguay. Editores GEGA. 3 al 7 de Abril de 2009. pp .1-9
- BOTANA M.I, PÉREZ BALARI, A., BENÍTEZ, M. (2009b) “Las sequías meteorológicas en la provincia de Buenos Aires. Una aproximación al análisis de sus consecuencias”. En: *La geografía ante la diversidad socio-espacial contemporánea 2º Congreso de Geografía de las Universidades Nacionales*. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa. La Pampa. 15 al 18 de septiembre de 2009. Primera edición. Pp 59-69.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. Decreto 84/09 la Provincia de Buenos Aires. Declara en Emergencia Agropecuaria a todos los partidos desde el 1º de Enero de 2009 al 31 de Julio de 2009.
- LONGIN, M. (11/07/09). “En Pergamino dicen que la cosecha dejará la mitad de dinero que en 2008”. *Diario Clarín*. p. 20.
- DIARIO CLARÍN (08/02/09) “La sequía ya golpea a las ciudades y dicen que seguirá hasta abril”. pp 34-35.
- SPINELLI, P. (6/2/09) “Sequía: la provincia trata hoy el reclamo platense”. *Diario Diagonales*, pp 7.
- DIARIO EL DÍA (13/01/09) “La sequía ya pega fuerte en lechería y cría vacuna”. pp. 9.
- DIARIO EL DÍA (01/09/08), “La sequía ya provocó millonarias pérdidas”. pp.8
- DIARIO HOY (01/09/08 “La sequía se lleva casi 350 millones de pesos de la provincia”. pp. 9.
- DIARIO LA NACIÓN (1/09/08) “La provincia jaqueada por la prolongada sequía”. pp. 8
- KRUSE, E. FORTE LAY, J.A., AIELLO, J.L., BASUALDO, A. y HEINZENKNECHT, G (2001) “Processes on Large Flatlands. Case Study: Northwest region of Buenos Aires Province” (Argentina). *Remote Sensing and Hydrology 2000*. IAHS Publication N° 267. pp 531 – 536.
- FORTE LAY, J. A. y SPESCHA, L.B (2001) “Método para la estimación de la climatología del agua edáfica en las provincias pampeanas de la Argentina”. *RADA*. (1) pp 67-75.
- FORTE LAY, J., Scarpati O., SPESCHA, L., CAPRIOLO A. (2007 a) “Drought risk in the pampean region using soil water storage analysis.” J.A.A. Jones and O. E. Scarpati (eds). *Environmental change and rational water use*. Session 1. pp. 146- 168.
- FORTE LAY, J.A., KRUSE, E. and AIELLO, J.L. (2007b) ‘Hydrologic scenarios applied to the agricultural management of the northwest of the Buenos Aires Province, Argentina’, *GeoJournal*, Springer, Netherlands, Vol. 70, No. 4, pp.263–271.
- FORTE LAY, J, QUINTELLA R.M. y SCARPATI, O.E. (1992) "Variación de las características hidrometeorológicas de la llanura pampeana Argentina". *Memoria del Encuentro Meteoro 92*. Tomo II. Pág. 142-146, España.
- LEY 10.390. LEY DE EMERGENCIA AGROPECUARIA PROVINCIAL, Boletín Oficial de la provincia de Buenos Aires, La Plata, Argentina, 17 de Abril de 1986.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- MAULENERT PEÑA, A. R. (2006) “*Condiciones de sequía y precipitación en América del Sur durante el período 2004-2006*”. Universidad de Guadalajara. México.
- MINISTERIO DE DEFENSA. Dirección de Planeamiento. Servicio Meteorológico Nacional 23/09/08. Estado de humedad del suelo en la Pampa Húmeda. www.smn.gov.ar
- PEREYRA F. (2004) “Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental. En: *Revista de la Asociación Geológica Argentina* N 59. Buenos Aires, pp 394-410.
- PÉREZ BALLARI A., BOTANA M., LAPORTA P., IEZZI, L. (2009a) “Sequías en la provincia de Buenos Aires: resultados de un proceso de investigación” En: *XI Jornadas de Investigación del Departamento de Geografía-CIG*. Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades y Cs. de la Educación. U.N.L.P. Centro de Investigaciones Geográficas - Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP; 12 y 13 de noviembre de 2009.
- PÉREZ BALLARI A., BOTANA M., SCARPATI, O. (2009 b) “Distribución de las sequías e identificación de áreas de riesgo (Provincia de Buenos Aires, Argentina)”. En: *Revista Huellas*. Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa, La Pampa.
- POHL SCHNAKE, V., BOTANA, M., SCARPATI O. (2009). “Las sequías en la Provincia de Bs. As. Su análisis en relación con las precipitaciones y zonas agroecológicas durante el período 1996-2007”. *XIX Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Humanas. “La complejidad de la investigación universitaria en el contexto de cambio”*, Universidad Nacional de la Pampa. 10 y 11 de septiembre. Santa Rosa.
- RAVELO, A. (2000). “Caracterización agroclimática de las sequías extremas en la región pampeana argentina”. En: *Revista Facultad de Agronomía* 20 (2), 187-192.
- QUINTELA, R. M., J. A. FORTE LAY y SCARPATI O. E. (1989) “Modification of the water resources characteristics of the Argentine's Pampean subhumid-dry region”. *19th Conference on Agricultural & Forest. 9th Conference on Biometeorology and Aerobiology (19th AGMET)*. (J-30-J-35)
- DIARIO LA NACIÓN (4/6/2010) “Epecuén, el pueblo que emergió de las aguas”
- SCARPATI O. E., FORTE LAY. A., CAPRIOLO, A. D. (2007).” La inundación del año 2001 en la Provincia de Buenos Aires, Argentina”. *Mundo Agrario*. Centro de Estudios Rurales. UNLP. Vol. 9 N° 17, *versión on-line*
- SCARPATI, O., FORTE LAY, J and CAPRIOLO A. (2010) “Drought risk in argentine pampean region”. *International Journal of Ecology and Development. IJED*. Winter 2011, Volume 18, Number W11: 1- 18. ISSN 0972-9984 (Print). ISSN 0973-7308 (Online).
- SALLIES, A. R. (1999). “Clima e inundaciones en la Pampa Deprimida”. *Floodplain Management Association – 17th Semiannual Conference*. Sacramento, California – U.S.A.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL (1988). *Sequía y desertificación*. Boletín Informativo N° 39.
- <http://blog.nuestroclima.com/?p=1611>. *Imágenes satelitales: sequía en Buenos Aires, Argentina*, 2009.
- <http://soyresponsal.lanacion.com.ar/Nota.aspx?IdNota=3118>, 2009.
- <http://udreportero.blog.terra.com.ar/2009/01/21/el-rio-salado-esta-sin-agua-por-la-sequia/>, 2009.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

EROSIÓN EN LA BAHÍA DE SAMBOROMBÓN Y CAMBIOS EN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Codignotto JO,^{1,2*}, Dragani WC,^{2,3,4}, Martin PB^{1,2,4}, Campos MI¹, Alonso G⁴, Simionato CG^{4,5}, Medina R, A⁶

¹ Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR), Av. Julio A. Roca 651 10°P (C1067ABB), CABA, Argentina.
mail: codignotto@minplan.gov.ar

² CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Av. Rivadavia 1917.
(C1033AAJ) CABA, Argentina

³ Servicio de Hidrografía Naval y ESCM-INUN, Av. Montes de Oca 2124 (C1270ABV) CABA, Argentina

⁴ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, Ciudad Universitaria, Pabellón II, 2do. Piso. (C1428EGA) CABA, Argentina.

⁵ Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA), Ciudad Universitaria, Pabellón II, 2do. Piso. (C1428EGA) CABA, Argentina.

⁶ Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA, Ciudad Universitaria, Pabellón II, 1er Piso. (C1428EGA) CABA, Argentina

El corrimiento del anticiclón semipermanente del Atlántico Sur hacia el S y una intensificación de los vientos del E en el Río de la Plata ha sido documentado por diversos autores. Como consecuencia de esta variabilidad climática se ha detectado un leve incremento en las alturas de las olas desde 1970 al presente en el Río de la Plata y océano adyacente. El incremento más notable se observó entre las décadas del 80' y 90' coincidentemente con el incremento de erosión en la bahía Samborombón. La altura de ola media anual se investigó mediante simulaciones numéricas. Las mayores diferencias en alturas (0.20 m, 9%) se observaron en 34°S - 48°W, aproximadamente. En la plataforma continental y en el Río de la Plata el incremento fue algo menor (7%). Las medias anuales de las alturas de ola simuladas mostraron tendencias positivas significativas en Mar del Plata, la boca del Río de la Plata y la costa Uruguaya. La densidad de energía de olas (media anual, espacialmente promediada) presentó una tendencia positiva y una relativa alta variabilidad interanual. Se concluye que en general la línea de costa en la bahía Samborombón ha retrocedido unos 50 m en los últimos 49 años.

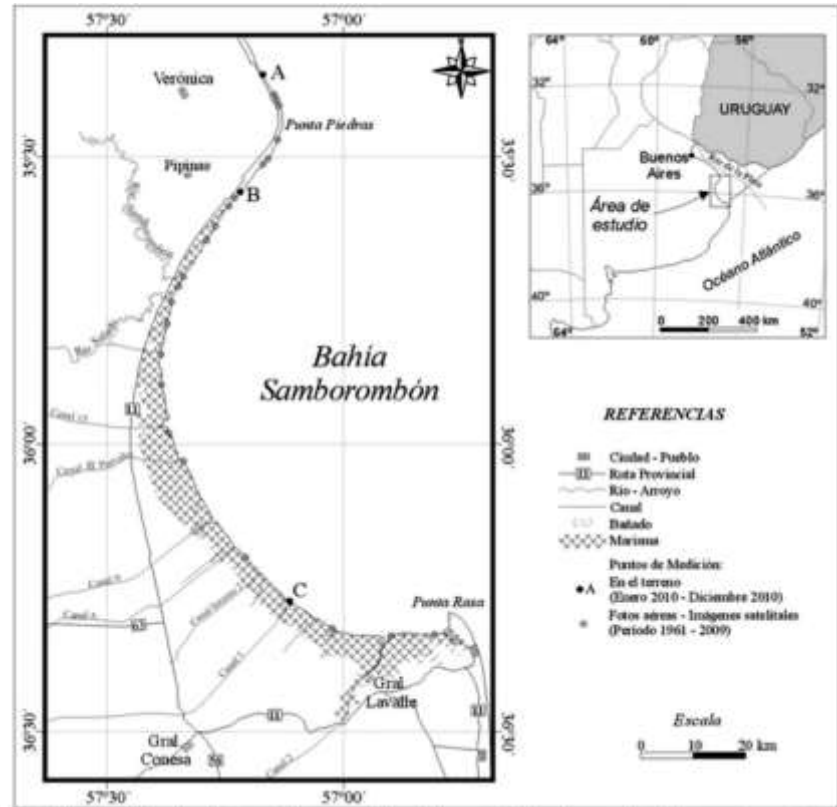
ABSTRACT

A slight southward shift of the South Atlantic semi-permanent high pressure system and an intensification of the eastern wind at the Río de la Plata have been documented by several authors. A mild wind wave height increase has been detected at the Río de la Plata and the adjacent continental shelf, from 1970 to the present, as a consequence of the aforementioned climate variability. The most noticeable increase was observed between the 80'and 90'decades, in good agreement with a general increment of erosion at Samborombón Bay and neighboring areas. The annual mean wave height was investigated using numerical simulations. The highest differences in wind wave heights (0.20 m, 9%) were observed at 34°S - 48°W, approximately. The increase was a little lower (7%) at the continental shelf and the Río de la Plata. The annual mean of the simulated wave height showed significant positive trends at the Río de la Plata mouth, the Uruguayan coast and Mar del Plata. The wind wave energy density (annual mean, averaged at the computational domain) also presented a significant positive trend and a relatively high inter-annual variability. From the analysis concludes that overall the shoreline has retreated about 50 m in the last 49 years at Samborombón Bay.

INTRODUCCION

El área de la bahía Samborombón (Figura 1), es un humedal de gran extensión, posee una superficie de más de 3000 km² y una extensión de costa de 120 km. Su altimetría promedio es menor a 1 m sobre el nivel del mar. Tiene la particularidad de ser afectada por las tormentas oceánicas (sudestadas) las cuales traen aparejadas grandes eventos de inundación. Geomorfológicamente el área es una planicie de marea ascendida que, en la actualidad, se encuentra bajo los efectos de erosión generalizada (Codignotto y Aguirre, 1993; Bértola, 1995). Esto presenta un condicionamiento para el mantenimiento de los factores ecológicos como los sistemas costeros en su estado natural. Además, deviene en la pérdida de tierras costeras, propiedades e infraestructura pública. Estos fenómenos erosivos parecen haberse incrementado a partir de la década del 70' y, en especial, entre 1980 y 1990, (Codignotto 2009).

Figura 1.
Mapa de ubicación. A, B y C (puntos negros) indican mediciones de campo. Imágenes fotográficas o satelitales disponibles se indican con puntos grises.



METODOLOGÍA

Mediciones en la costa

Debe destacarse que el retroceso medio estimado para el período indicado es de aproximadamente 1 m/año, y podría no ser representativo de la situación actual ya que las mediciones de campo llevadas a cabo en los últimos 12 meses indicarían que los valores estimados para el actual retroceso podrían ser significativamente mayores, superando incluso los 2.5 m/año (Figura 2). Este incremento de la erosión (Coddigotto 2009), podría ser atribuible a la combinación de diversos factores, como ser, un posible aumento en las alturas y un cambio en las direcciones de incidencia del oleaje, (Dragani y Romero 2004), un incremento en la frecuencia de las sudestadas y vientos del este y/o un lento pero sostenido aumento del nivel medio del mar derivados como consecuencia directa o indirecta del calentamiento global, siendo al parecer muy baja o prácticamente inexistente la influencia del accionar humano en el modelado de este sector costero (Figura 2).

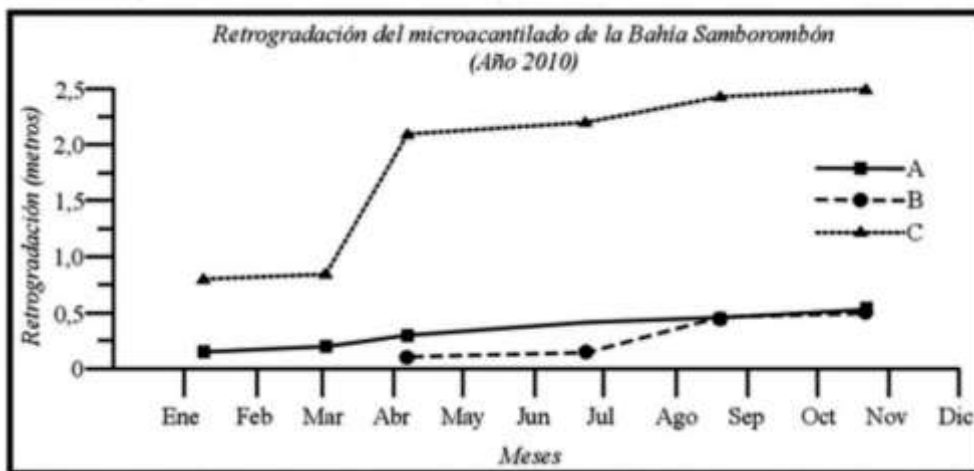


Figura 2.
Distancia observada (bimestralmente) entre un punto fijado en la playa y el borde del microacantilado (altura: 0.85 m) durante el año 2010.

Mediciones de olas

En esta línea de investigación, se estudió la variabilidad de las frecuencias de ocurrencia para cada dirección de incidencia del oleaje en la bahía Samborombón, Río de la Plata. Para estudiar esta variabilidad se implementó el modelo SWAN forzado con los reanálisis de NCEP/NCAR durante el período 1971-2005, (Dragani *et al* 2008, Martin *et al* 2010).

Para determinar objetivamente si las tendencias en las alturas y frecuencias direccionales simuladas eran estadísticamente significativa se aplicó el test de Student a las series anuales de los parámetros de olas mencionados. Como resultado se obtuvieron tendencias positivas (con un 95% de confianza) para las alturas y frecuencias correspondientes a las direcciones de propagación E y ESE para un sitio ubicado en el centro de la Bahía Samborombón, entre Punta Piedras y Punta Rasa. Con los resultados de las simulaciones numéricas se estudió la tendencia conjunta en las frecuencias de ocurrencia y en las alturas del oleaje para cada dirección de incidencia. Para las direcciones E y ESE se observó que tanto las alturas del oleaje como así también las frecuencias de ocurrencia se han incrementado, notándose, en los últimos años un oleaje de mayor altura que puede superar los 3 m en el sitio estudiado. El incremento más notable se observó entre las décadas del 80' y 90' y es probablemente responsable del incremento de la erosión generalizada observado en la bahía Samborombón y zonas aledañas durante ese período. Por otro lado, en la plataforma continental adyacente (34°S-48°W, aproximadamente) la mayor tendencia en las alturas de olas simuladas fue de 0.20 m (9%) entre ambas décadas analizadas.

CONCLUSIONES

Si bien al presente estos resultados están siendo analizados, todo indicaría que el aumento en las alturas y en las frecuencias de incidencia del oleaje proveniente del E y del ESE podrían explicar, en parte, el incremento de los procesos erosivos y cambios morfodinámicos que se observan desde hace algunos años, esto especialmente referidos al sector sur de la bahía de Samborombón. En ese sentido, un leve cambio del flujo de energía de las olas (el cual depende de la altura y de la dirección de incidencia del oleaje) podría estar jugando un papel central en la dinámica costera de toda la región estudiada.

Finalmente cabe señalar que por ser esta bahía un amplio sector, de aproximadamente 150 km de extensión es un ámbito ideal para observar cambios generalizados. A ello debe agregarse que el sector costero no presenta mayores intervenciones humanas. Estas dos condiciones hacen que se considere al área un laboratorio natural ideal, para determinar las variaciones y las magnitudes de cambios atribuibles al Cambio Climático.

Estas tareas han sido realizadas en el marco del Proyecto CONICET PIP 112-200801-02599

Bibliografía citada en el texto

- Bértola G. H., 1995. Geomorfología y sedimentología de los ambientes mareales de la Bahía Samborombón, Buenos Aires, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de La Plata, 150 pp, inédita.
- Codignotto J. O., 2009. Incremento de la Erosión en la Costa Atlántica Argentina y el Calentamiento Global. Geomorfología y Cambio Climático. En:
- Sayago J. M. y M. M. Collantes (Eds.), Cap. 2: 25-30. Instituto de Geociencias y Medio Ambiente (INGEMA), Tucumán.
- Codignotto J. O. y Aguirre M. L., 1993. Coastal evolution, changes in sea level and molluscan fauna in northeastern Argentina during the Late Quaternary. *Marine Geology* 110: 163-175.
- Dragani, W., Garavento, E., Simionato, C., Nuñez, M., Martín, P. and Campos, M.I., 2008. Wave simulation in the outer Río de la Plata estuary: an evaluation of SWAN model. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 134(5),299-305.
- Dragani W. C. y Romero S. I., 2004. Impacts of a possible local wind change on the wave climate in the upper Río de la Plata. *International Journal of Climatology*, 24 (9), 1149-1157.
- Martin P, W. Dragani, J. O. Codignotto, C. Simionato 2010. Estudio De La Variabilidad Temporal De Las Frecuencias De Ocurrencia De Las Olas En La Bahía Samborombón, Río De La Plata. XXV Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodesias. 214-215. Noviembre 2010 Córdoba.

FORESTACIONES CON PARAÍSO (*Melia azedarach* L.) COMO ESPECIE MITIGADORA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA

Falasca S¹, Ulberich A², y Carolina Miranda del Fresno CM³.

¹Investigadora de CONICET. Instituto Clima y Agua. INTA, Castelar. Buenos Aires. Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. TE: 1153860925, sfalasca@conicet.gov.ar

²Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. Pinto 399. 7000. Tandil, Pcia Buenos Aires. Argentina. (02293) 425790 Int.221. ulberich@fch.unicen.edu.ar

³Becaria de CONICET. Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. Pinto 399. 7000. Tandil, Pcia Buenos Aires. Argentina. (02293) 425790 Int.221. mc.mirandadelfresno@fch.unicen.edu.ar

La eliminación de CO₂ atmosférico aumentando la asimilación por la vegetación, reteniendo C y la mejora de la transformación de C atmosférico de la biomasa vegetal, junto con la reducción de emisiones de GEI, se han convertido en estrategias mundiales para mitigar el cambio climático. Aunque el potencial de secuestro de carbono del “árbol del Paraíso”, es de bajo a moderado, puede cultivarse con otros propósitos porque el aceite que se obtiene de sus semillas posee propiedades insecticidas y es apto para biodiesel. *Melia azedarach* se introdujo en Argentina como ornamental y se naturalizó con rapidez. El objetivo del trabajo fue zonificar la aptitud agroclimática argentina, con el fin de reforestar áreas erosionadas, contribuir al secuestro de carbono y obtener aceite (biodiesel y bioinsecticida). Conociendo las necesidades bioclimáticas de la especie, se zonificaron las potenciales áreas de cultivo. Así se delimitaron áreas óptimas, apropiadas, marginales e ineptas. Como se comprobó su potencial como maleza invasora, no se recomiendan forestaciones en la zona de agricultura tradicional, a menos que sean tierras para rehabilitar. Las áreas clasificadas como apropiada con limitaciones por heladas y apropiada con limitación térmica estival pueden ser forestadas con Paraíso, porque el propósito es relegarlo hacia áreas marginales.

INTRODUCCION

El secuestro de carbono por parte de la vegetación terrestre, ha sido definido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático como una de las opciones más eficaces para cambiar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) (Gunn, 2001).

La eliminación de CO₂ atmosférico mediante el aumento de la asimilación de C parte por la vegetación, y la mejora de la transformación del carbono (C) atmosférico por la biomasa vegetal y materia orgánica del suelo, junto con la reducción de las emisiones de GEI se han convertido en estrategias mundiales para mitigar el cambio climático. Sin embargo, la eficiencia en la captura de C por la vegetación en los diferentes sistemas de gestión es muy diferente debido a sus características fisiológicas, las tasas de crecimiento, acumulación de biomasa, y los factores ambientales. Por lo tanto, es importante optimizar los ecosistemas en función de diversos climas y características geográficas, para optimizar el secuestro de C de la atmósfera de manera eficiente y eficaz para mitigar el cambio climático (IPCC, 2001).

Si bien los incendios forestales, que ocurren a menudo, pueden causar una emisión repentina de CO₂ a la atmósfera; y los proyectos de forestación pueden ser cuestionados por: competir por el uso del suelo con la producción de alimentos, o por generar pérdida de biodiversidad; el Protocolo de Kyoto en su forma original se centra en las actividades forestales, tales como la forestación para mejorar el sumidero de C, porque la biomasa de la vegetación leñosa contribuye al almacenamiento de C en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (Schneider, 1989).

Melia azedarach L es un árbol nativo del sur de Asia: Bangladesh, India, Indonesia, Laos, Malasia, Myanmar, Nepal, Pakistán, Papúa Nueva Guinea, Sri Lanka, Tailandia, y Vietnam. Se distribuye en América desde California a Argentina; África oriental y occidental, sudeste asiático y Australia.

Esta especie, de crecimiento rápido, se puede cultivar en la amplia variedad de suelos siempre que sean bien drenados (Doran y Turnbull, 1997), sirviendo para el control de la erosión y como cortina rompevientos, tolerando vientos salados costeros.

Se lo conoce con diferentes nombres vulgares en español como: *paraíso, canela, árbol santo, piocha, falso cinamomo, granillo, lila de china, lila de las Indias, paraíso chino*, y en inglés: *Chinaberry, pride of India, China tree y Azedarach*.

Alcanza hasta 18 m de altura y su tronco puede medir hasta 40 cm de diámetro. Presenta hojas caducas durante una parte del año. Las mismas son alternas y muy grandes, de hasta 50 cm de largo y 25 cm de ancho. Cada hoja parece una rama, ya que se trata de hojas compuestas por numerosos folíolos dispuestas sobre las ramificaciones que parten de un eje principal en cuyo ápice se encuentra un folíolo. Los folíolos son ovoides, puntiagudos, con la base variable y margen aserrado o lobado (Lahitte et al., 2004).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Las flores, aromáticas, son de color blanquecino o rosado a violeta. Están dispuestas en racimos ubicadas en las axilas de las hojas. Los frutos (bayas redondeadas) se presentan en racimos colgantes. Cada fruto contiene de 1 a 5 semillas de color café oscuro. Los frutos son venenosos y tienen propiedades narcóticas. De las semillas se obtiene aceite combustible que puede ser transformado en biodiesel. La composición de ácidos grasos principales del aceite son: ácido palmítico (9,31%), ácido esteárico (3,08%), ácido oleico (18,71%), ácido linoleico (65,95%) y otros (Jingwen y Liding, 1994).

Se cultiva con frecuencia como ornamental, como medicinal e insecticida. Algunas sustancias, presentes sobre todo en los frutos, son sumamente tóxicas y pueden causar la muerte a animales y personas. Las semillas se utilizan en collares y pulseras artesanales. En México se ha llegado a cultivar a nivel comercial como maderable (Calderón y Germán, 1993).

La madera es blanda, de densidad baja (menos de 600 kg/metro cúbico) y es susceptible al ataque de termitas. Se utiliza para pulpa de papel, muebles, ebanistería, tornería, chapas de la madera, cajas para cigarrillos y el follaje tiene potencial como forraje (Doran y Turnbull, 1997; Lahitte et al., 2004). La leña presenta un poder calórico es de 5100 kcal/kg y se utiliza para la producción de carbón.

Esta especie tiene potencial como maleza invasora (Thorp y Wilson, 1998). En Argentina se ha visto que cuando se la tala, rebrota con más fuerza, saliendo varios troncos del mismo pie. En la Mesopotamia se ha naturalizado en el Parque Nacional El Palmar, donde ha reemplazado a la vegetación nativa formando bosques casi puros (Lahitte et al., 2004).

Los frutos presentan un largo período de maduración. Aunque son venenosos para algunos mamíferos, los pájaros se los comen y dispersan las semillas. La actividad insecticida de *M. azedarach* está en hojas, tallos, frutos y semillas. De estas estructuras se extrae, principalmente "meliartenin", limonoide (triterpeno), con cualidades antialimentarias, y "azadirachtina" (triterpeno), el mayor compuesto natural antialimentario conocido y estudiado en la planta de Neem: *Azadirachta indica* (Vergara et al, 1997). Estas sustancias inhiben la alimentación de insectos fitófagos como coleópteros y larvas de lepidópteros. Se han probado variados extractos de hojas y frutos de *M. azedarach* sobre distintas plagas con resultados promisorios. El mecanismo de acción de la mayoría de las sustancias provenientes del árbol del Paraíso consiste en inhibir la acción de las oxidasas en el intestino medio, por lo que el insecto inmaduro muere o se convierte en pupa o adulto anormal por deficiencia de nutrientes o interferencia en los procesos fisiológicos. Esto se traduce en inhibición de la alimentación, disminución del crecimiento y desarrollo, descenso de la tasa metabólica relativa, emergencia de adultos deformes, inhibición de la ovipostura o mortalidad (Villalobos, 1996).

Las semillas de paraíso son muy tolerantes al desecamiento, y llegan a sobrevivir hasta con 3,5% de su volumen de humedad normal. Además pueden permanecer viables por períodos prolongados, hasta al menos 26 meses.

El uso de *M. azedarach* es muy bien conocido con fines medicinales. Sus diversas partes tienen propiedades antihelmínticas, antipalúdicos, catártico, emético, etc., y también se utilizan para tratar enfermedades de la piel (Padrón et al., 2003). Los frutos secos maduros se utilizan como antiparasitario externo.

Necesidades bioclimáticas

Esta especie florece durante la primavera y los frutos maduros se encuentran en el árbol entre marzo y junio en Argentina (Doran y Turnbull, 1997). Las semillas comienzan a germinar en unos 10 días si se siembran con temperaturas de 30°C sin tratamiento previo (Gunn, 2001).

Para que el Paraíso tenga un buen crecimiento, la temperatura media del mes más cálido debe fluctuar de: 24 a 32°C y la temperatura media de mes más frío puede oscilar de: 3 a 10°C. Prefiere zonas libres de heladas, aunque tolera heladas de ligeras a moderadas de 0 a -5°C (Doran y Turnbull, 1997).

Puede vivir desde el nivel del mar hasta altitudes de 900 m (Gunn, 2001). Es resistente a la sequía y se desarrolla en áreas con 600 a 1500 mm de precipitación anual, tolerando hasta 8 meses de déficit hídrico (Doran y Turnbull, 1997).

MATERIALES Y METODOS

Conociendo las necesidades bioclimáticas de *Melia azedarach* se procedió a buscar las probables zonas de cultivo, desde el punto de vista agroclimático, empleando datos climáticos de las estaciones meteorológicas de Argentina correspondientes al período 1971-2010.

Así se mapearon las variables: a) precipitación media anual, clasificando como área inepta cuando resulta inferior a 600 mm; y apta, cuando supera ese valor (Figura 2); b) temperatura media del mes más cálido, que debe superar los 24°C (Figura 3); c) temperatura mínima del mes más frío, la cual debe ser superior a 3°C (Figura 4); y d) temperatura mínima anual media de -5°C (Figura 5), que indica la tolerancia de la especie a bajas temperaturas, descartando aquellas áreas que registran valores más bajos.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Luego se superpusieron todos los mapeos anteriores para obtener el mapa de aptitud agroclimática (Figura 6).

A los fines de la interpretación de las áreas clasificadas con diferentes grados de aptitud agroclimática se introdujo la Figura 1 que describe el mapa político de Argentina con la toponimia de las provincias.

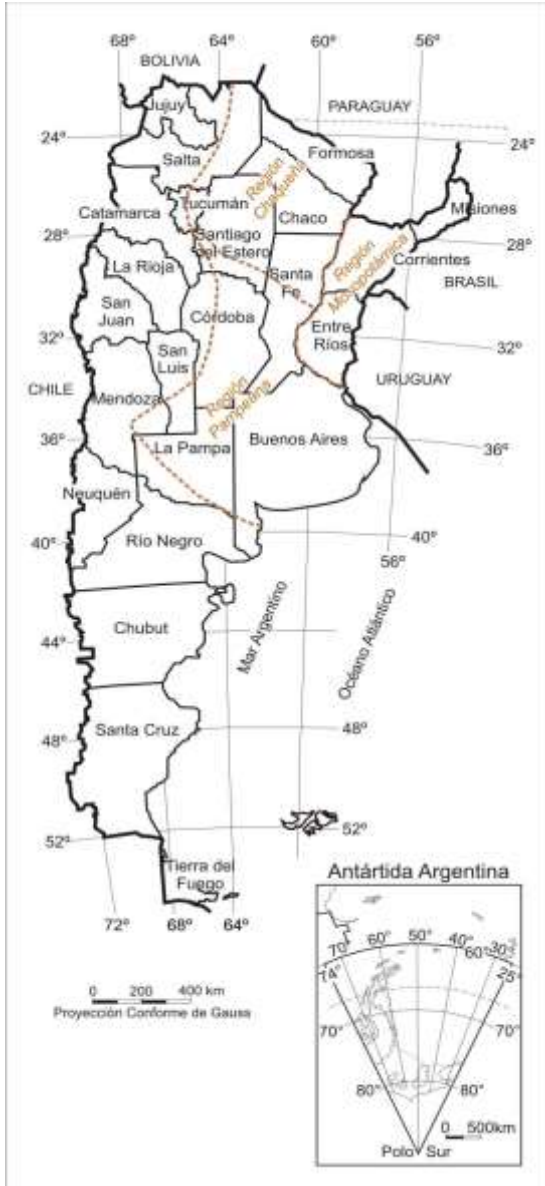


Figura 1. Mapa político de Argentina

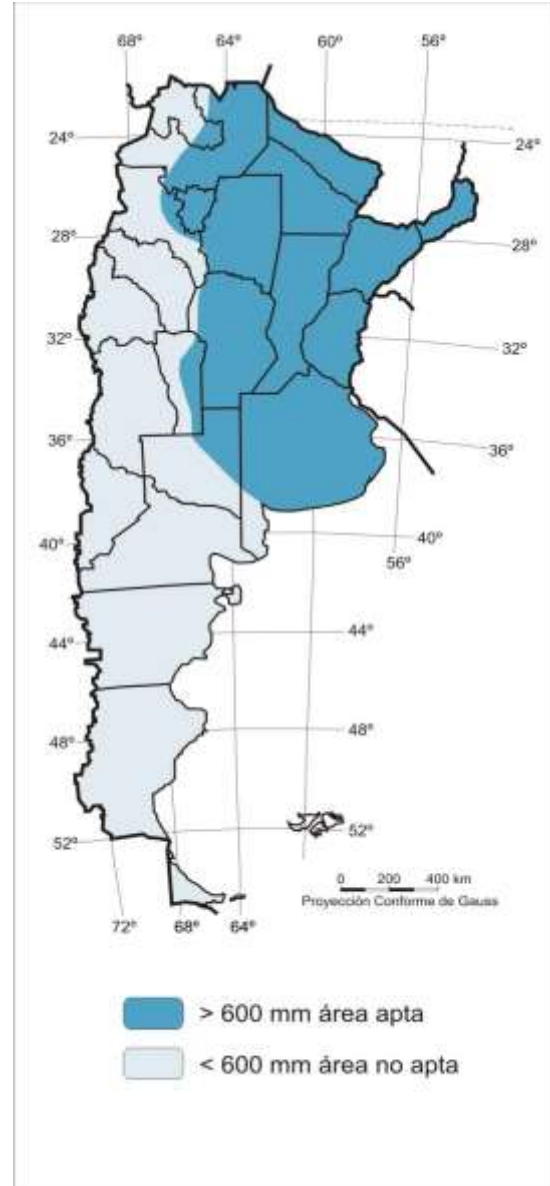


Figura 2. Precipitación media anual

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 5 se presenta el mapa de aptitud agroclimática para el cultivo del Paraíso.

La zona clasificada con *aptitud óptima* comprende toda la región Mesopotámica hasta el NE de la provincia de Buenos Aires, casi toda la región Chaqueña excepto el centro sur de Santiago del Estero; un sector de Catamarca; NW y NE de Córdoba; y gran parte de Santa Fe.

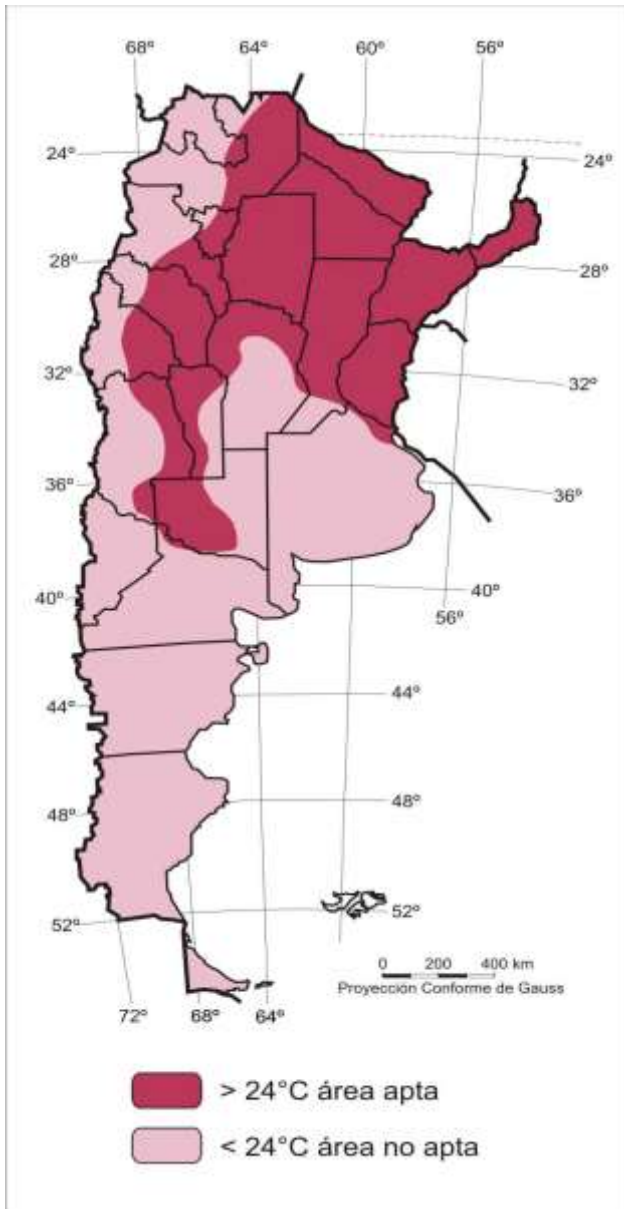


Figura 3. Temperatura media del mes más cálido

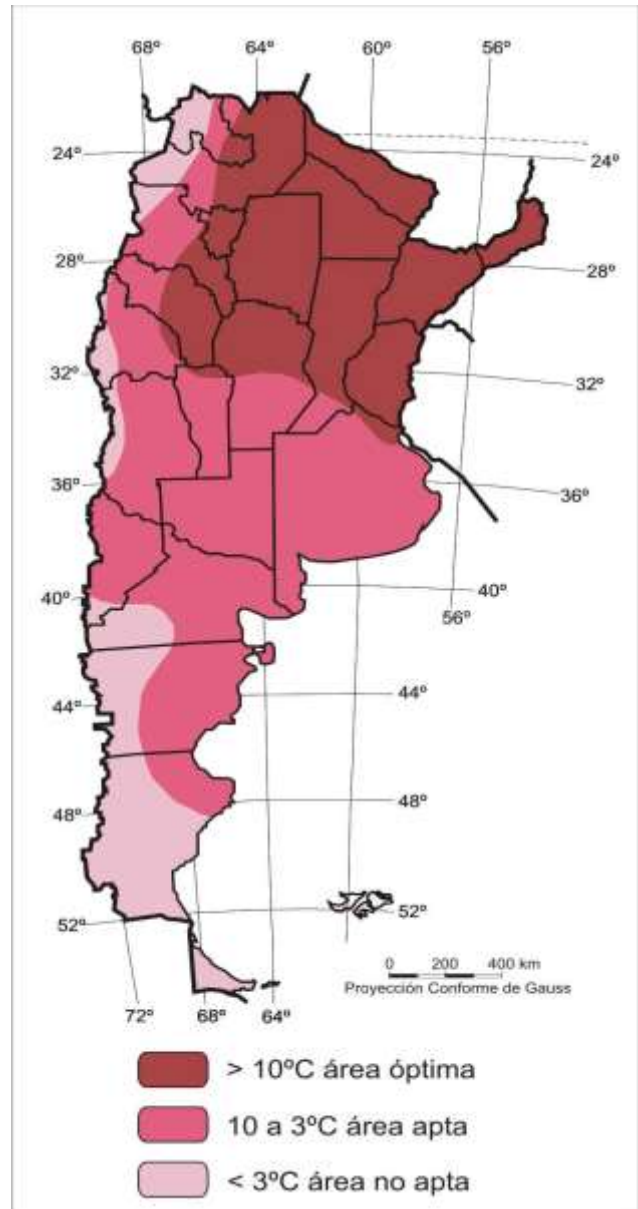


Figura 4. Temperatura media anual

Al sur aparece delimitada la zona calificada como *apropiada con limitaciones* por heladas, que incluye pequeños sectores de Salta, Catamarca, Tucumán, San Luis y Santa Fe, centro de Santiago del Estero, y N y E de Córdoba. Más al sur aún, el área delimitada es marginal con limitaciones térmicas estivales y por heladas que abarca centro y S de Córdoba, E de San Luis, NE de La Pampa, centro W de Buenos Aires, y SW de Santa Fe. Y al E de esta última, el área delimitada como *apropiada con limitaciones térmicas estivales*, que involucra pequeños sectores del centro W de Córdoba y SE de Santa Fe, NE y sector costero de la provincia de Buenos Aires, donde los veranos son más frescos debido al factor de oceanidad y corriente fría de Malvinas.

Hacia el W se delimitan 2 áreas: *muy apropiada con riego* y *apropiada con riego con limitaciones por heladas*. Sin embargo no se aconseja la aplicación de riego complementario a este cultivo, por tratarse de zonas donde el agua es un recurso escaso. Se recomienda realizar un uso racional del agua, empleándola con fines agrícolas, sólo para el riego de cultivos alimentarios.

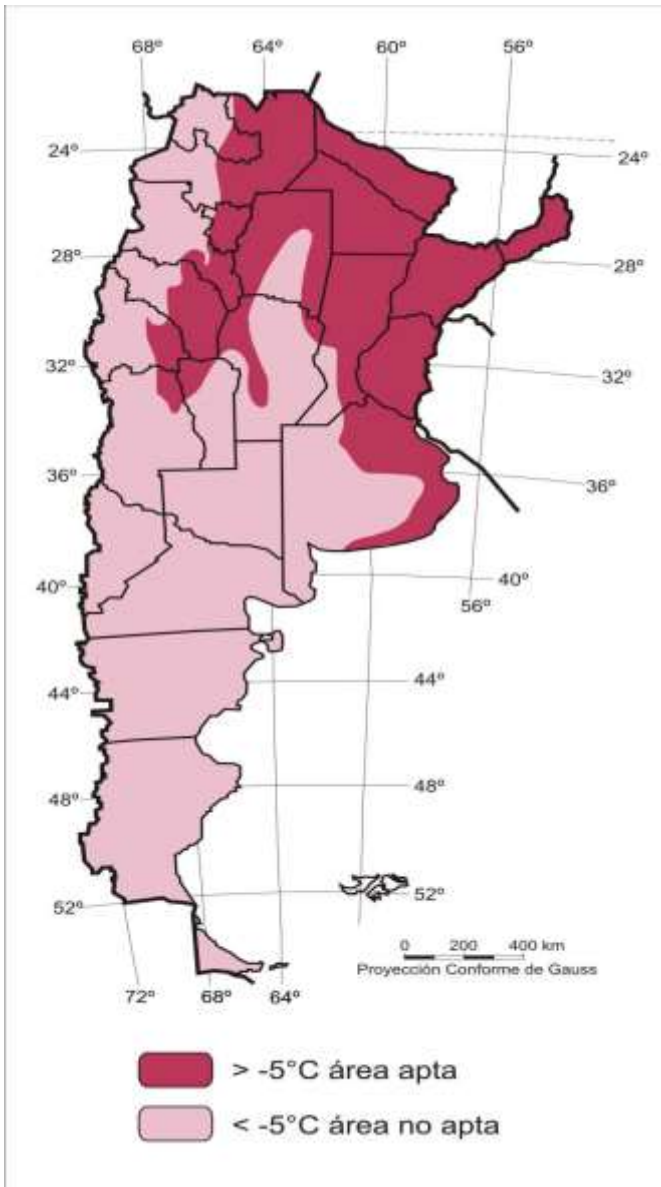


Figura 5. Temperatura mínima anual media

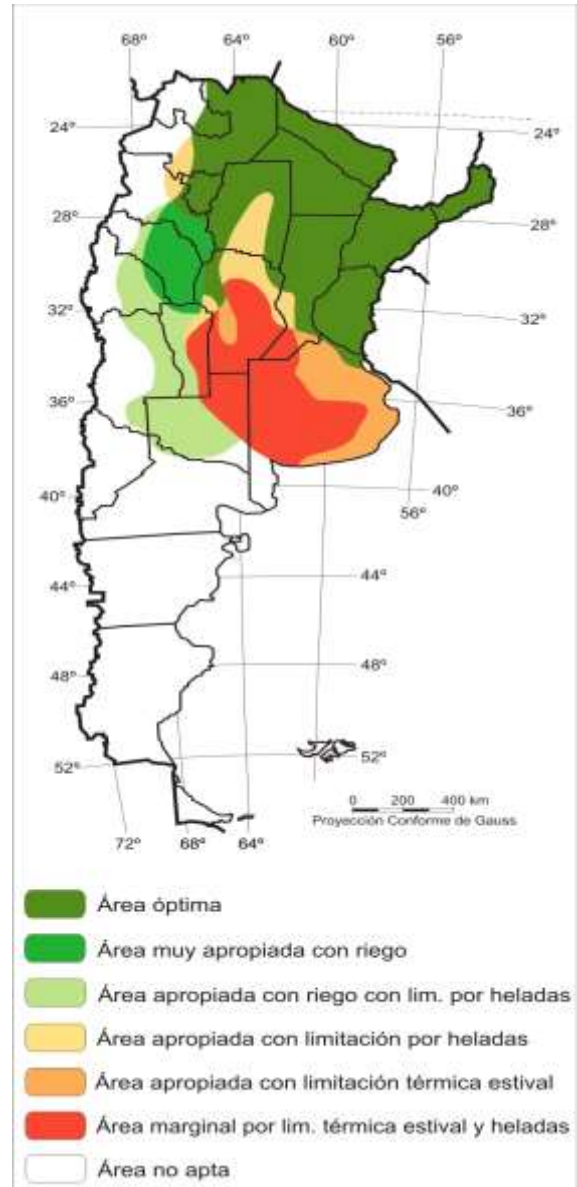


Figura 6. Aptitud agroclimática para el cultivo de *Melia azedarach*

Las áreas clasificadas como *apropiada con limitaciones por heladas* y *apropiadas con limitación térmica estival* pueden ser destinadas al cultivo del Paraíso con fines energéticos, porque el propósito es forestar con esta especie en áreas marginales.

Si bien el potencial de secuestro de C del paraíso es de bajo a moderado, su implantación en zonas costeras de la provincia de Buenos Aires, resultaría beneficioso porque actuaría como cortina rompevientos a la vez que protegería de la erosión y produciría materia prima para elaborar biodiesel.

Bajo condiciones de clima húmedo se recomienda la forestación en aquellas tierras que necesitan rehabilitación, por presentar problemas de erosión hídrica, ya que al ser una especie perenne se reducen las labores culturales y contribuye al mejoramiento del suelo, al mismo tiempo que produce aceite industrial para biodiesel y/o bioinsecticida.

No se debe olvidar su potencial como maleza invasora, razón por la cual nunca deberá ser cultivada en tierras con aptitud agrícola.

BIBLIOGRAFIA

- Calderón, R.G. y Germán, M.T. (1993). Meliaceae. En Rzedowski, J. et al. (eds.). Flora del Bajío y regiones adyacentes. Fascículo 11. Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Doran, J.C and Turnbull, J.W. (eds.) (1997). Australian Trees and Shrubs: species for land rehabilitation and farm planting in the tropics. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra Disponible en: <http://www.aciar.gov.au/publication/MN024>.
- Gunn, B.V. (2001). Australian Tree Seed Centre Operations Manual. Internal Publication, CSIRO Australian Tree Seed Centre, ACT. Disponible online en <http://www.ensisjv.com/Portals/0/atasc-opmanualcomplete.pdf>
- IPCC, "Climate Change 2001: The Scientific Basis". (2001). Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jingwen G. and Liding L. (1994). (Biological Research Institute, Jiangxi Academy of Sciences, Nanchang, 330029 PRC); Melia trees and their uses [J]; JIANG XI Science;1994-02
- Lahitte, H; Hurrell, J; Haloua, M; Jankowski, L y Belgrano, M. (2004). Árboles Rioplatenses. LOLA. Buenos Aires. 300 pp.
- Thorp, J.R. and Wilson, M. (1998). Weeds Australia – Disponible en: www.weeds.org.au
- Schneider, S.H. (1989). The greenhouse effect: Science and Policy. Science 243(10):271-281.
- Padrón, B; Oranday, A.; Rivas, C.; Verde, M. (2003). Identificación de compuestos de *Melia azedarach*, *Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum zeylanicum* con efecto inhibitorio sobre bacterias y hongos. Ciencia UANL 6(3): 333-338.
- Vergara, R.; Escobar, C.; Galeano, P. (1997). Potencial insecticida de extractos de *Melia azedarach* L. (Meliaceae). Actividad biológica y efectos. Rev. Facultad Nacional de Agronomía (Colombia) 50(2):186.
- Villalobos, P. (1996). Plaguicidas naturales de origen vegetal: Estado actual de la investigación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid. 35 p. 35 p.

INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA RECARGA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN COSTERA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Carretero S^(*), Kruse E.

^(*) Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Cátedra de Hidrología General. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Nacional de La Plata. Calle 64 n° 3. La Plata. Buenos Aires. Argentina. Teléfono (54-0221) 4249049. scarretero@fcnym.unlp.edu.ar.

Durante el siglo XX las precipitaciones medias anuales aumentaron sobre el territorio argentino con importantes efectos en la hidrología. Esto es de particular importancia en el Partido de la Costa donde las lluvias alimentan y mantienen las reservas de agua dulce en el acuífero freático de escaso desarrollo que representa el único recurso para abastecimiento a la población. Se analizaron datos de precipitaciones mensuales de Dolores, Punta Indio y Mar del Plata (1961-2007) con el objetivo de estudiar las tendencias de las lluvias y su relación con la recarga a las aguas subterráneas. Si bien los valores anuales muestran un aumento, al analizar por separado el semestre seco (frío) y el húmedo (cálido), se reconoce una disminución de las precipitaciones en el invierno. De esta forma existe una menor recarga al acuífero, dado que es la época en que se producen los mayores excesos con posibilidad de infiltración. En cambio la tendencia positiva en las precipitaciones durante el verano no necesariamente implica un aumento en la recarga ya que se mantiene una elevada evapotranspiración. Este fenómeno podría incrementarse en el futuro asociado al ascenso de las temperaturas. Un manejo sustentable de las aguas subterráneas requiere considerar estas posibles variaciones.

Introducción

Está aceptado que durante el siglo XX, las precipitaciones medias anuales aumentaron sobre el territorio argentino, con algunas excepciones aisladas (Barros et al, 2006). Este cambio trajo consecuencias en la hidrología de distintas regiones. El mayor exceso de precipitación sobre la evaporación ha dado lugar a un aumento sostenido de los niveles freáticos que a principios de los años 2000 han llegado al afloramiento en casos tales como la ciudad santafesina de Rafaela y el área metropolitana de Buenos Aires. En el oeste de la provincia de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sur de Corrientes, muchos campos se han transformado en lagunas permanentes y otros como las lagunas de Mar Chiquita en Córdoba y de la Picasa en Santa Fe aumentaron considerablemente su superficie (República de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2008).

Otro cambio que se ha estado observando es la prolongación de las condiciones térmicas del verano en el otoño temprano y, claramente, la reducción de la diferencia entre invierno y verano por las mayores temperaturas en el primero (Bejarán y Barros, 1998).

Si bien la situación de ascensos de los niveles del agua subterránea es la que más ha llamado la atención en los últimos años, existen regiones, como es el caso de la costa arenosa bonaerense, en donde las tendencias muestran características particulares, especialmente si son analizadas en función de las variaciones estacionales. Debido a esto, el objetivo del presente trabajo es el estudio de las tendencias de las precipitaciones y su relación con la recarga a las aguas subterráneas en el Partido de la Costa

Ubicación y características generales

El área de estudio comprende el Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires, Argentina, donde se reconocen dos ambientes geomorfológicos: cordón costero y llanura continental que condicionan el comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de las aguas subterráneas. (Figura 1).

El cordón costero se extiende desde Punta Rasa hacia el sur con un ancho de 2 a 4 Km. Presenta sedimentos compuestos por arenas finas que disminuyen el tamaño de grano de sur a norte. La llanura continental se desarrolla al oeste del cordón costero, (cotas inferiores a 5 m.s.n.m) presentando geformas menores de relieve negativo, en las cuales predominan los materiales limosos y arcillosos. (Consejo Federal de Inversiones, 1989).

El clima de la región es templado húmedo. Según la clasificación de Thornthwaite es $B1B'2ra'$, donde $B1$ es húmedo, $B'2$ es mesotermal (templado), r representa un nulo a pequeño déficit de agua, y a una concentración estival de la eficiencia térmica menor del 48 % (CFI, 1990). La precipitación media anual está en el orden de 1000 mm, donde el 60% ocurre de octubre a marzo. La temperatura media anual es de 14.5 °C, la humedad relativa promedio es del 85 %. La frecuencia de vientos es muy variable, aunque predomina la dirección este (Carretero y Kruse, 2009a)

El acuífero principal, de agua dulce (acuífero freático somero) está constituido por arenas de médanos, superpuestas a arenas de barrera de 5-15 m de espesor según la altura del médano. Se encuentran limitadas al oeste y se apoyan sobre arcillas de albufera que aumentan de espesor hacia el norte, donde alcanzan

hasta 20 m. La secuencia termina con los suelos actuales que son incipientes y poco evolucionados. En el caso particular del cordón costero no tienen desarrollo, son arenosos, excesivamente drenados e inestables. En el esquema general el acuífero de agua dulce está limitado por dos interfases, hacia el continente agua dulce-agua salobre y hacia el mar, agua dulce-agua salada. (Carretero y Kruse, 2009b)



Figura. 1.
Mapa de ubicación y geomorfológico

Metodología

Se han seleccionado las precipitaciones mensuales pertenecientes a las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional de Dolores, Punta Indio y Mar del Plata en el periodo 1961-2007 (Figura 2).

Se han calculado las medias anuales, valores máximos y mínimos para cada una. A su vez, se han separado en los semestres correspondientes a la estación seca (abril - septiembre) y a la húmeda (octubre - marzo).

Estos datos fueron graficados observando las tendencias generales y obteniendo las correspondientes rectas y ecuaciones.

Se analizaron datos de precipitaciones diarias de San Clemente del Tuyú (2002-2010) de un pluviómetro ubicado al sur de la localidad, junto a la variación de los niveles freáticos correspondientes a 43 pozos de una red de monitoreo.

Figura 2.

Estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis climático



Análisis de las precipitaciones

La precipitación media anual en el periodo estudiado (1961 – 2007) es 954 mm en Dolores, 975 mm en Punta Indio y 932 mm para Mar del Plata. Estos valores confirman la homogeneidad en la precipitación anual a una escala regional.

Los valores máximos para cada estación son 1446 mm en 1963 para Dolores, 1735 mm en 1993 para Punta Indio y 1224 mm en 2001 para Mar del Plata. Las precipitaciones mínimas se dieron en 1979 con 563 mm en Dolores, 1976 con 498 mm en Punta Indio y 1979 con 579 mm en Mar del Plata. Como se puede observar en la Figura 3 existe una tendencia general al incremento de las precipitaciones anuales en el área.

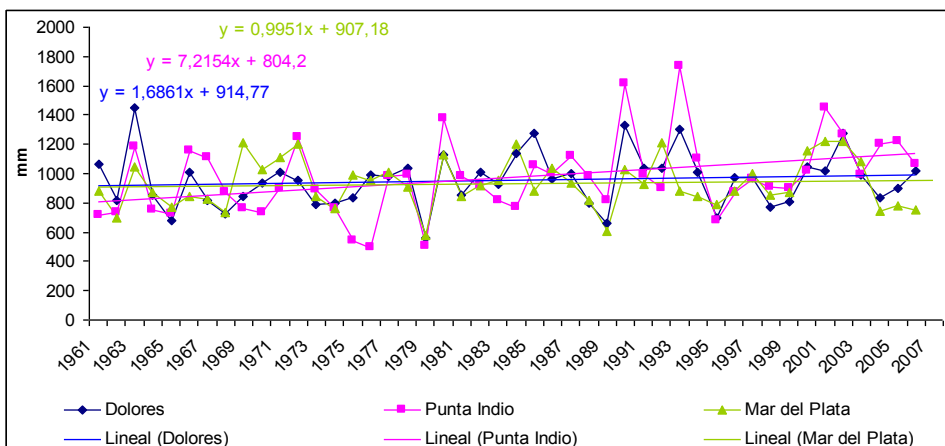


Figura 3.

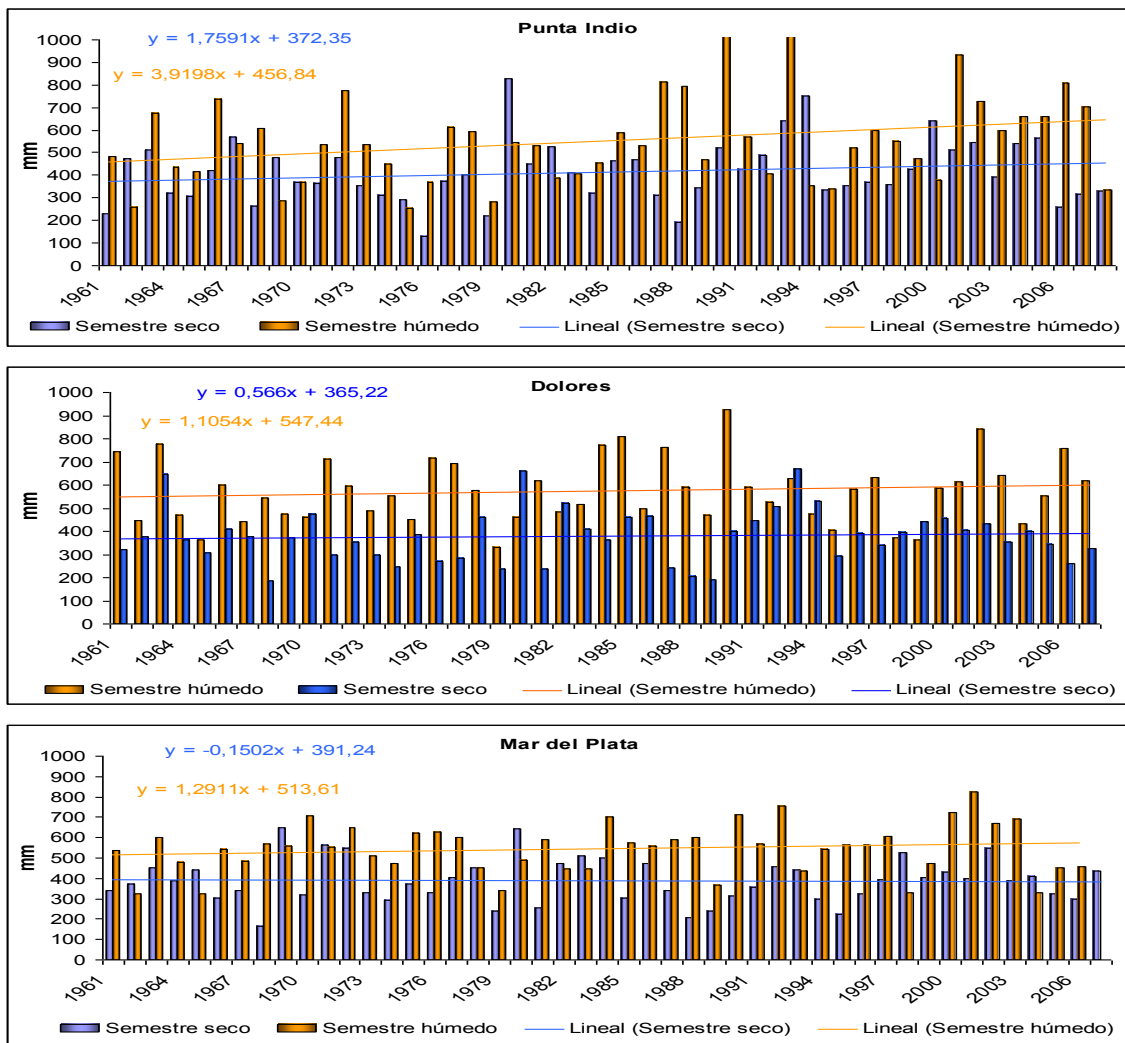
Serie histórica de precipitaciones anuales para las estaciones del SMN de la región (1961-2007)

En cuanto a la distribución de las lluvias, el 30,6% ocurren en vera-no, el 21,4% en otoño, el 18,7% en invierno y el 29,4% en primavera. La distribución es relativamente homogénea, sin embargo el verano resulta la estación más lluviosa y el invierno la menor. Considerando una división en semestres, el húmedo (octubre - marzo) contiene el 60% de las precipitaciones y el seco (abril - septiembre) el 40%.

Además de la comparación anual se han analizado las precipitaciones a través del tiempo de acuerdo a los semestres húmedos y secos.

El semestre húmedo muestra una tendencia al aumento de las lluvias en las tres estaciones estudiadas mientras que en el semestre seco los valores no presentan gran variabilidad detectándose, incluso, tendencias negativas como en el caso de Mar del Plata (Figura 4)

Figura 4. Precipitaciones para las estaciones Punta Indio, Dolores y Mar del Plata junto a las tendencias semestrales.



Implicancias en el sistema hidrológico

Carretero (2011) ha estudiado la relación entre las precipitaciones y la recarga al acuífero para San Clemente del Tuyú. Dado que esta localidad se encuentra dentro del Partido de la Costa y presenta características hidrogeológicas generales y climáticas similares, se postula que pueden extrapolarse los resultados obtenidos localmente para el resto de la región, carente de información de variaciones secuenciales de los niveles freáticos.

Se ha calculado la media mensual de los niveles freáticos a partir de 43 pozos de control que se han graficado junto a las precipitaciones medias para el mismo periodo (Figura 5). Durante los meses del semestre húmedo se observa una tendencia general a la profundización de la capa freática, mientras que en el se-

mestre correspondiente a la estación seca los niveles se recuperan, produciéndose un ascenso de los mismos.

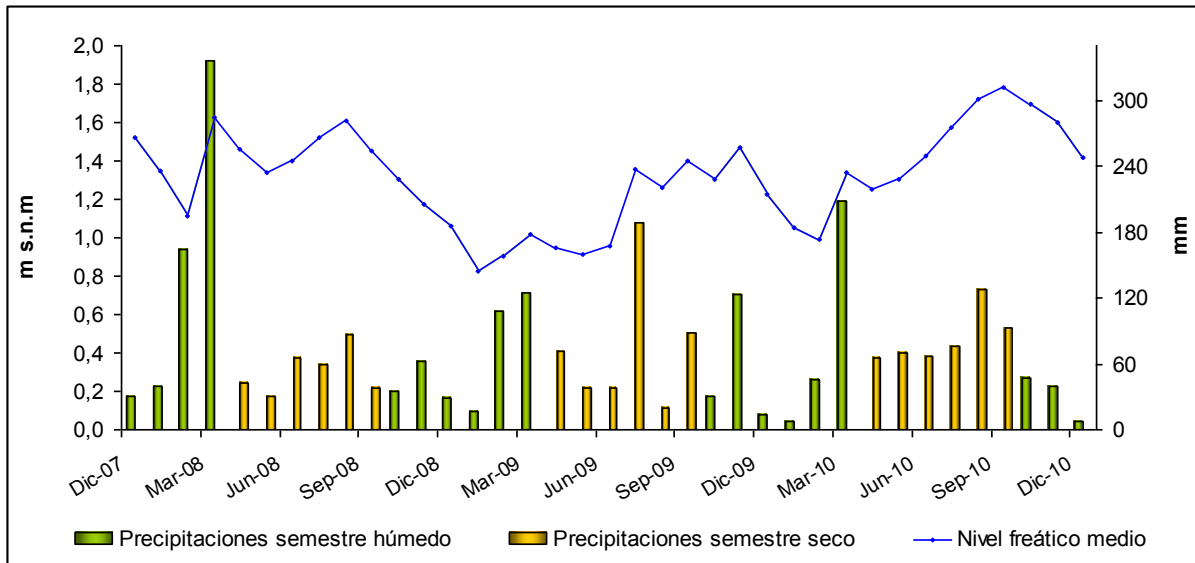


Figura 5. Nivel freático medio y precipitaciones medias mensuales para San Clemente del Tuyú.

En términos generales lluvias superiores a 60 mm se manifiestan en variaciones positivas (ascenso de los niveles) mientras que las menores producen variaciones negativas (descenso) en el periodo entre mediciones (Figura 6). Si se consideran las variaciones en semestre frío y semestre húmedo, se observa que en el primero se cumple esta relación en todos los casos, mientras que en la estación húmeda, el valor límite es de 75 mm. El 64% de las precipitaciones diarias superiores a 60 mm ocurren en el semestre frío. Esta situación es favorable para la recarga ya que en estos meses la evapotranspiración es menor, existen mayores excesos de agua y se produce la recuperación de los niveles freáticos.

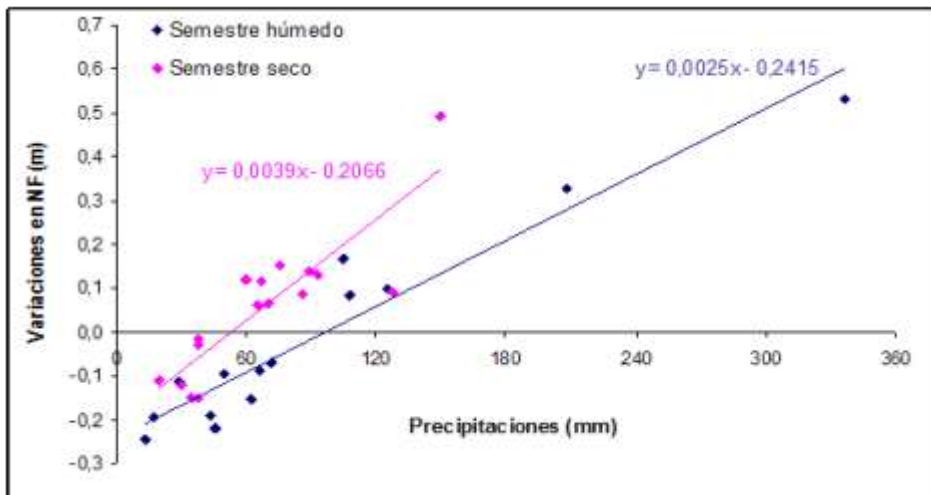


Figura 6. Relación variaciones de nivel freático y precipitaciones

Se reconoce que la mayor recarga al acuífero, reflejada en las variaciones freáticas, se produce en el semestre seco. Dado que la tendencia positiva de incremento en las precipitaciones se manifiesta en el verano, cuando es mayor la evapotranspiración y menor la alimentación al sistema subterráneo, la influencia no resulta significativa en la recuperación de las reservas de agua dulce.

El sistema es más sensible a las variaciones de la precipitación en el semestre seco. En el caso de producirse una disminución de las lluvias durante esta estación, la recarga al acuífero se verá condicionada redu-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

ciendo las reservas disponibles, lo cual requerirá de un manejo más detallado del abastecimiento de agua a las poblaciones.

Conclusiones

De acuerdo a lo analizado, la precipitación media anual para la región es del orden de los 950 mm con una distribución relativamente homogénea a lo largo del año. Las máximas anuales varían entre 1200 y 1730 mm mientras que las mínimas oscilan entre 500 y 580 mm. Los valores calculados representan años de extrema sequía o humedad que afectan de manera directa a la recarga del agua subterránea.

Climáticamente la región presenta un semestre seco que se corresponde con los meses fríos (abril - septiembre) y otro húmedo que incluye a los meses cálidos (octubre - marzo). La mayor recarga se produce durante la estación seca, lo cual está directamente relacionado con la variación de la evapotranspiración y las características propias del acuífero (arenoso y somero). En los meses con elevadas temperaturas la evapotranspiración es más elevada, al igual que la necesidad de humedad en el suelo que debe satisfacerse. Los meses con bajas temperaturas y baja tasa de evapotranspiración proporcionan las condiciones favorables para que una mayor cantidad de agua alcance la capa freática a pesar de precipitaciones de menor magnitud.

La disminución de las precipitaciones en el invierno puede dar lugar a una menor recarga al acuífero, dado que es la época en que se producen los mayores excesos con posibilidad de infiltración. En cambio la tendencia positiva en las precipitaciones durante el verano no necesariamente implicaría un incremento en la recarga al acuífero, que de por sí es de menor importancia, ya que se mantiene una elevada evapotranspiración. Este fenómeno podría incrementarse en el futuro asociado al ascenso de las temperaturas.

Estos aspectos deben ser considerados a la hora de la planificación y uso del recurso hídrico de la región, especialmente en los meses de verano cuando se produce un aumento de la población a consecuencia de las actividades turísticas. Esta situación conduce a una mayor demanda de agua para consumo, la cual debe ser satisfecha a partir del manejo sustentable del acuífero.

Referencias

- Bejarán R. y V. Barros, 1998: "Sobre el aumento de la temperatura en los meses de otoño en Argentina Subtropical". *Meteorológica*, vol. 23, pp 15-25.
- Barros V., Doyle M. y Camilloni I. 2006. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and the low-level circulation. 2006. *Theoretical and Appl. Climatology* 93: 19–33. DOI 10.1007/s00704-007-0329-x
- Carretero S. y Kruse E. 2009a. Respuesta del nivel freático a un evento de precipitaciones extremas en médanos costeros. En: Jorge Carrica, Mario Hernández y Eduardo Mariño (editores) *Recarga de acuíferos: Aspectos generales y particularidades en regiones áridas*. Buenos Aires: Asociación Civil Grupo Argentino de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Santa Rosa, Amerindia Nexa di Nápoli. ISBN 978-987-1082-39-1. La Pampa, pp 13-22
- Carretero S. y Kruse E. 2009b. Evaluación espacio-temporal de la calidad química del agua subterránea en el sector norte del Partido de la Costa, Provincia de Buenos Aires. XXII Congreso Nacional del Agua, Trelew, Chubut. Resumen pp 47. Trabajo completo en CD
- Carretero Silvina. 2011. Comportamiento hidrológico de las dunas costeras en el sector nororiental de la provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP. La Plata.
- Consejo Federal de Inversiones. 1989. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Regiones I y II Punta Rasa-Punta Médanos. Provincia de Buenos Aires Informe Final. Tomo II. Geología y Geomorfología.
- Consejo Federal de Inversiones. 1990. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Región I Punta Rasa-Punta Médanos. Informe Final Tomo IV Caracterización climática y Balance Hidrológico.
- República de Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2008). Segunda comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático. Buenos Aires. 201 p

INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y TERRESTRES QUE MUESTRAN DISTURBIOS EN ÁREAS DEL MONTE AUSTRAL – PATAGONIA ARGENTINA

¹ Manacorda AM., ² Alvarez AS., ³ Pezzullo SD., ⁴ Navarro MC.

manacorda@speedy.com.ar - anahisalvarez@yahoo.com.ar - desypezzullo@hotmail.com
mcecilianavarro@hotmail.com

¹ FACiAS – UNCo, Buenos Aires N° 1400 (8300) - Neuquén, Argentina 0299 - 154066579

² FACiAS – UNCo, Buenos Aires N° 1400 (8300) - Neuquén, Argentina 0299 - 154025546

³ FACiAS – UNCo, Buenos Aires N° 1400 (8300) - Neuquén, Argentina 0299 - 154236149

⁴ FACiAS – UNCo, Buenos Aires N° 1400 (8300) - Neuquén, Argentina 0299 - 154697909

En la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud de la Universidad Nacional del Comahue funciona el “Centro de Estudios Para el Hábitat Sustentable” que coordina y gestiona procesos de investigación sobre Desarrollo Sustentable y el “Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de Norpatagonia” que realiza estudios relacionados con sistemática y biodiversidad, ecología de poblaciones y comunidades. El objetivo del trabajo es comentar líneas de investigación relacionadas a perturbaciones ecológicas en ecosistemas del Monte Austral, realizadas por docentes-investigadores nucleados en dichas organizaciones. La metodología empleada se basa en: salidas a campo para relevar flora y fauna, determinar heterogeneidad ambiental/ecológica y especies clave e indicadoras, tomar muestras de suelo y agua de ambientes contaminados para análisis microbiológicos, y análisis estadístico de los datos. Algunas de estas investigaciones aún están en desarrollo, los resultados preliminares demuestran: contaminación de origen fecal en arroyos y suelos regionales urbanos, presencia de microorganismos hidrocarburolíticos en suelos contaminados por actividad petrolera, disminución de la cobertura vegetal y alteración en la composición y distribución de la fauna de los ecosistemas del Monte Austral. Conclusión: para mitigar estos disturbios se debe insistir en la educación ambiental, fomentando el respeto y valoración de los recursos naturales y mejorar la gestión urbano/ambiental.

Introducción

En la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud (FACiAS) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), funciona un “**Centro de Estudios para el Hábitat Sustentable**” (CeHaS). Este consorcio científico fue creado en el año 2005 a instancias de la Escuela Superior de Salud y Ambiente, actual FACiAS³. El CeHaS es un ente universitario que coordina y gestiona procesos de investigación sobre Desarrollo Sustentable, efectuando transferencia de los conocimientos específicos generados en su marco al sector externo, tanto público como privado, a nivel nacional e internacional. El objetivo principal es contribuir al desarrollo regional y nacional y a la transformación social, por medio de la generación y apropiación de conocimiento, y la aplicación del mismo en la sociedad. Dentro de este Centro existen distintos grupos de trabajo, uno de los cuales es el área de Microbiología Ambiental, al cual pertenecen parte de los profesionales autores de este trabajo.

En esta Facultad también funciona el “**Laboratorio de Investigaciones Ecológicas de Norpatagonia**” (LIEN) creado en el año 2005⁴. El equipo de investigadores del LIEN realiza estudios relacionados con sistemática y biodiversidad, ecología de poblaciones y comunidades en áreas naturales y modificadas por el hombre. A estas temáticas ecológicas se agregan líneas de investigación relacionadas a restauración ecológica, gestión, ecofisiología, planificación y herramientas informáticas para teledetección.

Ambas entidades están integradas por docentes-investigadores de la carrera Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental, cuyas líneas de trabajo de investigación en los últimos años versaron en:

- evaluación de la calidad de los recursos hídricos y del suelo en un área urbana, por vertido de efluentes crudos,
- evaluación de la presencia de microorganismos degradadores de hidrocarburos (hidrocarburolíticos) en suelos contaminados con petróleo y en áreas sin contaminación aparente pero destinada al desarrollo de esta actividad industrial,

³ Centro de Estudios sobre Hábitat Sustentable de la Universidad Nacional del Comahue (CeHaS). Escuela Superior de Salud y Ambiente, UNCo. Resolución 416/05. Año 2005. Neuquén.

⁴ Laboratorio de Investigaciones Ecológicas en Norpatagonia. Escuela Superior de Salud y Ambiente, UNCo. Resolución N° 719/05. Año 2005. Neuquén.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- análisis de parámetros biológicos y ecológicos tendientes a evaluar el efecto de las perturbaciones producidas por el hombre y las respuestas a las intervenciones en ecosistemas áridos de la Patagonia.

Marco teórico

El marco teórico que fundamenta los objetivos de las investigaciones se basa en que el desarrollo sustentable de la sociedad incluye, entre otras, una dimensión ambiental.

El desarrollo sustentable se trata de una metodología, al mismo tiempo que un objetivo normativo, un modelo para la planificación y una estrategia que incluye el manejo adecuado del ambiente (Redclift, 1991). Constituyendo una forma de utilizar y transformar la naturaleza que minimiza la degradación del ecosistema sobre el cual se sustentan la productividad y la habitabilidad (Rabinovich, 1994).

Una de las condiciones de la sustentabilidad es que cada ecosistema debe ser utilizado de acuerdo a su capacidad de generar y regenerar recursos. La racionalidad de lo sustentable se basa en las necesidades de la sociedad y sus relaciones con el ambiente. El progreso de la sociedad debe ser equilibrado, para mantener una baja tasa de utilización de aquellos recursos que no se renuevan, o lo hacen en un largo plazo, para no entregar a las generaciones futuras un mundo sin recursos (Reboratti, 2000).

El agua y el suelo representan los hábitats microbianos más significativos, en términos de biomasa microbiana como de actividad de microorganismos. Tal actividad es esencial para el mantenimiento del ambiente (Grant, 1989; Atlas, 1998; Osborn, 2005).

Los microorganismos interactúan entre sí y con su entorno inmediato, jugando un papel muy importante en mantener las condiciones adecuadas para otras formas de vida. En condiciones anormales los microorganismos reaccionan produciendo diferentes efectos, los cuales pueden visualizarse a corto o a largo plazo (Dworkin, 2006).

A lo largo del tiempo, el avance de las poblaciones y culturas humanas, se fue adaptando al entorno local, usando y modificando recursos naturales. Los ecosistemas sufrieron modificaciones a nivel macroscópico incidiendo sobre la flora y fauna, como a nivel microscópico, donde se vieron afectadas las poblaciones de: bacterias, hongos, actinomicetes y protozoos. Una consecuencia principal de este deterioro fue la pérdida de la biodiversidad, en tanto fueron desapareciendo organismos de espectros genéticos puntuales como también se vieron modificadas las poblaciones por disminución en número de especies y variedades (Antón, 1999).

La biodiversidad es la expresión de la heterogeneidad de un sistema biológico, la cual se reconoce según la escala que se emplee en su análisis (Matteucci, et al., 1999).

La pérdida de cobertura vegetal es uno de los factores que incide en la desertificación. Se trata de un proceso resultante del impacto de la presión humana sobre los ecosistemas, sobre todo en regiones áridas y semiáridas, las cuales son muy vulnerables. La desertificación es un proceso complejo, de efecto duradero que se ve fuertemente intensificado por las sequías y por la acción antrópica a través de prácticas inadecuadas. En los ecosistemas áridos las áreas degradadas son de difícil y costosa recuperación (Morello, 2000).

El agua dulce es un recurso que se ve amenazado por la explotación y la mala gestión de las cuencas: ríos, arroyos, lagos, etc., como también, por su degradación ecológica. El vertido de aguas residuales sin tratamiento previo constituye la principal causa de la degradación, suponiendo un grave riesgo para la salud cuando las mismas están asociadas al uso humano, ya sea para recreación, riego o consumo (OPS, 2000). Esto se debe, principalmente, a la contaminación por agentes biológicos de origen fecal, microorganismos patógenos, los cuales pueden producir enfermedades infecciosas y consecuentes epidemias (Madigan, 2004).

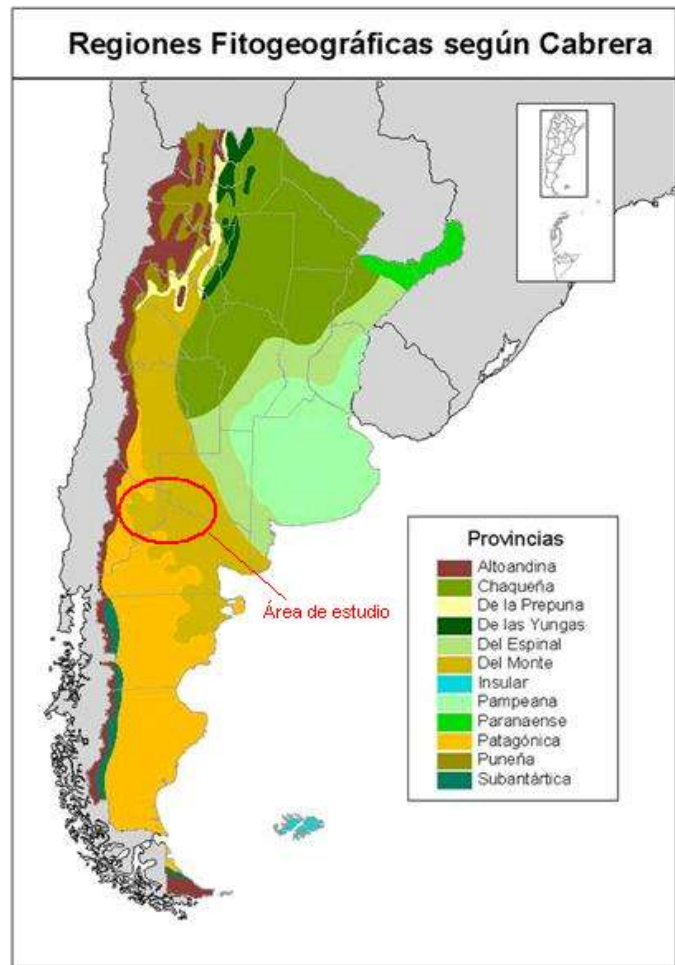
Tanto el Área de Microbiología Ambiental del CeHaS como el LIEN basan sus trabajos de investigación sobre los microorganismos y la vegetación y fauna, como indicadores sensibles de las condiciones ambientales de los ecosistemas de estudio. Su análisis y la detección de cambios, espaciales y temporales, juegan un papel central en la evaluación y el seguimiento de los recursos naturales. El conocimiento, e información sobre el estado de los ecosistemas es fundamental para que los organismos gubernamentales y no gubernamentales, actúen responsablemente al momento de decidir sobre el uso y manejo de los recursos naturales.

Área de Estudio

El área de estudio en las cuales se abocan estas investigaciones pertenece a la Provincia Fitogeográfica del Monte, subunidad Monte Austral, específicamente en las provincias de Neuquén y Río Negro (Fig. 1). El

Monte Austral se encuentra representado por ambientes áridos y semiáridos, y caracterizados por la heterogeneidad espacial de la vegetación y de las condiciones ambientales.

Fig. 1:
Ubicación de la Provincia Fitogeográfica del Monte y el área de estudio.



La vegetación predominante es la estepa arbustiva xerófila, caracterizada por especies del género *Larrea sp.*, *Prosipis sp.*, *Schinus sp.* (Cabrera, 1971), entre otras. Las condiciones ambientales se caracterizan por un déficit hídrico asociado a bajas precipitaciones, alto grado de insolación, evapotranspiración elevada, suelos pobres en materia orgánica, amplitud térmica marcada y diferencia altitudinal. Las especies de plantas que predominan se adaptan para soportar o eludir las condiciones adversas y en general presentan características xeromorfas (hojas duras y pequeñas o ausentes, cutículas gruesas), y pueden presentar tres tipos de estrategias de asimilación: follaje permanente resinoso, follaje estacional y ramas verdes (Gandullo et al., 2004). La vegetación se encuentra escasamente distribuida y se organiza en patrones de parches alternados con áreas de suelo desnudo, lo que refleja la escasa disponibilidad de agua y nutrientes (Pazos et al. 2007).

Las ciudades pertenecientes a esta área de estudio (Norpatagonia), nuclea la actividad socio-económica de la región. Neuquén tuvo una gran expansión poblacional en un corto período de tiempo, en el cual el crecimiento fue exponencial a partir de 1980. En dicha época, Neuquén comenzó a transitar un proceso de incremento demográfico por la migración interna a escala nacional y la proveniente de Chile (Fainberg et al., 2006). Este crecimiento no fue acompañado por una planificación urbano/ambiental adecuada, y por consiguiente surgieron graves problemas ambientales.

Objetivo general del presente trabajo

Comentar las líneas de investigación relacionadas a perturbaciones ecológicas en ecosistemas del Monte Austral, realizadas por docentes-investigadores nucleados en el CeHaS y en el LIEN, pertenecientes a la Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud de la UNCo.

Objetivos particulares.

A) Objetivos de las investigaciones realizadas en el LIEN⁵

Una de las líneas de investigación se desarrolla a través de un Proyecto de Investigación acreditado por la Secretaría de Políticas Universitarias de la Nación titulado “Diversidad y componentes “clave” de tetrápodos superiores y plantas, en un gradiente sucesional de disturbio en áreas del Monte Austral” (Código U006). El objetivo general es generar conocimiento sobre los componentes “clave” en la sucesión primaria y en la sucesión secundaria de los ecosistemas alterados en áreas del Monte Austral, e interpretar la funcionalidad ecosistémica para establecer bases científicas aplicables a procedimientos tendientes a la conservación de ecosistemas áridos en la Patagonia.

B) Objetivo de las investigaciones realizadas en el CeHaS⁶

La otra línea de investigación comenzó su desarrollo a través de un Proyecto Institucional titulado “Estacionalidad de bacterias indicadoras de contaminación fecal, en suelos de barrios neuquinos regados con agua de fuentes no controladas”, cuyo objetivo principal fue determinar el grado de contaminación microbiológica existente en suelos urbanos de la ciudad de Neuquén. De este proyecto se desprendieron dos trabajos de tesis de grado, cuyos objetivos fueron:

- Analizar las características microbiológicas (microorganismos heterótrofos totales y bacterias coliformes fecales), del agua de un arroyo de la ciudad de Neuquén, usada para riego, que presenta contaminación producto del vertido de efluentes sin previo tratamiento.
- Analizar los suelos de calles urbanas regadas con agua de fuentes no controladas, con las mismas técnicas microbiológicas con las que se analiza el agua.
- Aislamiento e identificación de enterobacterias a partir de muestras de suelos de calles de barrio y agua del arroyo.
- Evaluación de la persistencia de bacterias coliformes en suelo en diferentes estaciones del año las cuales pasan por periodos de riego y no riego.
- Evaluación de la respuesta a antimicrobianos de las cepas aisladas para determinar la existencia de resistencia y correlacionarlo con el riesgo para la salud de las poblaciones aledañas.

Materiales y métodos

A) Metodología de las investigaciones desarrolladas por el LIEN:

Para analizar los parámetros biológicos y ecológicos tendientes a evaluar el efecto de las perturbaciones producidas por el hombre y las respuestas a las intervenciones en ecosistemas áridos de la Patagonia, se realizan salidas de campo para: determinar zonas degradadas, relevar flora con transectas de vegetación y determinación de sus atributos, relevar fauna mediante avistaje de aves, determinación de huellas y signos de presencia. Con los datos obtenidos se realizan análisis estadísticos y se determina la heterogeneidad ambiental/ecológica, identificación de especies claves a indicadoras.

B) Metodología de las investigaciones desarrolladas por el CeHaS:

Para evaluar la calidad de los recursos hídricos y de suelo se tomaron muestras representativas, tanto de agua del arroyo como de suelo de calles regados con dichas aguas. Para determinar la contaminación microbiológica se realizaron análisis de microorganismos indicadores de contaminación fecal, por medio de la técnica: Fermentación en tubo múltiple (NMP) para miembros del grupo de los coliformes (APHA, 1991). Se realizó también recuento de microorganismos heterótrofos aerobios mesófilos totales mediante la técnica de Recuento por el Número más Probable (APHA, 1991). Mediante relevamiento a campo de la zona de estudio se intentó identificar el origen de dicha contaminación. Este plan de trabajo se aplicó a lo largo de dos estaciones climáticas: verano e invierno. Se realizaron además antibiograma a los microorganismos aislados e identificados para determinar resistencia, sensibilidad intermedia o sensibilidad de los mismos a antimicrobianos por el método de difusión en disco (método de la OMS), utilizando discogramas de la serie bacilos BGN1 y BGN2 (Laboratorios Britania), con medio de cultivo Mueller-Hinton.

⁵ Dirigido por: María C. Navarro (LIEN).

⁶ Coordinado por: Bact. Ana María Manacorda.

Resultados

A) Resultados de las investigaciones desarrolladas en el LIEN

Este proyecto de Investigación se está desarrollando y dentro del mismo ya hay alumnos de grado que realizan sus trabajos de tesis. Los resultados son preliminares y aún están en análisis, pero por ser este proyecto continuación de dos anteriores se pueden transferir aquí los resultados obtenidos en ellos:

- El área protegida Municipal "Paso Córdova" (General Roca – Río Negro) perteneciente al Monte Austral, es un área sometida a diversos impactos relacionados con actividades recreativas (motocross, enduro, mountain bike, trekking), extracción de especies vegetales para uso doméstico, depósito de basura de diferentes orígenes (escombros, podas de árboles de casas particulares), entre las principales.
- El área protegida El Mangrullo (El Chocón - Neuquén) está sometida a un fuerte sobrepastoreo por la presencia de ganado caprino, vacuno y equino.
- El área del Yacimiento Río Neuquén está sometida a diversos tipos de explotación de la industria petrolera (explanadas, picadas, canteras).

En cuanto a la flora y fauna de las áreas mencionadas, si bien las riquezas específicas son altas (130 especies de plantas, 118 especies de aves, 24 especies de mamíferos y 14 especies de reptiles), los impactos a las que son sometidos ponen en riesgo la persistencia de esta diversidad.

El uso extensivo y actividades recreativas llevadas a cabo en ambientes naturales del Monte, ponen en riesgo la funcionalidad ecosistémica, dadas las condiciones de fragilidad de la región de Monte. Por ello, se han implementado talleres de educación ambiental, con los diferentes actores, en convenio con la Municipalidad de Gral. Roca (Río Negro) y Municipalidad de Neuquén. Se elevó propuesta de zonificación de las áreas recreativas para controlar y contrarrestar la fragmentación a la que se están viendo sometidas. Se han realizado acciones de restauración en canteras del Yacimiento Río Neuquén, con acondicionamiento del terreno para reordenar el paisaje y recomposición florística y de vegetación.

En el marco de estos proyectos se realizaron numerosas publicaciones, presentaciones a congresos y tesis de Licenciatura en Saneamiento y Protección Ambiental, en áreas sometidas a diferentes disturbios: Área Natural Protegida Municipal Parque Norte en el periurbano neuquino; Área Protegida Provincial El Mangrullo de Neuquén; Área Natural Protegida Municipal Paso Córdova en General Roca, Río Negro; Yacimiento Río Neuquén de la empresa petrolera Petrobras. A su vez el grupo cuenta entre sus integrantes con una Beca de Iniciación de CONICET.

B) Resultados de las investigaciones desarrolladas en el CeHaS

El proyecto de investigación institucional ha dado desarrollo a dos tesis^{7 8} de grado. Las investigaciones de dichas tesis estuvieron enfocadas a la contaminación del agua de un arroyo (Arroyo Durán), que en su recorrido atraviesa la ciudad de Neuquén y que recibe aporte de efluentes sin previo tratamiento, y a la contaminación del suelo producto del riego de las calles urbanas de barrios neuquinos con agua extraída de dicho arroyo. Se relevaron cuatro barrios de la ciudad que se encuentran en estrecha relación con el arroyo, y se obtuvieron los siguientes resultados:

- En relación al recuento de microorganismos heterótrofos aerobios mesófilos totales hallados en muestras de suelo, no presentan variaciones significativa entre estación verano e invierno, y tampoco en los diferentes horarios de muestreo pero su número es mayor que lo encontrado en suelos que no se riegan con agua de este arroyo (suelo control). Esto se atribuye al gran número de estos microorganismos en el agua contaminada y a la adaptación y persistencia de los mismos en los suelos en épocas que no se riegan.
- Con respecto al recuento de los microorganismos coliformes fecales hallados en muestras de suelo, la existencia de estos se evidenció tanto en verano como en invierno y serían producto del riego con agua contaminada proveniente del arroyo ya que los mismos no aparecen en el suelo control (regado con agua no contaminada).

⁷ "Presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal en suelos de calles de ripio de la ciudad de Neuquén". Lic. Cuadros Daniela Patricia. Febrero del 2005. ESSA – UNCo.

⁸ "Persistencia de microorganismos coliformes en suelos urbanos con contaminación antrópica discontinua". Lic. Pezzullo S. Desirée. Noviembre del 2007. ESSA – UNCo.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Del análisis del agua del arroyo con la cual se regaban las calles, y de muestras de suelo se realizaron aislamientos e identificación de microorganismos coliformes fecales, los análisis fueron realizados durante ambas estaciones (invierno y verano). Los resultados determinaron que todas las bacterias identificadas pertenecen a la familia de las *Enterobacteriaceae*, identificándose: *Enterobacter*, *Escherichia coli*, *Klebsiella spp*, *Proteus*, *Salmonell*, *Serratia* y *Shigella*.
- Se evaluó la resistencia a antimicrobianos de las cepas aisladas. En el cuadro N° 1 se indica el grado de resistencia a los antibióticos: resistencia (R) y sensibilidad intermedia (SI).

Cuadro N° 1: Resistencia de enterobacterias a antibióticos					
Microorganismo aislado	Serie de discograma	Antimicrobiano	Halo (mm)	R	SI
<i>Escherichia coli</i>	BGN1	Ampicilina + sulbactama	14		X
<i>Enterobacter aerogenes</i>	BGN2	Colistina	10		X
<i>Serratia liquefaciens</i>	BGN1	Ampicilina + sulbactama	0	X	
		Cefotaxima	0	X	
	BGN2	Colistina	10		X
		Cefuroxima	0	X	
		Cloramfenicol	10	X	
		Cefalotina	0	X	
<i>Enterobacter agglomerans</i>	BGN1	Piperacilina	13	X	
		Ceftadizama	16		X
		cefotaxima	12	X	
	BGN2	Colistina	9		X
<i>Serratia odorifera</i>	BGN1	Ampicilina + sulbactama	10	X	
		Cefotaxima	0	X	
	BGN2	Trimetroprima + sulfametoxazol	7	X	
		Aztreonam	18		X
		Cloramfenicol	7	X	

Estudios como los de Kelley & col, 1998, determinan que la capacidad de resistencia a antimicrobianos que porten dichas bacterias puede ser transmitida a otras que no la poseen (por mecanismos de recombinación genética), las cuales puede continuar con esta dispersión. Constituyendo esto un factor de riesgo para el ambiente y la salud de los pobladores cercanos, a parte del que ya existe por la exposición permanente que genera el riego de calles con agua contaminada.

Conclusión

El rápido crecimiento y expansión de la población humana y el veloz deterioro del ambiente, lleva a una constante pérdida de especies, por lo que es inminente y necesario implementar acciones de conservación y recuperación para mantener en buenas condiciones los sistemas base de los ambientes. Los principios ecológicos ofrecen pautas para la preservación de la biodiversidad y el manejo del ambiente para el uso sustentable y sostenido.

Así mismo la introducción en el suelo de bacterias provenientes del tracto intestinal humano (familia *Enterobacteriaceae*) como consecuencia de prácticas antrópicas inadecuadas puede producir cambios ecológicos en la flora microbiana nativa de dicho suelo como por ejemplo la transferencia de resistencia a antibióticos por mecanismos de recombinación genética con el consiguiente riesgo ambiental y para la salud de los pobladores que estén en contacto con dicho ambiente. Esto requiere realizar una buena disposición de las excretas y realizar controles de calidad para el agua de riego.

Por todo lo expuesto, las recomendaciones comunes al resultado de todas estas investigaciones tendientes a mitigar estos disturbios serían que se debe insistir en la educación ambiental, fomentando el respeto y valoración de los recursos naturales y mejorar la gestión urbano/ambiental.

Bibliografía

- Antón D. J. 1999. Diversidad, globalización y la sabiduría de la naturaleza. Piriguazú Ediciones. Montevideo. 12:257-258.
- American Public Health Association (APHA). American Water World Association & Water Pollution Control Federation. 1989. Standard Methods for the Examination of the water and Waste Water. 17th ed. Washington DC, USA. Editorial Diaz de Santos.
- Atlas R.M., Bartha R. 1998. Microbial Ecology: Fundamentals and Applications. 4th ed. Benjamin/Cummins, Menlo Park, California.
- Bertiller, M. B., Marone L., Baldi R., Ares J. O. 2009. Biological interactions at different spatial scales in Monte desert of Argentina. *Journal of Arid Environments* 73: 212-221.
- Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42
- Dworkin M., Falkow S. & Co. 2006. A Handbook on the Biology of Bacteria: Symbiotic Associations, Biotechnology, Applied Microbiology. 3th ed. Vol 1. Springer. New York.
- Fainberg A., Piccinini O., Mendia J., Engelland S., Arroyo L. 2006. Hacia una Gestión Regional en Oasis irrigado. Centro Experimental de la vivienda y el equipamiento urbano, FIUNC.
- Gandullo R., Coscaron Arias C., Gastiazoro J., Bünzli A. 2004. Flora Típica de las Bardas del Neuquén y sus Alrededores. UNCo - Petrobras.
- Grant W. D., Long P. E. 1989. Microbiología Ambiental. Ed. Acribia S.A.
- Madigan M. T., Martinko J., Parker J, 2004. Brock, Biología de los microorganismos. 10º Edición. 1036 pp. Editorial Pearson Prentice Hall.
- Matteucci S. D., Solbrig O. T., Morillo J., Halffter G. 1999. Biodiversidad y Uso de la Tierra. Conceptos y ejemplos de Latinoamérica. pp. 1-67-383.
- Morello J. H., Pengue W. A. 2000. Economía Ecológica y Biodiversidad: Un enfoque desde el Sur. GEPAMA. Publicado en Realidad Económica, Ciencia y Sociedad. Instituto Argentino para el Desarrollo Económico. N° 173:149-154.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2000. La salud y el ambiente en el desarrollo sostenible. Publicación científica N° 572.
- Osborn M. A., Smith C. J. 2005. Molecular Microbial Ecology. Taylor & Francis Group. New York.
- Pazos, G.E., Bisigato A.J., Bertiller M. B., 2007. Abundance and spatial patterning of coexisting perennial grasses in grazed shrublands of the Patagonian Monte. *Journal of Arid Environments* 70: 316-328.
- Rabinovich, J. 1994. Gestión integrada de los recursos naturales en cuencas hidrográficas, en León (ed.) Conocimiento y sustentabilidad ambiental del desarrollo en América Latina y el Caribe. Dolmen Ediciones. Santiago de Chile.
- Reboratti, C. 2000. Ambiente y sociedad: conceptos y relaciones. 225 pp. Editorial Ariel. Buenos Aires.
- Redclift, M. 1991. Sustainable development: exploring the contradictions. Routledge, Londres.
- Ricklefs, R. E. 1998. Invitación a la Ecología. La economía de la Naturaleza. Editorial Panamericana. 692pp.

LAS ÁREAS PROTEGIDAS COSTERO-MARINAS COMO HERRAMIENTA PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD FRENTE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

Arhex MI (*)¹, Caille GI¹, Harris G¹, Musmeci JM¹, Delfino Schenke R¹, Esteves JL^{1,2}

lenarhex@hotmail.com - gcaille2003@yahoo.com.ar - - guillermoharris@speedy.com.ar
jmusmeci@patagonianatural.org - ricardo.delfino@gmail.com - esteves@cenpat.edu.ar

¹ **Fundación Patagonia Natural, Marcos A. Zar 760 –
Puerto Madryn, Chubut, Argentina, Tel: 02965- 472023,**

² **CENPAT-CONICET.**

Las Áreas Protegidas Costero-Marinas representan una herramienta fundamental en la protección de la biodiversidad frente a la amenaza del Cambio Climático, siendo importantes proveedoras de servicios ambientales. Con menos de 20 mil km² en total, las Áreas Protegidas Costero-Marinas cubren extensiones limitadas, protegiendo sólo el 1% del Mar Argentino. En la mayoría no existen planes de manejo actualizados, y una evaluación reciente determinó que la eficiencia de su manejo pocas veces resulta satisfactoria. En este marco, el Proyecto “Sistema Inter-jurisdiccional de Áreas Protegidas Costero-Marinas” (ARG/10/G47 GEF-PNUD), llevado adelante por la Fundación Patagonia Natural, los gobiernos de las 5 provincias costeras y el Gobierno Nacional, trabaja para: i) la creación de un sistema inter-jurisdiccional, con respaldo de los sectores de gobierno y productivos para su gestión adecuada, ii) aumentar el número y tamaño de las, Áreas Protegidas Costero-Marinas y iii) desarrollar una estrategia de financiamiento sustentable para las mismas. En lo que respecta a los efectos del Cambio Climático en las costas, se evaluarán los posibles impactos en Áreas Protegidas seleccionadas. Por cada amenaza detectada, el Proyecto promoverá la identificación de mejores prácticas, incluyendo medidas de adaptación y mitigación y capacitará a los agentes de manejo.

Existe un consenso generalizado que los efectos del Cambio Climático (CC) representan una creciente amenaza para la biodiversidad costero-marina del mundo. El aumento en la temperatura del agua, la acidificación de los océanos, y el aumento de los procesos de erosión costera y del nivel del mar, ponen en riesgo los ecosistemas costeros y marinos y su capacidad para sostener los procesos clave para la biodiversidad; e incrementan las vulnerabilidades humanas. Estos impactos se ven agravados en ecosistemas fragmentados o degradados; y es por ello, que las Áreas Protegidas Costero Marinas (APCMs), articuladas en un “sistema inter-jurisdiccional” de gran cobertura geográfica pueden llegar a cumplir un rol fundamental en la protección de la biodiversidad.

Por otro lado, las APCMs son importantes proveedores de servicios ambientales, tales como producción de oxígeno, absorción del dióxido de carbono, regulación del clima, mitigación de inundaciones y provisión de recursos pesqueros, entre otros. Es entonces un reto para promover estrategias viables de adaptación al cambio climático en las costas, lograr una gestión adecuada de las APCMs, que les permitan mantener estos servicios en el mediano y largo plazo.

El Proyecto “Sistema Inter-jurisdiccional de Áreas Protegidas Costero Marinas” (SIAPCM - ARG/10/G47 GEF-PNUD), que lleva adelante la Fundación Patagonia Natural (ver <http://www.patagonianatural.org/siapcm.html>) junto con los gobiernos de las 5 provincias costeras de Argentina (Buenos Aires, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego), y el Gobierno Nacional, cuenta con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, ver: <http://www.undp.org.ar/programa/Proyectos/ARG10G47.html>) y con financiamiento de Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, ver: <http://www.gefonline.org/projectDetailsSQL.cfm?projID=3910>), y tiene como objetivo principal “desarrollar un marco para una gestión efectiva y financieramente sustentable del Sistema Inter-Jurisdiccional de Áreas Protegidas Costero-Marinas (SIAPCM) para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad de Argentina”.

El Proyecto SIAPCM abarca más de 4 mil kilómetros del litoral marítimo argentino, desde Punta Rasa, al sur de Cabo San Antonio, en las costas bonaerenses; hasta el Canal de Beagle, en las costas de Tierra del Fuego; y no incluye las aguas del estuario del Río de la Plata y la Bahía de Samborombón. En este ámbito existen actualmente 43 APCMs (Parques Nacionales, Reservas Provinciales y Áreas Protegidas Municipales), que contienen algunas de las principales colonias reproductivas de aves y mamíferos marinos del mar austral, áreas de cría de numerosos recursos pesqueros, y algunos de los principales destinos de turismo de naturaleza en Argentina. Sin embargo, con menos de 20 mil km² en total, las APCMs cubren extensiones limitadas, protegiendo sólo el 1% del Mar Argentino; y esta protección se distribuye desigualmente entre las bioregiones costero-marinas del litoral austral.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Hasta el año 2007 sólo el 15% de las APCMs tenían planes de manejo actualizados y en diferentes etapas de implementación; y la mayoría de ellas (80%) no tenían un manejo satisfactorio (en ese año, sólo para el 18% de ellas se midió una efectividad de manejo "satisfactoria") (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundación Patagonia Natural, 2007). Es por ello que la mayoría de las APCMs aún no brindan los niveles de protección a la biodiversidad costero-marina que garanticen el cumplimiento a mediano y largo plazo de sus objetivos de conservación.

El Proyecto SIAPCM se inició en Octubre de 2010 y se extenderá hasta finales de 2014. A lo largo de éste período, se propone: i) la creación de un sistema inter-jurisdiccional, con respaldo de los sectores de gobierno y productivos para una gestión más efectiva de las APCMs, ii) aumentar el número y tamaño de las APCMs, especialmente aquellas que presten beneficios inmediatos para la diversidad biológica, y iii) desarrollar una estrategia de financiamiento sustentable del SIAPCM y las APCMs, coordinada con los gobiernos, sectores privados y sociedad civil.

En lo que respecta a los efectos del Cambio Climático (CC) en las costas, en el marco del Proyecto se evaluarán los impactos posibles que este pueda tener en APCMs seleccionadas; y se capacitará a los agentes de manejo, para que puedan realizar un monitoreo eficiente de las áreas y advertir sobre nuevas amenazas de manera temprana.

Por cada amenaza detectada, el Proyecto SIAPCM promoverá la identificación de mejores prácticas frente al CC (incluyendo medidas de prevención y adaptación), y su adopción por los actores involucrados, en los sitios pilotos seleccionados.

El Proyecto espera organizar entre 2011-2012, un "Taller sobre Mitigación y Adaptación al Cambio Climático en APCMs de Argentina", con el objetivo de intercambiar información y experiencias con expertos en el tema. Se espera así poder desarrollar un documento con recomendaciones específicas que contribuyan a una estrategia nacional de adaptación al CC, enfocada en los escenarios costeros y las APCMs.

Finalmente, el Proyecto SIAPCM trabajará para incorporar los temas de CC y la conservación de la biodiversidad en APCMs como dos temas importantes en la agenda del sector privado, promoviendo la adopción de buenas prácticas que incluyan acciones de adaptación al CC en las zonas costeras.

REFERENCIAS

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundación Patagonia Natural. (2007). *Efectividad de Manejo de las áreas protegidas marino costeras de la Argentina* – 1ª ed. – Buenos Aires. 104p.

**MONITOREO AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES AFLUENTES
DE LOS RÍOS PARANÁ Y PARAGUAY**

Ronco A *¥, Almada P **, Apartin C*, Marino D*¥, Abelando M, Bernasconi C*, Primost J*,
Santillán JM*, Amoedo P*, Bulus Rossini G*§**

***Centro de Investigaciones del Medio Ambiente,
Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 47 y 115, La Plata, 0221-4229329.**

¥ CONICET, § CIC-PBA. cima@quimica.unlp.edu.ar

****Dirección de Protección Ambiental, Prefectura Naval Argentina, Av. E. Madero 235, CABA.**

Teniendo en cuenta los antecedentes sobre presencia de compuestos tóxicos en las cuencas asociados a múltiples fuentes de contaminación (vertidos cloacales, vuelcos industriales, uso de plaguicidas, extracción de recursos, entre otras), el objetivo de esta comunicación es analizar resultados de la campaña 2009 de monitoreo de principales afluentes de los ríos Paraná-Paraguay, en continuidad con relevamientos previos conjuntos con OPS y SAYDS (campañas 2004-2006). Se estudiaron los tramos superior, medio e inferior de la cuenca del Paraná e inferior del Paraguay, en 20 sitios de muestreo, cubriendo análisis con métodos estandarizados de compuestos mayoritarios y minoritarios en aguas y sedimentos, junto a residuos de contaminantes orgánicos y metales en biota. Se compararon los resultados obtenidos con información antecedente. Se detectaron afluentes que aportan elevada contaminación, incorporando sólidos (disueltos, en suspensión), materia orgánica, nutrientes, metales pesados, plaguicidas (organofosforados, organoclorados y piretroides). Afluentes del sector medio de la cuenca aportan mayor concentración de metales en aguas y sedimentos. Se observan factores de bioconcentración en biota hasta dos órdenes de magnitud. Se contribuye con información de base en la toma de decisiones para un manejo sustentable de la cuenca, con zonificación de áreas críticas para implementación de medidas de protección del ambiente y la biodiversidad.

Antecedentes

La cuenca del Plata es la segunda en Sud América considerando su área de drenaje de 3.200.000 km². Se extiende en Argentina, Uruguay, Brasil, Bolivia y la totalidad del Paraguay. Los tres ríos principales que la conforman (Paraná 4.352 km, 1.414.132 km²), Paraguay (2.459 km, 1.168.540 km²) y Uruguay (1.600 km, 365.000 km²) están entre los más extensos del planeta. Desemboca en el Océano Atlántico con un caudal promedio anual de 23.000 m³/s, a través del estuario del Río de la Plata (256 km en el límite exterior). El Río Paraná es el sexto en el mundo por su caudal (promedio 17.000 m³/seg) y por su carga sedimentaria en suspensión (112 millones de t/año). Drena una gran variedad de ambientes geológicos, siendo el Alto Paraná el que aporta los mayores flujos de agua y el Paraguay el mayor aporte sedimentario (56% del sedimento en suspensión, con más de 50 millones de ton/año) a través del río Bermejo. El clima es variado, desde húmedo tropical en Brasil, tropical con estación seca en el área chaqueña y templado húmedo en la Pampa y húmedo montañoso a semiárido en los Andes.

Gran parte de la población de la República Argentina se encuentra asentada sobre las márgenes de la cuenca del Paraná. Las aguas son utilizadas como fuente de provisión para consumo, recreación, pesca y navegación, además de ser receptoras de descargas de efluentes y residuos. La intensa actividad agropecuaria e industrial, extracción de recursos, además de la actividad que se desarrolla en las grandes ciudades ribereñas y en las cuencas de sus tributarios, ha alterado la calidad química y biológica de sus aguas. Para evaluar tal impacto, se hace necesaria la medición de parámetros fisicoquímicos y biológicos asociados a la columna de agua, así como también los sedimentos de fondo y en la biota. Tanto los sedimentos como la biota tienen la capacidad de acumular contaminantes ambientales, pudiendo transferirlos, en el caso de los sedimentos, al agua o la biota asociada.

A fines del año 2004 la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAYDS), la Prefectura Naval Argentina (PNA) y el Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA) de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de La Plata acordaron la realización de una campaña de monitoreo de agua, sedimentos y biota para la caracterización sanitaria y ambiental en tramos específicos de los ríos Paraná, Paraguay y sus afluentes. El trabajo fue además apoyado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), que permitió el financiamiento de los costos asociados a los análisis en laboratorio. Asimismo la actividad contó con apoyo logístico de los organismos ambientales de las Provincias en cuyos territorios se realizaron los muestreos. Esta primer campaña fue sucedida por dos otras posteriores, realizadas entre los años 2005 y 2006 (SAYDS, 2007).

Se analizan en este trabajo los resultados obtenidos en la cuarta campaña de monitoreo realizada en el año 2009 realizada por la PNA y UNLP, en el marco del programa de relevamiento de calidad de aguas, sedimentos y biota de los Ríos Paraguay y Paraná y principales afluentes y se comparan con estudios previos

Sitios de estudio

Se monitorearon en la cuarta campaña 20 sitios de estudio: 1-Río Pilcomayo, 2-Río Paraguay (límite), 3- Arroyo Monte Lindo, 4-Río Bermejo, 5-Río Paraguay (desembocadura), 6-Río Negro, 7-Río Santa Lucía, 8- Río Corrientes, 9-Río Guayquiraró, 10-Río Feliciano, 11-Río Salado, 12-Río Coronda, 13-Río Carcarañá, 14- Río San Lorenzo, 15-Río Saladillo, 16-Arroyo Pavón, 17-Arroyo Ramallo, 18-Arroyo Arrecifes, 19-Río Areco, 20-Río Luján (Figura 1), en los que se extrajeron muestras de agua y sedimentos. Por otra parte se muestrearon peces (hígado, músculo) para el análisis de residuos en tejidos (Armado - Río Paraná Km 1060 - B. Vista; Surubí Río Paraná Puente Rosario-Victoria; Sábalo – Río Salado, Bagre Amarillo – Río Corrientes; Armado - Río Paraná Km 1060 - B. Vista; Surubí Río Paraná Puente Rosario-Victoria; Sábalo – Río Salado).

La campaña de muestreo fue realizada por la Prefectura Naval Argentina, en el Buque Científico “Dr. Leloir” (Figura 2), acondicionado con equipamiento de muestreo (botella de Niskin, draga tipo Eckman, corers, redes de plancton) e instrumental para medición de parámetros *in situ* (pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y turbiedad) (Figura 3). Los peces fueron obtenidos con artes convencionales de pesca (redes, trasmallos y caña).



Figura 1:
Localización de sitios de muestreo

Figura 2:
Embarcación y vistas del equipamiento de muestreo y análisis *in situ*.



Análisis en laboratorio

Los procedimientos de ensayo utilizados para la determinación de parámetros fisicoquímicos de las aguas (pH, Conductividad, Alcalinidad, Cloruros, Dureza, Sulfatos, Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Disueltos (STD), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Nutrientes (Carbono Orgánico Total, Amonio, Nitratos, Nitritos, Fósforo Reactivo Soluble, Fósforo Total), Metales (Cadmio, Cromo, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc, Mercurio), Plaguicidas (Compuestos organoclorados, organofosforados y piretroides) se realizaron siguiendo técnicas estandarizadas (APHA, 1998). El análisis de sedimentos incluyó la determinación de los metales antes mencionados previa digestión ácida (USEPA, SW846, 1986), plaguicidas (sobre extracto orgánico, USEPA, SW846, 1986), Carbono orgánico, sulfuros, fósforo total, nitratos y granulometría. El análisis de tejidos en peces incluyó la determinación de metales (previa digestión de acuerdo al método 25005 del A.O.A.C.) y plaguicidas.

Resultados

Aguas: Los parámetros medidos *in situ* pH, oxígeno disuelto, temperatura, conductividad y turbiedad (Secchi), permiten observar que la conductividad de las aguas es relativamente baja en las desembocaduras de los cursos correspondientes a los tramos medio y superior muestreados en el Paraguay y Paraná (Figura 3), pero se incrementa significativamente en la mayor parte de los ríos y arroyos que descargan en el tramo inferior del Río Paraná. Esta tendencia se corresponde con los muestreos previos realizados en tres campañas entre 2004-2006. Las temperaturas oscilaron entre los 13 y los 32 °C producto de la variabilidad estacional, siendo las mismas más estables en los cuerpos de agua del tramo superior. Respecto del pH los valores oscilaron entre 6,0 y 9,4; correspondiendo los valores más elevados a cursos de agua con elevada actividad fotosintética, encontrándose la mayor parte de los mismos por encima de 7,5. El oxígeno disuelto presenta concentraciones en el intervalo 2,8-9,7 presentando en algunos cursos importantes diferencias entre los muestreos. Respecto del disco de Secchi los valores oscilan entre 7 y 300 cm, correspondiendo los menores valores al río Bermejo (que introduce los mayores aportes de sólidos al curso principal). La carga total de sólidos disueltos y en suspensión de tributarios del Paraná es muy variable. Por ejemplo el A°. Montelindo, los Ríos Carcarañá y Coronda, el A°. Pavón aportan altas concentraciones de materiales disueltos y en suspensión. Particularmente se observa una alta concentración de sales (con niveles elevados de cloruros y sulfatos) en el A°. Montelindo. Los datos obtenidos indican que altos niveles de sólidos disueltos y en suspensión se corresponden con los cursos que atraviesan zonas contaminadas a las que se asocia importante actividad urbana e industrial (Carcarañá, Coronda, Pavón), con niveles al menos de un orden de magnitud por encima de los detectados en otros cursos con menor influencia antrópica. Con referencia al contenido de metales relevantes en coloides (hierro y manganeso), se detectan mayores concentraciones de hierro en ríos del tramo superior del Paraná (Bermejo). La comparación con datos de campañas previas, muestra variabilidad en la columna de agua asociada a estacionalidad y nivel de los cursos de agua en relación a crecidas.

Análisis de nutrientes en aguas y sedimentos: El aporte de nutrientes está relacionado con actividades antrópicas tales como la agricultura y la urbanización. Los niveles de amoníaco encontrados superaron los niveles guía para protección de la vida acuática en los ríos San Lorenzo, Saladillo y Luján (0,52; 0,54 y 0,91 mg/L, respectivamente). Respecto a concentraciones de nitratos y nitritos, el 50% de las muestras de aguas contenían niveles mayores a 1 mg nitrato/L; los nitritos presentan valores inferiores, en algunos casos cercanos o inferiores al límite de detección del método. La mayor concentración de nitratos se observó en el Río San Lorenzo con 8,5 mg/L. Es de destacar que las muestras con mayor contenido de nitratos en general poseen mayor contenido de nitritos, lo cual es consistente con fenómenos de contaminación con alta carga orgánica.

Con referencia al contenido de fósforo total, el 50% de las muestras presentan niveles superiores a 1 mg P/L, alcanzando en el Río Areco 2,75 mg/L. El restante 50% se encuentra en valores entre 0,1 y 1 mg/L de este nutriente. Los niveles de Carbono Orgánico Total superan los 50 mg/L en un 20% de las muestras.

Los ríos o arroyos que contienen elevados niveles de uno o más nutrientes son el Monte Lindo, Corrientes, Feliciano, San Lorenzo, Pavón, Ramallo, Arrecifes, Areco y Luján. A todos ellos se les asocia en sus cursos elevada actividad antrópica, tanto de origen urbano-industrial a través de los desechos cloacales, como rurales a través de la utilización de fertilizantes. Los sedimentos analizados contienen una concentración variable de carbono orgánico total (gC/kg), nitratos (mgN/kg) y fósforo total (mg P/kg), con valores máximos, mínimos y media, respectivamente de: 0,1/38,9/16,8; <15/207/34; 68/890/497, en correspondencia con los de la columna de agua del sitio estudiado.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

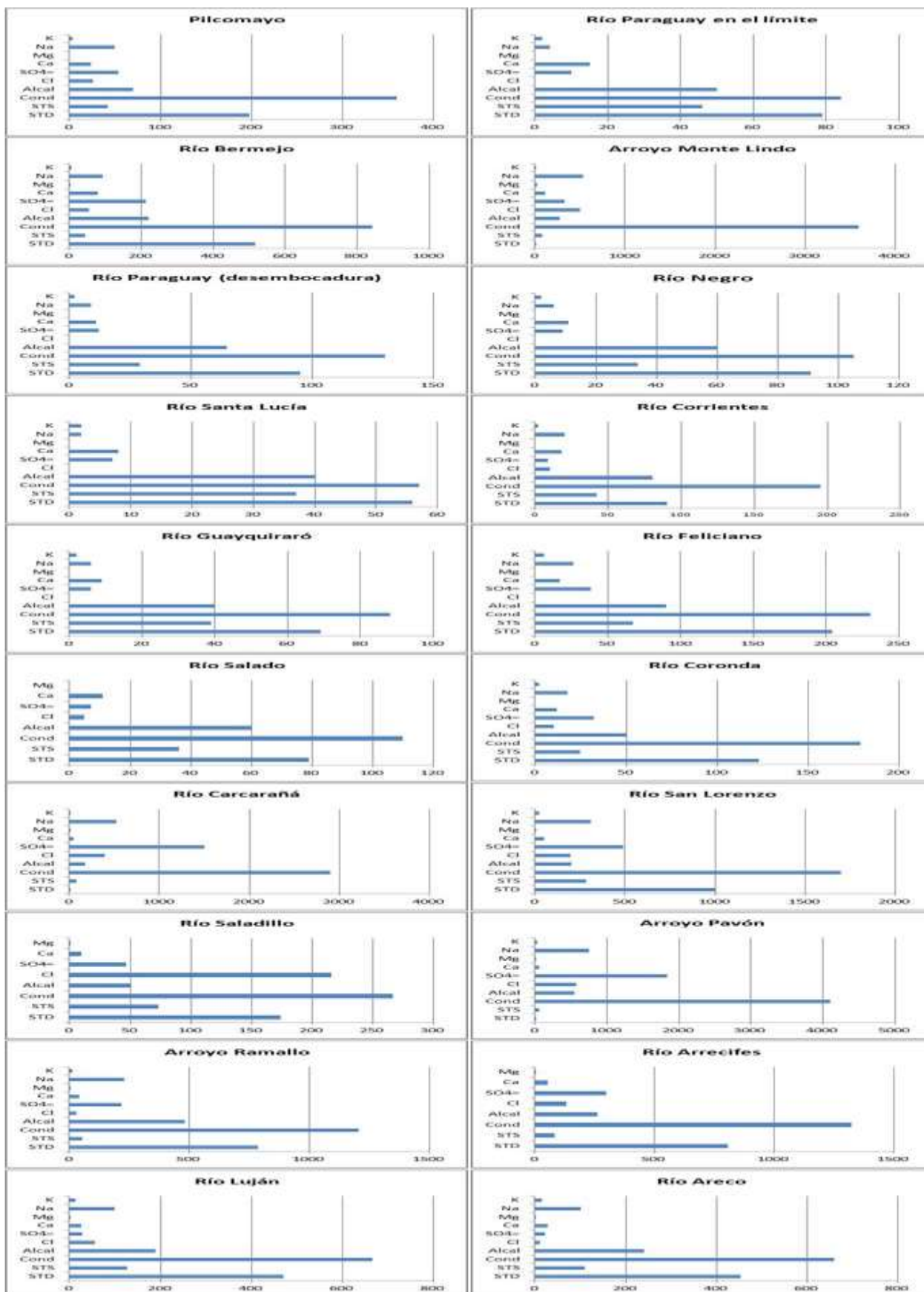


Figura 3: Concentraciones en agua (mg/L) de sólidos, aniones y cationes mayoritarios y conductividad ($\mu\text{S/cm}$)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Análisis de cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo y cinc en aguas, sedimentos de fondo y biota: Los resultados indican que los sitios con mayor concentración de metales en aguas y sedimentos corresponden a los ríos y arroyos de la cuenca media e inferior, con importante desarrollo urbano, industrial ó agrario (Luján, Arrecifes, Areco, Ramallo, Pavón, Saladillo, Carcarañá, Salado, Arroyo San Lorenzo). Estos valores estuvieron entre 0,004 y 0,006 mg/L y entre 0,8 y 1,2 mg/Kg para Cd en agua y sedimento, respectivamente; entre 0,02 y 0,04 mg/L para Cu en agua; entre 0,03 y 0,08 mg/L para Pb en agua; entre 0,008 y 0,035 mg/L para Ni en agua. No se encontraron niveles detectables de Hg en agua filtrada (<0,001 mg/L). Los sedimentos de fondo mostraron concentraciones muy variables de este metal (< 0,025 hasta 5 mg/Kg peso seco), siendo las más elevadas se corresponden a afluentes del Paraná donde prevalecen actividades urbano-industriales (Carcarañá, Ludueña, San Lorenzo, Pavón, Luján).

La concentración de los metales analizados en tejidos de peces (hígado y músculo) indican factores de bioconcentración (FBC) de 120 para Pb en músculo de bagre amarillo; de 600 para Cd en hígado de sábalo. Para el caso del Zn los FBC son mayores a 54.000 en hígado e iguales a 2750 en músculo de armado. El FBC determinado para Cu fue de 1730 en hígado de surubí. Los FBC para Hg determinados oscilaron entre 2 y 11.

Se analizó la presencia de los siguientes plaguicidas y metabolitos o productos de degradación: DDT, DDE, DDD; Aldrin, Dieldrin, Endrin, isómeros HCB; Metoxicloro; Endosulfanes; Clorpirifos; Metilparation; Cipermetrina; Alletrina; Permetrina, siendo detectados principalmente en sedimentos de los sitios estudiados. El DDT o principales metabolitos se detectaron en los ríos Bermejo, Feliciano, Salado, Arrecifes (máxima concentración medida 1,7 µg/kg) de op-DDD en el Río Salado. La mayoría de los sedimentos exhibieron concentraciones detectables de Metoxicloro (14/20 muestras, máxima concentración medida 3 µg/kg); d-HCB (19/20 muestras, máxima concentración medida 9 µg/kg); Aldrin (4/20 muestras, máxima concentración medida 0,34 µg/kg); Endrin (5/20 muestras, máxima concentración medida 0,3 µg/kg); Endosulfán I y II (17/20 muestras, máxima concentración medida 7,8 µg/kg); Clorpirifos (13/20 muestras, máxima concentración medida 4,4 µg/kg); detectándose en menor proporción de muestras Cipermetrina (3/20 hasta 4 µg/kg). Todos los datos se refieren a masa seca de sedimento.



Conclusiones

Los análisis realizados muestran escenarios de contaminación que van desde casos leves hasta casos severos. Las principales fuentes de contaminación parecieran estar asociadas a elevada carga de materia orgánica y nutrientes, tanto en agua como en sedimentos de fondo. Los mayores niveles de metales pesados estarían circunscriptos a sectores con actividad urbano-industrial. Merecen especial atención los valores de los factores de bioconcentración determinados para algunos metales, alertando sobre la necesidad de futuros estudios en detalle sobre el tema. El monitoreo de residuos de plaguicidas en sedimentos de fondo permite observar que a pesar de la prohibición de uso de algunos compuestos organoclorados, aun son detectados en gran parte de la cuenca del Río Paraná, demostrando su persistencia y/o posible uso recién-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

te. A su vez se detectaron con alta frecuencia los insecticidas asociados a nuevas prácticas agrícolas extensivas (cipermetrina, clorpirifos, endosulfán), indicando la llegada de estos compuestos al ecosistema.

En términos generales se puede decir que la cuenca no reviste casos de elevado riesgo adverso en el sector superior, aunque a medida que nos acercamos hacia el sector inferior los casos de contaminación parecen ser mucho más severos. Posiblemente el bajo a mediano impacto de la contaminación a nivel global de la cuenca se deba a su elevado caudal, diluyendo los contaminantes vertidos a lo largo del curso. Sin embargo ello debería ser cuidadosamente controlado, ya que el ingreso de grandes cargas contaminantes al sistema indefectiblemente terminará superando su capacidad dilutoria, con consecuentes daños ambientales. Es recomendable que todos los actores de la cuenca tomen las medidas necesarias de gestión para la reducción y el control de las múltiples fuentes de contaminación.

Bibliografía

APHA-AWWA-WEF, 1998. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewaters". 20TH EDITION. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington.

USEPA. SW 846, Environmental Protection Agency, 1986. "Test Methods for Evaluating Solid Waste". Volume IC: Laboratory Manual physical/ Chemical Methods. 3th Edition.

SAyDS-PNA-UNLP, 2007. Caracterización Sanitaria y Ambiental de las Aguas en Tramos Específicos de los Ríos Paraná, Paraguay, Uruguay y sus Afluentes (Tres campañas). Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable; Organización Panamericana de la Salud; Prefectura Naval Argentina; Universidad Nacional de La Plata.

**OBSERVACIONES PRELIMINARES EN LAS NUEVAS ÁREAS LIBRES DE HIELO ANTÁRTICAS:
¿ESTÁN SIENDO COLONIZADAS POR MACROALGAS?**

Latorre GEJ⁽¹⁾, Quartino ML⁽²⁾

¹ **Facultad de Ciencias Naturales y Museo. UNLP Paseo del Bosque s/n La Plata**
glatorre@museo.fcnym.unlp.edu.ar

² **Instituto Antártico Argentino, Cerrito 1248, C1010AAZ, Buenos Aires, Argentina**
lquartino@dna.gov.ar

Los sistemas glaciarios del oeste de la Península Antártica manifiestan una respuesta directa al incremento de la temperatura con un marcado retroceso. Este proceso ha generado la apertura de “nuevas áreas libres de hielo” las que preverían un nuevo espacio de colonización para los organismos bentónicos. Sin embargo es también esperable que se produzca una serie de perturbaciones determinadas tanto por la disminución del grado de penetración de la luz, asociada al incremento en la carga de sedimento de origen terrestre; disminución de la salinidad, debido al ingreso de agua de deshielo y un incremento del disturbio asociado a los bloques de hielo que se desprenden de los glaciares en retroceso. Un caso de estudio es el que se presenta en Caleta Potter, (Isla 25 de Mayo Shetland del Sur) en donde se ha observado un retroceso del Glaciar Fourcade. Con el objeto de monitorear las comunidades bentónicas en invierno, se realizó un muestreo no destructivo utilizando fotografía y video digital. Se registraron macroalgas colonizando las nuevas áreas inclusive en aquellas zonas muy próximas al glaciar. Se observó la presencia de especies de profundidad creciendo en aguas someras. Este cambio en la distribución vertical podría deberse a una disminución en la penetración de la luz causada por la entrada de sedimento y podrían afectar los flujos de materia y energía del ecosistema.

PUNTOS DE CAMBIO EN LOS CAUDALES ANUALES DEL RÍO MAIPO - CHILE- ASOCIADOS A FENÓMENOS CLIMÁTICOS DE LA MACROESCALA

Poblete AG¹, Minetti JL², Escudero SA³.

¹Instituto de Geografía Aplicada, Universidad Nacional de San Juan, Mitre 317 –Oeste- San Juan. CP 5400, 054 0264 4222074 int. 139, agpoblete@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas- CONICET, Laboratorio Climatológico Sudamericano, San Luis 183, S. Miguel de Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, Tel. 0381 4310570/4310171 int. 420, minettil@arnet.com.ar

³Instituto de Geografía Aplicada, Universidad Nacional de San Juan, silvia.a.escudero@gmail.com

Los cambios en el largo plazo de los ríos cordilleranos podrían incluirse dentro de la problemática del Cambio Climático, el que pueden presentarse como discontinuidades abruptas que resultan perjudiciales pues no advierten su ocurrencia con suficiente antelación, siendo la adaptación y/o mitigación menos viables para las decisiones políticas.

El objetivo de este artículo es realizar un estudio de cambio de régimen en los Andes centrales, mediante un análisis de tendencia y “saltos” al río Maipo, uno de los más representativos de dicha región, dado que cuenta con una adecuada serie temporal para valorar su variabilidad/cambio y encontrar su patrón de funcionamiento a largo plazo e inferir la posible existencia de un cambio en las variables climáticas de sus cuencas. Una vez logrado esto, se intenta identificar las teleconexiones entre dicho patrón y fenómenos asociados a la circulación atmosférica regional y de la cupla océano-atmósfera.

Se aplican los test de Spearman y Kendall para la tendencia y el análisis Change Point para identificar “saltos” abruptos.

Se concluye que el río Maipo tiene una tendencia decreciente significativa y puntos de cambio en 1945 y 1977, coincidentes con los saltos del promedio de anomalías de la SST en el área NIÑO 3+4, la PDO y las anomalías de la temperatura media global en la baja troposfera que registra un calentamiento abrupto en 1976-1977.

Introducción

La variabilidad del clima en los Andes centrales, presenta una tendencia decreciente en los cursos de agua de Cuyo y Chile central, que ha producido una reducción de los derrames medios en el periodo 1951-70 aproximadamente en sus dos terceras partes con respecto a los observados en los primeros treinta años del siglo pasado (Menegazzo de García et. al, 1985; Poblete y Sanchez, 2000; Poblete y Bertol, 2001).

Los cambios en el largo plazo de los ríos como describen las características hidroclimáticas y térmicas de sus cuencas, podrían incluirse dentro de la problemática del cambio climático (CC). De acuerdo a la WMO (1966), un cambio climático es una inconstancia en el promedio de las variables meteorológicas, que incluyen entre ellas a formas de tendencia, saltos y vacilaciones, entre otras, sin especificar la naturaleza del forzante que la genera (natural, antrópica, etc.).

Diversos autores han mostrado en el pasado al CC como tendencias de las dichas variables (IPCC, 2001), y otros como saltos o discontinuidades abruptas (Kalnicky, 1974; Yamamoto, 1987; Vargas et. al, 1995; Minetti y Vargas, 1998 entre otros). Es importante advertir que el grado de impacto que pudieran tener las segundas formas de inconstancia climáticas (saltos) en la sociedad, son de un grado superlativo puesto que no advierten a la misma en forma gradual por lo que la adaptación y/o mitigación se hacen menos viables desde el punto de vista de las decisiones políticas.

Postulando la segunda alternativa, en este trabajo se pretende identificar en la serie temporal extendida del río Maipo la existencia de tendencias y su significación y además posibles puntos de cambio (“climatic jump”, “change point” o “shift point”) o “saltos” como un primer aporte al entendimiento de un probable cambio de régimen climático.

Varios métodos han sido desarrollados para descubrir tendencias y/o cambios de régimen o discontinuidades en una serie de tiempo. Para el primer caso se emplean técnicas estadísticas usuales, como el test de Mann-Kendall, Kendall M.G. (1975), Mann H.B. (1945), y/o Spearman Siegel S. (1956), entre otros.

Una posible solución para encontrar discontinuidades es usar datos secuenciales que sean procesados con las técnicas que se describen más adelante. En el análisis secuencial el número de observaciones no es fijo. Para cada nuevo registro se realiza una prueba para determinar la validez de la hipótesis nula H_0 (en este caso, la existencia de un cambio de régimen). Hay tres posibles resultados de la dócima: se acepta H_0 , se desecha H_0 , o se espera la comprobación.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

En este artículo se emplea el algoritmo para la detección de Puntos de Cambio ("Change Point") propuesta por Taylor, W. (2000a, 2000b) para detectar "saltos" en el derrame anual del río Maipo.

Sin embargo, una de las mayores dificultades que presenta el estudio del cambio climático en los Andes Centrales, es la escasez de series climatológicas e hidrológicas lo suficientemente largas en el período instrumental como para aplicarles test estadísticos de detección de tendencias y saltos en la media. Siendo el río Maipo uno de los más representativos de dicha región y dado que sus derrames fueron reconstruidos hasta 1869 Poblete, A.G, Novoa Jerez, J.E (2010), se lo elige para valuar la variabilidad/cambio en su serie temporal y hacer posible la identificación aludida.

Por otra parte, en un análisis de estabilidad del promedio (medias y medianas consecutivas) propuesto por Fisher, Panofsky and Brier (1968) los ríos de dichas regiones estabilizan su derrame media anual con una serie de longitud de 51 años en el marco de un error del 5% (ver figura N°: 2). Este esclarecedor resultado muestra que para realizar estudios de CC en las series temporales del citado río, deberían incluirse subseries de, por lo menos, esa longitud (51); lo que significa que se requeriría, al menos, 102 años para hacer viable la aplicación de test objetivos para detectar un Cambio Climático propiamente dicho. La serie extendida del río Maipo cuenta con 139 años, por lo que resulta viable un análisis de tendencia y detección de Puntos de Cambio Abrupto (PCA) con el objeto, como se dijo, de describir estadísticamente la estructura del decrecimiento de sus derrames.

Estas elucubraciones avalan el interés y propósito de este trabajo: contribuir a encontrar el patrón de funcionamiento a largo plazo del escurrimiento superficial de dicho río e inferir de aquel la posible existencia de un cambio en las variables climáticas de sus cuencas. Una vez determinada la estructura de la serie temporal del río Maipo se intentara identificar las teleconexiones entre la tendencia y los puntos de cambio encontrados con fenómenos asociados a la circulación atmosférica regional y de la cupla océano-atmósfera.

Datos y métodos: Las mediciones registradas en la localidad de El Manzano de los caudales del río Maipo, con que cuentan los autores, se inician en el período 1948-49 y terminan en 1988-89, y fueron obtenidos del sitio <http://www.seas.ucla.edu/chpr/chile/chile.html>, perteneciente al centro de estudios de Hidroclimatología de los Márgenes del Océano Pacífico (CHPR) de la UCLA. A los que se agregan los aportados por el Ministerio de Obras Públicas de Chile a través de la Dirección General de Aguas desde el año hídrico 1952-53 hasta el 2001-02 y los reconstruidos por Poblete y Novoa Jerez (2010), que extienden la serie hacia atrás hasta el periodo 1869-70.

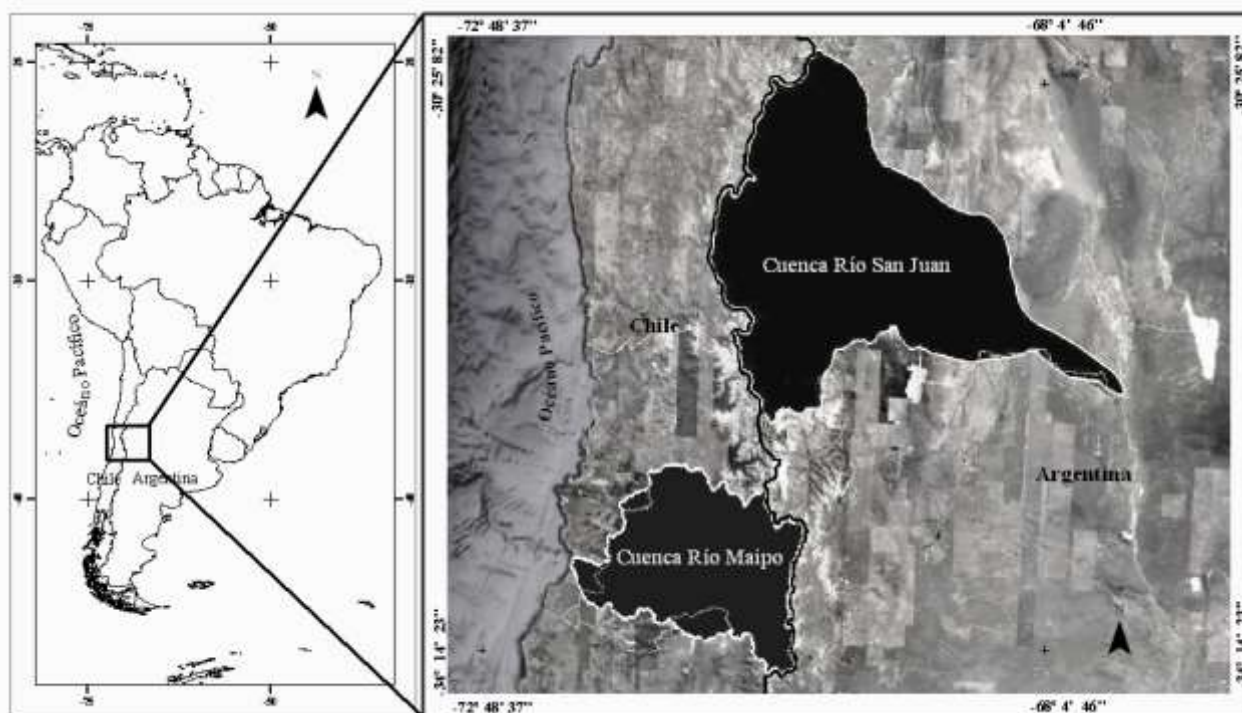


Figura 1: Ubicación de las cuencas de los ríos Maipo-Chile- y San Juan-Argentina-.

La contrastación estadística de la significación de la tendencia se realiza mediante:

1.- **Test de Spearman (r_s)** cuya ecuación es: Spearman, Siegel S. (1956),

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{N^3 - N} \quad (1) \quad r_s \approx N \left(0, \frac{1}{n-1} \right) \quad \text{con: } d_i = \text{la diferencia entre rangos}$$

Se construye el estadístico:
$$t = r_s \sqrt{\frac{N-2}{1-r_s^2}} \quad (2)$$

Se extrae t_T de la tabla “*t*” de Student con $v = N-2$ grados de libertad.

Si $|t| \leq t_T$ no hay tendencia significativa al $\alpha\%$, en los datos.

2.- **Test de Mann-Kendall (MK).**

El estadístico univariado de MK para una serie temporal $\{Z_k, k = 1, 2, \dots, n\}$ de datos se define como:

$$T = \sum_{j < i} \text{sgn}(Z_i - Z_j) \quad (3)$$

Donde

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x > 0 \\ 0, & \text{if } x = 0 \\ -1, & \text{if } x < 0 \end{cases}$$

Si no hay ligaduras (rangos iguales) entre las observaciones y no existe una tendencia en la serie de tiempo, el resultado se distribuye asintóticamente normal con:

$$E(T) = 0 \quad \text{y} \quad \text{Var}(T) = n(n-1)(2n+5)/18. \quad (4)$$

Este test no paramétrico es conveniente para identificar el intervalo en el cual la tendencia es más pronunciada, Kendall M.G. (1975), Mann H.B. (1945).

Una vez conocida la significación de la tendencia, se utiliza el análisis de “puntos de cambio” (Change Point -CP-) que es una herramienta estadística para determinar si han ocurrido “saltos” en una serie temporal. Es capaz de descubrir cambios abruptos sutiles ignorados por el control gráfico. Además caracteriza dichos puntos calculando sus niveles e intervalos de confianza. Al procesar los datos disponibles, un análisis de “change-point” (CP) proporciona una extensa información estadística, caracterizando dichos puntos puesto que le asigna un nivel de significación, controla la proporción del error global, es sensible a los outliers, es más flexible y simple de usar. A continuación se hace un breve repaso de dicha metodología.

Procedimiento para realizar un CP: Los pasos usados por Taylor (2000a) para realizar un análisis interactivo de CP, consisten en una combinación de gráficos de la suma acumulativa (CUSUM) y la aplicación de un “bootstrapping” (o *bootstrap*, es un método de [remuestreo](#) propuesto por [Bradley Efron](#), Efron, B. (1982). Se utiliza para aproximar una distribución en la muestra de un [estadístico](#). Se usa frecuentemente para ajustar el [sesgo](#) o la [varianza](#) del mismo, así como para construir [intervalos de confianza](#) o realizar contrastes de hipótesis sobre parámetros de interés. En la mayor parte de los casos no pueden obtenerse expresiones cerradas para las aproximaciones *bootstrap* y por lo tanto es necesario obtener remuestras mediante un procedimiento informático. La enorme potencia de cálculo de las PC actuales facilita considerablemente la aplicabilidad de este procedimiento que requiere una gran iteratividad).

Para descubrir y valuar los cambios con los citados, se comienza con la construcción de un gráfico CUSUM. Dichos gráficos son construidos calculando y trazando la suma acumulativa basada en lo datos originales.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Sea la serie x_1, x_2, \dots, x_N que representa los N puntos de los datos.

De estos, se calculan las sumas acumulativas: $S_0, S_1, S_2, \dots, S_N$, como sigue:

1. Primero se calcula el promedio

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N} \quad (5)$$

2. La suma acumulativa del cero es $S_0 = 0$.

3. Se computan las restantes sumas acumulativas agregando la diferencia entre el valor actual y el promedio de la suma anterior a él, es decir:

$$S_i = S_{i-1} + (x_i - \bar{X}) \text{ para } i = 1, 2, \dots, N. \quad (6)$$

Las sumas acumulativas no son las de los valores originales, sino las homologas de las diferencias entre los mismos y el promedio. Las diferencias sumadas deben ser cero para que la suma acumulativa correspondiente también sea cero ($S_N = 0$)

Para interpretar un gráfico CUSUM se debe realizar lo siguiente: sea un período de tiempo en que los valores tienden a ser menores al promedio global. En este caso, la mayoría de aquellos que se agreguen harán que la suma acumulativa sea positiva y en aumento constante, luego un segmento del gráfico tendrá una pendiente ascendente lo que indica un período dónde los valores tienden a ser mayores al promedio global. Igualmente un segmento con una pendiente descendente indica un intervalo de tiempo dónde los valores tienden a estar debajo del mismo. Una variación súbita en la dirección del gráfico, indica un cambio brusco en la media. Los períodos dónde el CUSUM sigue un camino relativamente recto señala un lapso dónde el promedio no cambia.

El problema de dichos gráficos, es que requieren considerable habilidad para interpretarlos correctamente ¿Cómo se puede estar seguro que estos cambios tuvieron lugar? Para ello se necesita determinar un nivel de confianza para que el mismo quede claramente identificado, para lo cual se debe realizar un análisis de "bootstrap". Antes de ejecutarlo, se requiere un estimador de la magnitud del cambio. Una opción para lograrlo es la llamada "Sdiff" que se ejecuta correctamente sin tener en cuenta la distribución, a pesar de tener cambios múltiples, y se define como:

$$S_{diff} = S_{max} - S_{min} \quad (5) \quad \text{donde}$$

$$S_{max} = \max_{i=0, \dots, N} (S_i) \quad (5a)$$

$$S_{min} = \min_{i=0, \dots, N} (S_i) \quad (5b)$$

Donde S_{max} es la mayor de todas las sumas acumuladas y S_{min} la menor.

Una vez que se ha seleccionado el estimador de la magnitud del cambio, puede realizarse el análisis bootstrap. Para uno solo, se opera de la siguiente manera:

1.- Se genera una muestra de bootstrap de N unidades $X_1^0, X_2^0, \dots, X_N^0$, resultando N valores al azar. A esto se le llama muestreo sin reemplazamiento.

2.- Basado en la muestra obtenida, se calcula el bootstrap del CUSUM y se lo denota: $S_1^0, S_2^0, \dots, S_N^0$.

3.- Se calcula el máximo, mínimo y diferencia del bootstrap CUSUM llamados, en este caso: $S_{max}^0, S_{min}^0, \dots, S_{diff}^0$

4.- Se determina si la diferencia bootstrap S_{diff}^0 es menor que la original S_{diff}

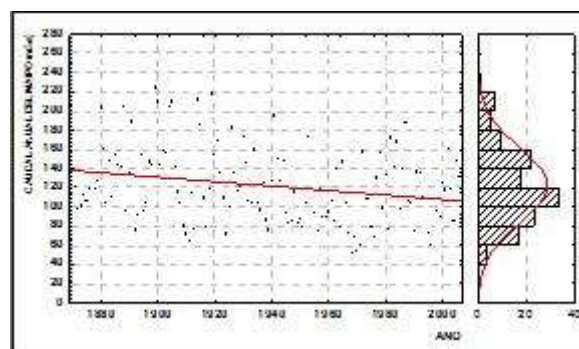
III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

La idea de ejecutar el bootstrap es que las muestras generadas por dicho procedimiento (“sample – bootstrap”) representan el reordenamiento aleatorio de los datos que imitan la conducta del CUSUM si no ha ocurrido ningún cambio. Realizando un gran número de muestras bootstrap, se puede estimar cuántos “Sdiff” habrían si no tuvo lugar ningún cambio. De esta manera, se puede comparar con el valor de Sdiff calculado a partir de los datos en su orden original para determinar si este valor es consistente con que no haya ocurrido ningún cambio, (Taylor, 1980b).

Resultados y discusión: antes de realizar el análisis de cambio de régimen descripto, se calculan los estadísticos de las variables involucradas, como lo muestra el cuadro 1.

Largo de la serie	139	Cuadro 1: Estadísticos de la serie temporal del río Maipo.
Media	122.18	
Desviación Standard	38.8956	
Varianza	1512.8701	
Porcentaje de Varianza explicada	31.83%	
Coefficiente de Sesgo.	0.5778	
Coefficiente de Curtosis	-0.2113	
Valor Máximo	224.5 (Año 1899)	
Valor Mínimo	51.5 (Año 1968)	
1er. Cuartil (25%)	93.8	
Mediana	116.8	
3 rd . Cuartil (75%)	147.1	
Outliers	Ninguno	
Test de Distribución Normal de Kolmogorov-Smirnov	D= 0.090 (p=0.212, O.K.)	
Modelo de Regresión Lineal	$y = 138.4533 - 0.2325 \cdot t$	
Tendencia cada 10 años	SIGNIFICATIVA	
Tests de Aleatoriedad (general)		
1er. Coeficiente de Autocorrelación r1	$r1 = 0.309 < r1(Tg_{95\%}) = 0.132$	
Von Neumann Ratio V	$V = 1.391 > V(Tg_{95\%}) = 1.735$	

Figura 2:
Serie temporal del río Maipo desde 1869-2007 con su tendencia y media móvil de cinco años.



La figura 2 muestra la serie temporal, y su distribución de probabilidad, del río Maipo desde el año 1869 al 2007. Se puede notar que su ajuste es gaussiano y tiene una tendencia decreciente, significativa al 97.5% de acuerdo al test de Spearman cuyo valor es $R_s = -0.226$, y $t = -2.713$ con 137 grados de libertad. Lo que es confirmado con el test de Rank Mann-Kendall cuyo estadístico es $t = -0.153$ significativo al 95% con $u(t) = 0.112$. Este resultado es coherente con lo encontrado por diversos autores, en la mayoría de las variables hidroclimáticas analizadas en los Andes centrales.

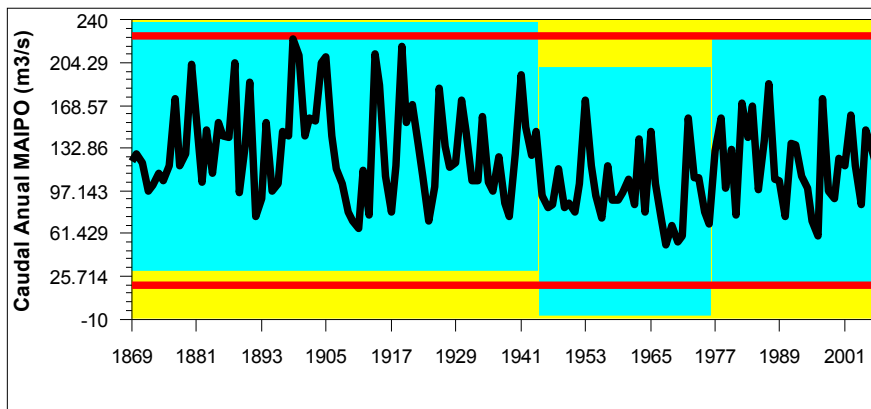


Figura 3:
Análisis de Punto de cambio para la serie temporal de los caudales del río Maipo desde 1869-2007

Column A	Confidence Interval	Conf. Level	From	To	Level
1945	(1928, 1950)	100%	133.51	96.056	1
1977	(1963, 1995)	92%	96.056	121.43	3

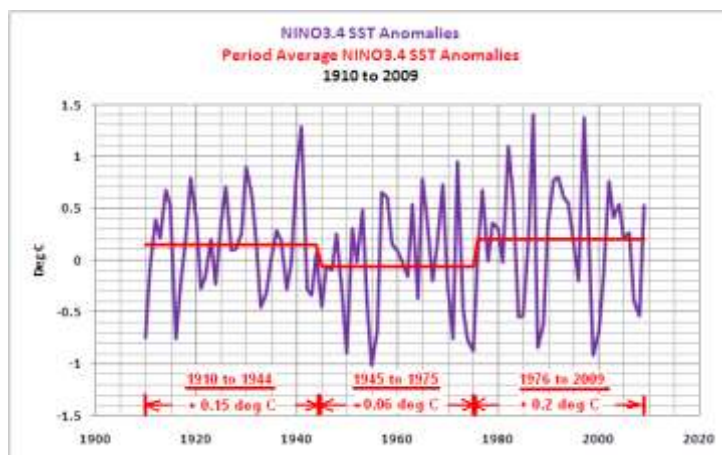
Cuadro 2: Estadísticos de los Puntos de cambio encontrados en la serie temporal del río Maipo.

La figura 3 y cuadro 2 muestran el resultado de la metodología CP descrita. Se puede apreciar que los puntos de cambio detectados ocurren en los años 1945 y 1977.

En 1945 el caudal medio anual del Maipo decreció de 133,51 m³/s a 96,05 m³/s (28%) con un nivel de confianza del 100%, mientras que en 1977 la media se incrementa de 96,05 m³/s a 121,43 m³/s (20%) con un nivel de confianza del 92%. Como se advierte, este valor de la media no alcanza al que tenía en 1945 (hay una diferencia del 8%).

Algunas consideraciones climáticas: Para encuadrar los puntos de cambio encontrados en el contexto climático mundial, se realizan las siguientes consideraciones

Figura 4: Comparación de las anomalías anuales mundiales de las SST promediadas en el área NIÑO 3+4 para los tres periodos analizados. (Fuente: <http://i56.tinypic.com/zxmsg8.jpg>)



En la figura 4 se observa el promedio de anomalías de la SST en el área NIÑO 3+4 durante tres periodos: 1) desde 1910 hasta 1944 las anomalías de las SST respecto de la media de dicho promedio fueron de unos +0,15°C, 2) de 1945 hasta 1975 alrededor de -0,06°C, y 3) entre 1976 a 2009 de aproximadamente +0,2°C. Esto demuestra que los eventos de “El Niño” dominaron en los periodos de 1910 a 1945 y de 1976 a 2009 y que los episodios de “La Niña” prevalecieron desde 1945 hasta 1975. Teniendo en cuenta lo encontrado por Poblete y Sanchez (2000), que los episodios “El Niño” están asociados a caída de nieve y lluvia por encima de lo normal y que la “La Niña” propicia Andes y Chile central secos, lo que muestran la

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

compatibilidad entre los episodios que ocurren en el mar global y los fenómenos hidroclimáticos aquí analizados, (<http://i56.tinypic.com/zxmsg8.jpg>, 2010).

Por otra parte se sabe que el Océano Pacífico cambia considerablemente cada 20 a 30 años, hecho al que se denomina Oscilación Decadal Pacífica (PDO), (Mantua et al, 1997), que produce cambios en la circulación de esa región y teleconexiones en la macroescala. En 1976-1977 la PDO tuvo un fuerte salto climático al que se denominó "Great Pacific Climate Change 1976-1977" ("Gran Cambio del Clima del Pacífico 1976-1977"). Como resultado, las temperaturas ascendieron drásticamente respecto de su promedio anterior que estaba estabilizado desde alrededor de 1946, y restituyó el calor moderado producido en el entorno de 1923 a 1946. Tan agudo fue el cambio que lo más apropiado es buscar una tendencia secular antes y después de 1976-1977, sin embargo es conocido que ese evento natural no es lineal, Bond, N.A. and D.E. Harrison (2000).

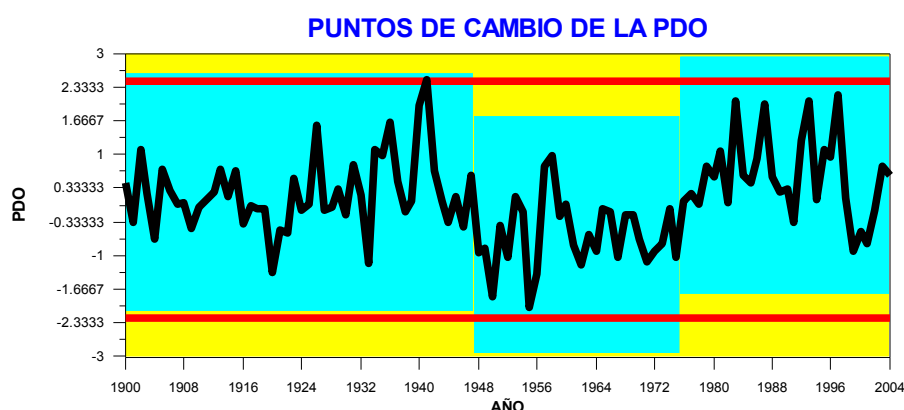


Figura 5-
Puntos de cambio (Change Point) significativos en la PDO

Cuadro 3: Puntos de cambios en la PDO y su significación estadística

AÑO	Confidence Interval	Conf. Level	From	To	Level
1948	(1940, 1955)	100%	0.23639	-0.59238	4 ■
1976	(1972, 1981)	100%	-0.59238	0.56236	1 ■

La figura 5 y el cuadro 3 muestran los resultados del análisis de punto de cambio realizado para la serie temporal de la PDO entre el 1900 y 2004. Se puede notar que son muy cercanos a los correspondientes al río Maipo, lo que confirma la teleconexión descrita para el caso de los dominios "Niño/Niña/Niño", en las SST mundiales.

Por otra parte investigadores de la NASA y registros de la NOAA, muestran que la baja tropósfera (de unos 8 Km), de altitud aproximadamente, a pesar que tiene una tendencia lineal de 0,09 °C por década en todo el período medido, la misma se ve afectada por la presencia del calentamiento abrupto que ocurrió en 1976-1977 (ver figura 6), debido a la acción de la PDO. Ese salto también coincide con uno de los puntos de cambio encontrado en río Maipo.

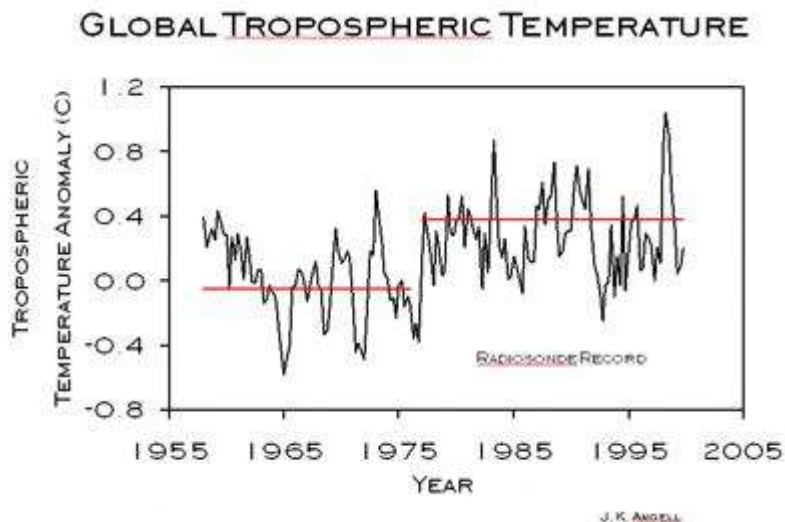
Finalmente según Poblete y Minetti (2009) basándose en otro índice objetivo para la detección de puntos de cambio, muestran que también la temperatura global presenta, entre otros, "saltos" en 1948 y 1977, de lo que resulta significativa la conexión entre la estructura estadística del Calentamiento Global y los cambios abruptos encontrados en el río analizado.

Figura 6-

Anomalía de la temperatura media estacional de una muestra global para la baja troposfera, medida por radiosondas.

Fuente:

<http://bobtisdale.blogspot.com/2009/01/can-el-nino-events-explain-all-of.html>



Se concluye, que la serie temporal del río Maipo tiene una tendencia decreciente, significativa al 97.5% de acuerdo al test de Spearman y al 95% según el de Rank Mann-Kendall.

Con la metodología CP, se detectan puntos de cambio en los años 1945 cuando el caudal medio anual del Maipo pasó de 133,51 m³/s a 96,05 m³/s y 1977, cuando su media se incrementa de 96,05 m³/s a 121,43 m³/s, con un nivel de confianza del 92%. Este último promedio no alcanza al que tenía antes de 1945.

En un análisis de teleconexión se observa que el promedio de anomalías de la SST en el área NIÑO 3+4 para los periodos delimitados por los puntos de cambio del Maipo, los eventos de “El Niño” dominaron en el primero (1910-1945), al igual que en el tercero (1976-2009) mientras que, los eventos “La Niña” prevalecieron en el segundo (1945-1975). Teniendo en cuenta que los episodios “El Niño” están asociados a caída de nieve y lluvia por encima de lo normal en los Andes y Chile central y que la “La Niña” propicia años secos, se encuentra una teleconexión entre los episodios que ocurren en el mar global y los fenómenos hidroclimáticos locales aquí analizados.

En el análisis de puntos de cambio realizado para la serie temporal de la PDO entre el 1900 y 2004 se detectan “saltos” en años muy cercanos a los correspondientes del río Maipo, lo que confirma otra teleconexión además de la descrita para el caso “Niño/Niña/Niño”, en las SST mundiales.

Analizando las anomalías de la temperatura media estacional de una muestra global para la baja troposfera, se puede notar que a pesar de tener una tendencia lineal de unos 0,09 °C por década en todo el período medido, se ve afectada por la presencia del calentamiento abrupto que ocurrió en 1976-1977, posiblemente debido a las tendencias ocurridas antes y después de la Gran Cambio Climático del Pacífico de 1976-1977, este “salto” coincide con el otro punto de cambio encontrado para el río Maipo con lo cual se habría identificado una tercer teleconexión, es decir que el salto abrupto de la temperatura troposferica también estaría asociada al derrame de los ríos cuyas cuencas se encuentran en los Andes centrales de Argentina y Chile.

En otro trabajo, los autores, basándose en un índice objetivo distinto para la detección de puntos de cambio, muestran que también la temperatura global presenta, entre otros, “saltos” en 1948 y 1977, de lo que resulta significativa la conexión entre la estructura estadística del calentamiento y los cambios abruptos encontrados en el río analizado.

Bibliografía

- Bond N.A. and D.E. Harrison (2000): The Pacific Decadal Oscillation, air-sea interaction and central north Pacific winter atmospheric regimes. *Geophys. Res. Lett.*, 27(5), 731-734.
- Efron B. 1982. *The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans*, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics 38. Philadelphia, Pa.: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM).
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001: *Climate Change 2001-Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III. 397 pgs.
- Kalnicky R., 1974: *Climate Change Since 1950*. *Ann. Ass. Am. Geo.* Vol. 64, N° 1.
- Kendall M.G. (1975), *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London
- Mann H.B. (1945), *Nonparametric Tests against Trend*, *Econometrika* 13, 245-259

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- Mantua N. J., S. R. Hare, Y. Zhang, J. M. Wallace, and R. C. Francis, 1997: A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 78, 1069– 1079.
- Menegazzo de García M.I., J.L.Minetti, M.C.Carletto y P.M.Barbieri, 1985: Régimen de variabilidad estacional y aperiódico de los escurrimientos superficiales de Ríos Andinos. *Geofísica* 41, 159-176. Madrid.
- Panofsky H.A. and Brier G.W. 1968: " Some Applications Statistic to Meteorology. University Park.. Pennsylvania.
- Poblete A.G y Minetti, 2009: "Detección de cambio de régimen en el derrame anual del río San Juan vinculados con cambios de larga escala en el clima". J.L.XIII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología (CLIMET XIII). X Congreso Argentino de Meteorología. (CONGREGMET X).
- Poblete A.G, Novoa Jerez, J.E (2010): "Reconstrucción de los Caudales Anuales del Río Maipo (Chile) basada en las Descargas Anuales del Río San Juan (Argentina)". *Revista de Geografía Instituto de Geografía Facultad De Historia, Geografía y Ciencia Política. Pontificia Universidad Católica de Chile*
- Poblete A.G, Novoa Jerez, J.E, 2010: Reconstrucción de los Caudales Anuales del Río Maipo (Chile) basada en las Descargas Anuales del Río San Juan (Argentina).
- Poblete A.G. y G. del V. Sánchez, 2000: Análisis de la posible asociación entre los derrames anuales del Río San Juan y el fenómeno de "El Niño"/"La Niña". *Rev. de Geografía Año 3, N°4, Inst.Geo.Apl.-UNSJ.*
- Poblete A.G. y E.F. Bertol, 2001: Variabilidad interanual del Río San Juan. *Rev. de Geografía Año IV, N°5, 52-58. Inst. Geo.Apl.-UNSJ.*
- Siegel S. (1956), *Nonparametric Statistics*. New York: Mc Graw- Hill Book Company, Inc.
- Taylor Wayne (2000a), *Change-Point Analyzer 2.0* shareware program, Taylor Enterprises, Libertyville, Illinois. Web: <http://www.variation.com/cpa>.
- Taylor Wayne (2000b), "A Pattern Test for Distinguishing Between Autoregressive and Mean-Shift Data," submitted to *Journal of Quality Technologie*.
- Vargas W.M., J.L.Minetti and A.G.Poble, 1995: Statistical study of climate jumps in the regional zonal circulation over South America. *J.Met.Soc. of Japan* 73, 849-856.
- WMO. World Meteorological Organization, 1966: *Climate Change*. Technical Note N° 79. Geneve.
- Yamamoto, R.T., 1987: *Climatic Jumps. Evidence and Possibility*. Workshop on Climate Change and Water Resources. Beijing. China.

**RASGOS GEOMORFOLOGICOS GENERADOS DURANTE EL HIPSITERMAL (HOLOCENO MEDIO)
Y SU RELACION CON LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS**

Aguilera EY^{1,2}, Rabassa J^{3,4}

¹ **Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), Calles 122 y 60, La Plata, Bs.As.**
eaquilera@fcnym.unlp.edu.ar

² **DAIS (Dirección de Aplicación de Imágenes Satelitarias), Calle 7 N° 1267-2°, La Plata, Bs As.**

³ **CADIC-CONICET, Bernardo Houssay 200, 9410 Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina**

⁴ **Universidad Nacional de la Patagonia-San Juan Bosco, Sede Ushuaia**

Los intensos cambios climáticos ocurridos durante el Pleistoceno-Holoceno con condiciones cálidas y húmedas reflejados en el régimen hídrico tienen incidencia en la morfología del paisaje. En la presente contribución se analizan estos cambios climáticos impresos en geoformas (formas de relieve) vinculadas al desarrollo de paleolagos en la región ubicada al este de la Cordillera Andina y geoformas generadas en función de la evolución de la hidrología superficial de la llanura bonaerense. La metodología aplicada a estos estudios consistió en el reconocimiento de campo para su encuadre geomorfológico, mediante la aplicación de imágenes satelitarias y análisis topográficos.

Los resultados a partir del reconocimiento de estos rasgos geomórficos relícticos que han quedado impresos en el relieve actual permiten reconstruir la paleogeomorfología de estas regiones y su relación con las condiciones climáticas del pasado geológico distintas a las actuales.

Introducción

El periodo Hipsitermal, también denominado "Óptimo Climático" por algunos autores, se extiende aproximadamente entre los 8000 y 4500 años radiocarbono antes del presente (AP). Este período se caracterizó por condiciones climáticas extremadamente cálidas y húmedas, puestas de manifiesto en numerosas investigaciones geológicas, geomorfológicas y paleobiológicas.

Dichas condiciones climáticas determinaron el desarrollo de condiciones ambientales que no se habían producido, probablemente por más de 75.000 años, desde el fin del último Interglacial (Interglacial Sangamon o Pascua, Estadío Isotópico 5), cuando comenzó la Última Glaciación (Glaciación Wisconsin temprano o Llanquihue 1).

El calentamiento climático también afectó a la Patagonia en el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano, afectando al sector patagónico central durante la transición Pleistoceno/Holoceno. (del Valle et al. 2007). Esta anomalía climática produjo cambios en la morfología del paisaje, incluyendo la génesis, desarrollo y desintegración de grandes lagos al este de la Cordillera Andina.

Los glaciares y sus morenas constituían barreras naturales que contenían las aguas de deshielo y mantenían alto el nivel de las aguas en grandes paleolagos. El cambio de las condiciones, manifestado por el calentamiento climático ocasionó la progresiva fusión del campo de hielo regional, con la consecuente incisión fluvial de los depósitos morénicos.

Recientemente se han identificado asociaciones de ostrácodos en secuencias antiguas de los afloramientos de líneas de costa de la Laguna Carri Laufquen que serían indicadores de un lago salino y turbio durante el Pleistoceno tardío-Holoceno temprano el cual se correspondería con un incremento de las precipitaciones (Cusminsky et al, 2011).

Las condiciones climáticas más cálidas y húmedas, han sido evidenciadas también por un nivel del mar más alto que el actual que tiene su máxima expresión en 7-6.5 ka (Fidalgo, 1979, Isla et al. 1990) y constituye una probable representación local del hipsitermal. Estas condiciones dieron lugar al desarrollo de ambientes con mayor cobertura vegetal (Paez y Prieto, 1993), provocando la retracción de especies adaptadas a condiciones previas de aridez. La región de la Pampa Deprimida se caracteriza por ser una llanura de acumulación limosa predominantemente eólica con suelos desarrollados sobre la cubierta cuaternaria del Pleistoceno superior y Holoceno. El óptimo climático del Holoceno está representado en la región Pampeana por los sedimentos marinos de la Formación Las Escobas (Tonni et al., 1999). La parte superior de la cubierta sedimentaria ha sufrido procesos deflacionarios durante los períodos secos que formaron depresiones cerradas que hoy constituyen lagunas (Frenguelli, 1950; Fidalgo, 1973). Tricart (1973) considera que, en general, se originaron por deflación.

El origen de estas depresiones es diverso y varios los procesos involucrados, además de la superposición de dos o más acciones geomorfológicas. No obstante Dangavs, 1998 sostiene que el proceso dominante es deflacionario, y con menor frecuencia, la génesis está ligada a cauces fluviales preexistentes. Señala que

esta morfología, que controla los procesos hidrológicos, es heredada de un clima diferente al actual, donde ha dominado un ambiente desértico. Estos cambios hidrológicos fueron seguramente acompañados con cambios ecológicos de magnitud, en particular en lo que hace a la vegetación de las áreas inundables y el desarrollo de los suelos asociados.

Para el sector de lagunas interconectadas Malagnino (1988) señala que este aspecto indicaría una herencia previa fluvial (morfológica y sedimentológica) condicionante del desarrollo de cuencas de deflación que se habrían formado directamente en el lecho del río Salado, bajo condiciones de sequía en un periodo de extrema aridez, por lo que el río se habría originado previamente a las cuencas de deflación y en su desarrollo habría experimentado severas variaciones en su caudal.

Selección de áreas de estudio

En este trabajo se analiza un sistema lacustre considerado relevante en la evolución paleoclimática de la Patagonia y un sector de la region pampeana con características geomórficas desarrolladas entre el Pleistoceno tardío y el Holoceno medio. Se han considerado sectores de dos ambientes geomorfológicos distintos: Patagonia extrandina y llanura pampeana. Cuyas ubicaciones geográficas se muestran en la Fig.1.

- Para la región Patagónica la Laguna Carri Laufquen Grande, localizada en la provincia de Río Negro, República Argentina, entre los 69°37' - 69°13' longitud oeste y 40°59' - 41°14' latitud sur
- Para la llanura Pampeana (llanura bonaerense), sector del Río Salado (partidos de Pila y Chascomús) se ubica entre las coordenadas: (35° 30'S - 58° 08'O// 35° 30'S - 57° 52'O y 36° 03'S - 58° 15'O//36° 02'S - 57° 50'O)

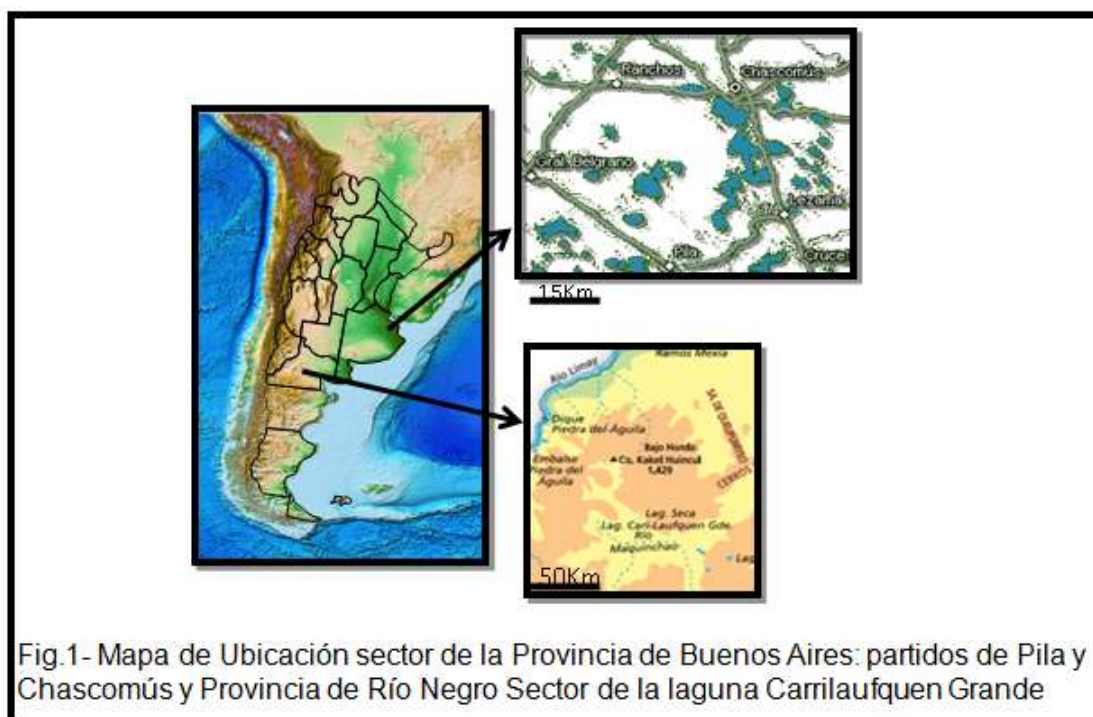


Fig.1- Mapa de Ubicación sector de la Provincia de Buenos Aires: partidos de Pila y Chascomús y Provincia de Río Negro Sector de la laguna Carrilauquen Grande

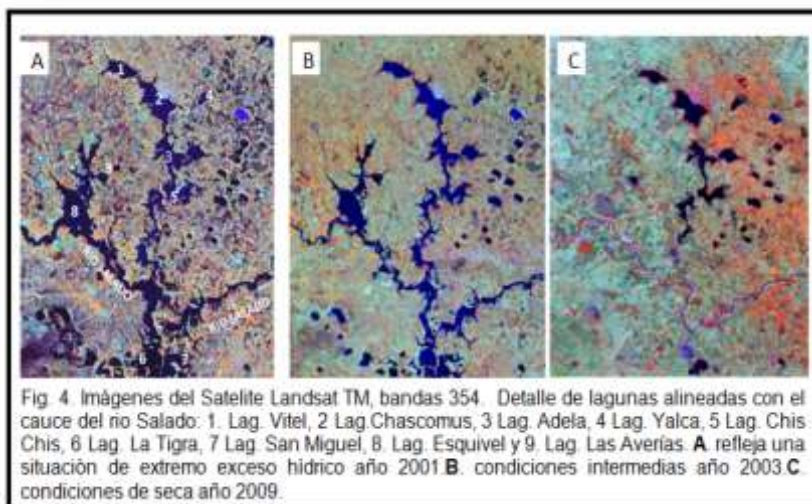
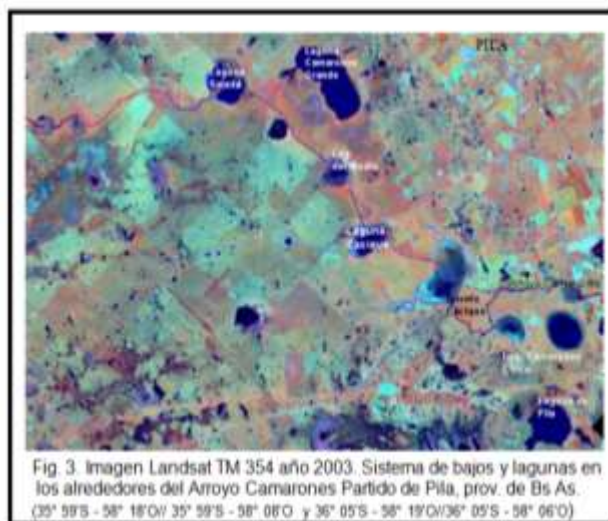
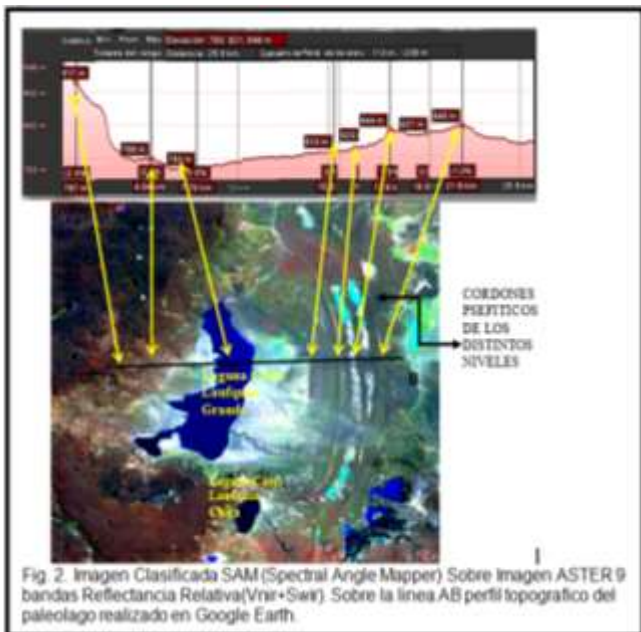
Objetivos y metodología

Objetivos: analizar rasgos geomórficos relictos relacionados con sistemas lacustres de la Patagonia y con el sistema fluvial de la llanura bonaerense, a efectos de reconocer características locales y regionales que registraron aquellas anomalías climáticas. Se intenta reconocer modificaciones del paisaje por mecanismos que han actuado a partir del Pleistoceno. Estos eventos se hallan estrechamente vinculados con profundos cambios climáticos que afectaron el régimen hídrico, incorporando además otros procesos geomórficos como eólico y litoral.

La metodología implementada consistió en :

- ✓ Análisis de imágenes satelitales
- ✓ Determinación de áreas para observaciones de campo.
- ✓ Análisis topográfico de las áreas escogidas.

- ✓ Estimación crecimiento/decrecimiento de lagos/ lagunas.
- ✓ Verificación de campo, identificación de sedimentos palustres y lacustres, presencia de paleosuelos, en zonas actualmente no inundadas.



Resultados

Del análisis de los rasgos geomorfológicos de la laguna CarriLaufquen Grande, cuyo nivel actual es de 783 m.s.n.m., hacia el sector oriental se observan paleoniveles que indican los alcances sucesivos del cuerpo de agua. El primer nivel, el mas oriental, se ubica a una altura de 847 m s.n. m., con una cota de 64 m sobre el nivel actual de la laguna, en el sector norte se reconocen restos de 2 cordones psefíticos que alojan lagunas temporarias. El segundo nivel alcanza una altura de 843 m.s.n.m, con una cota de 60 m sobre el nivel actual, este nivel se ubica a 7 km del primer nivel. Este segundo nivel esta constituido por varios cordones psefíticos que se destacan a modo de resaltos en este nivel. El tercer nivel acusa una altura de 820 m.s.n.m., con una cota de 37 m respecto del nivel actual, este nivel se ubica a 2,6 km del anterior. Se destaca la cobertura de sedimentos aluviales recientes sobre los depositos de los cordones psefíticos que en este nivel son portadores de carbonatos y estromatolitos (Coira,1979).

Llanura bonaerense:

Estos rasgos geomórficos relicticos son menos evidentes que en el caso anteriormente descrito. En este sentido se incluyen aqui una serie de geformas que adquieren expresión en los casos de extremas condi-

ciones de humedad (inundación), los cuales son reconocidos por imágenes satelitarias con una combinación de bandas espectrales 354; donde la Banda 3: (0,63 a 0,69 micrones – rojo, espectro visible) por absorción de clorofila y permite identificar la cubierta vegetal, ya que se trata de un área cultivada. Mientras que la Banda 4: (0,76 a 0,90 micrones) del infrarrojo cercano, permite la delimitación de cuerpos de agua y la Banda 5: (1,55 a 1,75 micrones - infrarrojo medio) es indicadora de la humedad de la vegetación y del suelo.

En la mayoría de los casos estas geformas no se observan en su totalidad, sino que deben reconstruirse a partir de observaciones multitemporales, como se destaca en las siguientes subescenas satelitarias. En la secuencia de imágenes de la Fig. 4, se observa el evidente cambio temporal que han sufrido los cuerpos de agua que forman las lagunas próximas al río Salado. En la imagen correspondiente al año 2009, estos cuerpos de agua, experimentan una notable retracción y aún condiciones de desecamiento. En situación de máxima humedad pueden identificarse numerosas cuencas lagunares, el río Salado muestra sectores muy ensanchados y se observa que su cauce es modificado por interacción con una serie de lagunas interconectadas dentro de las cuales se han desarrollado deltas, en ocasiones albardones y otras formas. Por otro lado estas lagunas tienen una orientación alargada acompañando la dirección del cauce del río Salado, además de ampliar su valle. Algunas de ellas son de régimen permante y otras de régimen temporario (Fig.3).

Conclusiones

Laguna Carri Laufquen Grande

El análisis geomorfológico revela la presencia de rasgos paleogeomorfológicos como las líneas de costa ubicadas a diferentes alturas sobre el nivel de los lagos actuales. Los mismos sugieren la existencia de paleolagos con una extensión areal mucho mayores que los actuales observados en Laguna Carri Laufquen Grande, similares observaciones se realizaron para el Lago Colhue Huapi y Laguna de Agnia (Chubut).

La presencia de carbonatos y estromatolitos algales, en el nivel III (línea de costa) de la Laguna Carri Laufquen sugiere que su edad podría coincidir con el Óptimo Calórico Postglacial (Vokheimer, 1973).

Los diferentes niveles identificados marcarían estadios de desecación condicionados por factores climáticos. El reconocimiento y disposición espacial de estos niveles representan a antiguos cordones litorales indicadores de su evolución ante los mencionados cambios climáticos. (Gonzalez Bonorino et al., 1973).

La génesis y evolución de los paleolagos esta relacionada con la progresiva fusión del campo de hielo regional y la incisión fluvial de las morenas, a consecuencia del calentamiento climático. El rápido retroceso de los glaciares produjo el desalojo de los valles andinos a ambos lados de la cordillera, lo cual abrió cauces fluviales transversales a la cordillera y direccionó el drenaje hacia el océano Pacífico de los grandes lagos glaciales que existían al este de los Andes. Como consecuencia de ello se produjo un marcado descenso del nivel de los paleolagos (del Valle et al. 2007).

Llanura bonaerense:

Estas condiciones paleoambientales se caracterizaron por el desarrollo de profundos cambios en la hidrología superficial de las llanuras bonaerenses, con el crecimiento desmedido de las lagunas y áreas inundadas, en las depresiones existentes en la planicie de loess o en las llanuras aluviales, generadas en parte por la deflación eólica durante la Última Glaciación, finalizada hace 10000 años radiocarbono AP.

El crecimiento de las lagunas y áreas inundables se produjo por la incapacidad del paisaje para disponer del exceso hídrico, lo cual se tradujo en el mantenimiento de ambientes subácueos de gran extensión a lo largo de muchos miles de años, hecho éste evidenciado por los sedimentos lacustres y palustres acumulados en las depresiones, y por el desarrollo de paleosuelos correspondientes a esas condiciones de alta humedad, como ha sido demostrado por numerosos autores. En esta misma región, además del suelo actual, fueron reconocidos tres eventos pedogenéticos fechados entre 10-7, 6.5-4 (Geosol Puesto Callejón Viejo) y 3-2 ka AP (Geosol Puesto Berrondo) (Tonni et al., 2001).

Entre los factores causales de la incapacidad del paisaje para disponer del exceso hídrico y evacuarlo en forma encauzada y efectiva se mencionan capturas, desvios y sepultamientos, todos ellos, fenómenos relacionados con los intensos cambios climáticos ocurridos durante el Pleistoceno-Holoceno, reflejados en la variación del caudal de los ríos emisarios de centros glaciares y alternancia de periodos áridos y húmedos.

El análisis de rasgos geomórficos relacionados sistemas lacustres de la Patagonia y con el sistema fluvial de la llanura bonaerense, permite reconocer características locales y regionales que registran estas anomalías climáticas. Las mismas se traducen en modificaciones del paisaje por mecanismos que han actuado a partir del Pleistoceno. Estos eventos se hallan estrechamente vinculados con profundos cambios climáticos que afectaron el régimen hídrico, incorporando además otros procesos geomórficos como el eólico y litoral.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Los resultados a partir del reconocimiento de estos rasgos geomórficos relícticos que han quedado impresos en el relieve actual permiten reconstruir la paleogeomorfología de estas regiones y su relación con las condiciones climáticas del pasado geológico.

BIBLIOGRAFIA

- Coira, B., 1979. Descripción Geológica de la Hoja 40d, Ingeniero Jacobacci, Provincia del Río Negro. Servicio Geológico Nacional. Bol. 168. Buenos Aires
- Cusminsky, G., Schwalb, A., Pérez A., Pineda D.A., Viehberg, F., Whatley, R., Markgraf, V., Gilli, A., Ariztegui D., and Anselmetti, F.S., 2011. Late quaternary environmental changes in Patagonia as inferred from lacustrine fossil and extant ostracods. *B Journal of the Linnean Society*, 103, 397–408.
- Dangavs N. 1998. Los ambientes lénticos de la Pampasia Bonaerense, República Argentina. En: Fernandez Cirelli, A. (Ed.) *Agua: Problemática Regional*, 145-150, BsAs.
- Dangavs N. 2005: Los ambientes acuáticos de la provincia de Buenos Aires. *Actas del XVI Congr.o Geol. Arg., Geol. y Rec. Miner.s de la provincia de Buenos Aires*, 219-235.
- Del Valle, A.R. Tatur, A. y Rinaldi, C.A.-2007. Cambios en lagos y circulación fluvial vinculados al calentamiento climático del pleistoceno tardío-holoceno temprano en patagonia e isla 25 de mayo, islas shetland del sur, antártida. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (4): 618- 626.
- Frenguelli, J.,- 1950. Rasgos generales de la morfología y geología de la Provincia de Buenos Aires. *LEMIT Serie II, N° 33: 72 pp.* La Plata.
- Fidalgo, F., 1979. Upper Pleistocene-Recent marine deposit in the Northeastern Buenos Aires Province (Argentina). *Proceedings of the International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary: 384-404*, San Pablo.
- Fidalgo, F., 1983. Algunas características de los sedimentos superficiales en la cuenca del salado y en la pampa ondulada. *Coloquio Internacional sobre Hidrología de Grandes Llanuras, Actas II: 1045-1057*
- Gonzalez Bonorino, F. y Rabassa, J. -1973 La Laguna Carri Laufquen Grande y el origen de los bajos patagónicos. *Comentario. Revista de la Asociación Geológica Argentina XXVIII(3): 314-318*
- Isla, F., Fasano, J., Ferrero, L., Espinosa, M.A. y Schnack E., 1990. Late Quaternary Marine-Estuarine Sequences of the Southeastern Coast of Buenos Aires Prov., *Arg. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 4 (8): 137-157 Rotterdam.
- Malagnino, E.-1988: Evolución del sistema fluvial de la provincia de Buenos Aires desde el Pleistoceno hasta la actualidad. *Actas de las Segundas Jornadas Geológicas Bonaerenses, UNS*, pp. 201-211.
- Paez, M.M. y Prieto, A.R.-1993. Paleoenvironmental Reconstruction by pollen Analysis from Loess Sequences of the Southeast of Buenos Aires (Argentina). *Quaternary International* 17: 21-26. Londres.
- Tonni, E.P., Cione A.L. y Figini, A.J.. 1999. Predominance of arid climates indicated by mammals in the pampas of Argentina during the Late Pleistocene and Holocene. *Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeocology*, 147: 257-281.
- Tonni, E.P., Cione A.L. y Figini, A.J.. 2001. Chronology of Holocene pedogenetic events in the Pampean Area of Argentina. *Current Research in the Pleistocene*, 18: 124-127.
- Tricart, J.-1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. *INTA XII. Colección Científica* 1-202. Buenos Aires.
- Vokheimer, W. 1973. Observaciones geológicas en el área de Ingeniero Jacobacci y adyacencias (Provincia de Río Negro). *Rev. Asoc. Geol. Arg.-. XXVII, 4, 410-412.*

RESPUESTA HIDROGEOMORFOLÓGICA AL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR EN LA BAHÍA DE SAMBOROMBÓN (ARGENTINA)

Braga F¹, Carol EI², Kruse E^{2 (*)}, Pousa J², Rizzetto F¹, Teatini P¹, Tosi L¹

¹ Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Arsenale Tesa 104, Castello 2737/F, 30122 Venezia. Italia

² Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de La Plata
Calle 64 n° 3. La Plata. Buenos Aires. Argentina. Teléfono 54-221-4249049
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.
kruse@fcnym.unlp.edu.ar

El objetivo de este trabajo es plantear el significado del aumento del nivel del mar en los cambios hidrogeomorfológicos en la Bahía de Samborombón. A partir de información geológica, geomorfológica e hidrológica básica se realizó un análisis morfológico de la planicie costera de la bahía a través de la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas obtenidas entre 1972 y 2010. El modelo de elevación digital (DEM) se obtuvo de datos de SRTM (USGS/NAS). El análisis de las condiciones actuales y la evolución reciente han mostrado significativos cambios geomorfológicos (áreas de inundaciones, erosión, deposición de sedimentos) que indican la alta sensibilidad de la región frente a modificaciones en las condiciones hidrológicas. La simulación del ascenso del nivel del mar afecta seriamente las marismas y la llanura de marea, reconociéndose los efectos hacia el interior hasta alrededor de 30 km. A su vez tendrá efectos directos sobre la posición de las aguas subterráneas, con especial referencia a la capa freática. En estas condiciones la franja costera permanecerá cubierta por el agua. Hacia el interior se anegarán en forma permanente los sectores bajos, mientras que gran parte del área restante presentará un alto riesgo de inundación

Palabras clave: geomorfología, ascenso del nivel del mar, hidrogeología, Bahía de Samborombón (Argentina)

Introducción

La configuración hidrogeomorfológica y ecológica de las zonas costeras es el resultado de la interacción entre procesos marinos y continentales. La elevación del nivel del mar, tal como ha sido pronosticado por muchos estudios, es uno de los problemas más relevantes que ponen en peligro a las costas.

En las zonas costeras se desarrollan gran parte de los asentamientos urbanos y de las actividades industriales y además presentan un constante crecimiento de la presión humana sobre el ambiente. El aumento de la población mundial y la pérdida de tierras para las actividades económicas obligarán a identificar en el futuro nuevos recursos de tierra y agua, entre los cuales se encuentran pantanos, humedales, llanuras de mareas y estuarios.

Los cambios climáticos y el estrés inducido por las actividades del hombre tales como la contaminación, las obras de ingeniería, obras para el control de inundaciones, canalizaciones, deforestación, urbanización, agricultura y explotación de agua dulce con frecuencia causan degradación y deterioran el hábitat de las zonas costeras.

Se plantea como objetivo del presente estudio entender cómo el aumento del nivel del mar y las intervenciones humanas desencadenan cambios hidrogeomorfológicos en la Bahía de Samborombón. (Fig. 1).

El estuario del Río de la Plata puede considerarse como un área susceptible a cambios ambientales globales, dado que en él se produce la descarga de las aguas de la cuenca más grande de América del Sur (Paraná – del Plata). El sector meridional del Río de la Plata es una región donde la presión sobre la tierra para la producción de alimentos, el desarrollo urbano e industrial puede ser afectada por la influencia del cambio climático en el ciclo hidrológico.

La Bahía de Samborombón se extiende a lo largo de 180 km de costa en el estuario exterior del Río de la Plata. Las fluctuaciones del nivel del mar ocurridas durante el Holoceno y la interacción entre la descarga sedimentaria del Río de la Plata y el transporte litoral originaron una extensa planicie costera (Violante et al. 2001), que actualmente conforma el humedal de la Bahía de Samborombón.

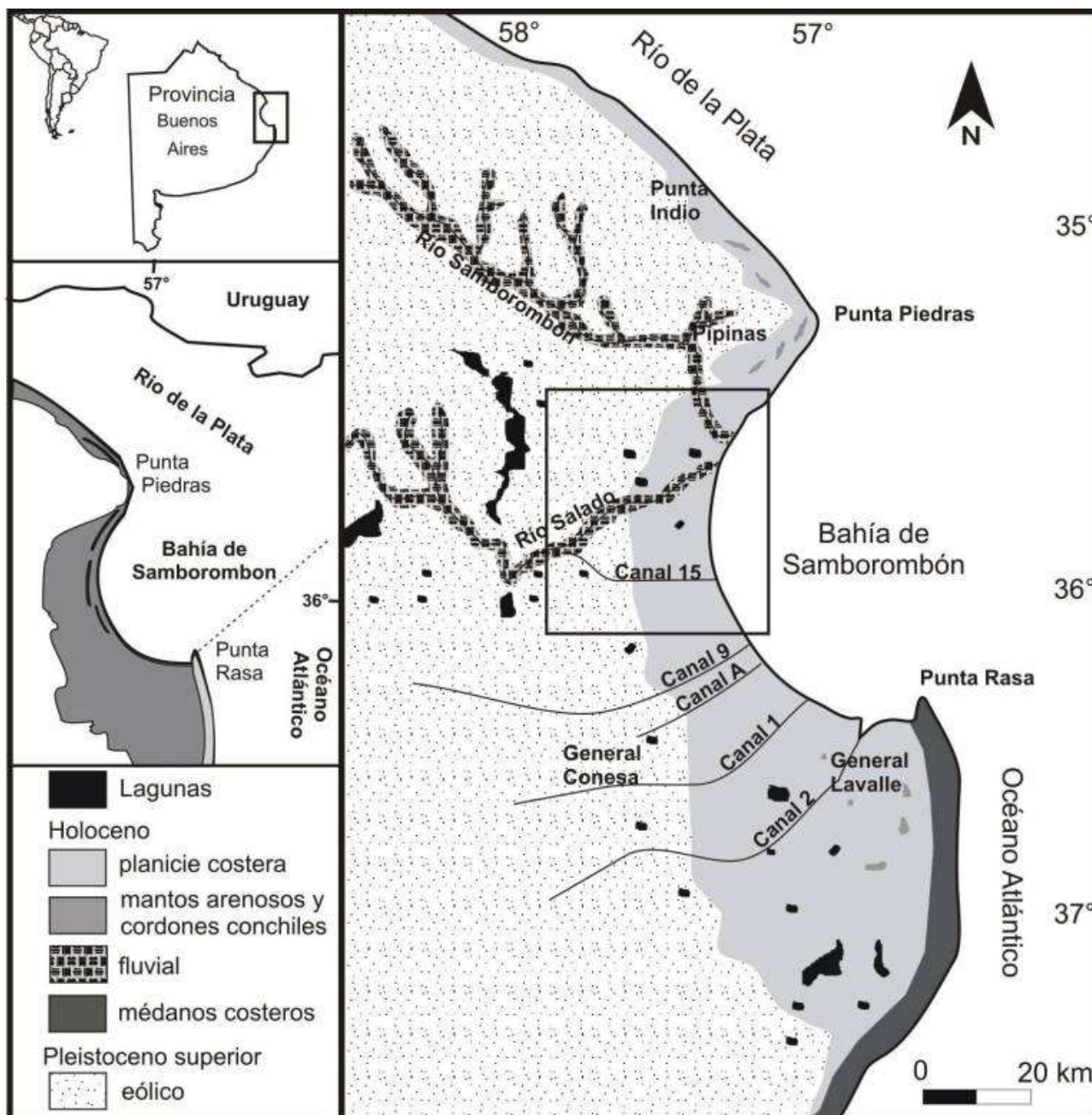


Figura 1: Ubicación y mapa geológico de la Bahía de Samborombón. En la parte central de la figura el recuadro indica el área de estudio de detalle.

Dentro de esta planicie, en el sector central y N del humedal, se reconocen en superficie sedimentos asociados a depósitos fluviales y de cordones conchiles, depositados sobre una antigua planicie costera. Hacia el sector sur, la planicie costera se ensancha, desaparecen progresivamente los depósitos de cordones conchiles y afloran en forma aislada pequeños mantos arenosos (Parker 1979). La base estratigráfica de estos depósitos es una formación pleistocena formada por sedimentos lóessicos.

Estas planicies costeras se caracterizan por su alto valor para la protección de la biodiversidad ya que se trata de una reserva natural Ramsar y por representar áreas favorables para el desarrollo ganadero. Esta región puede verse fuertemente afectada por los períodos de inundaciones, siendo la disponibilidad y calidad del agua dulce (Pousa et al, 2007) uno de los temas más críticos en relación al ambiente y a la sostenibilidad de los recursos naturales.

Materiales y métodos

Se utilizó información geológica, geomorfológica e hidrológica básica de estudios previos en el área de estudio (Carol et al 2009, 2010). En estos trabajos se incluyen los datos de mediciones de niveles freáticos y de agua superficial de una red de monitoreo instalada en los distintos ambientes hidrológicos de la Bahía de Samborombón.

Se realizó un análisis morfológico de la planicie costera en el sector central de la bahía (Fig. 1) a través de la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas, cuyas fechas de tomas van desde 1972 hasta 2010.

Se analizó la evolución morfológica de un sector de la bahía (Fig. 1). Para ello se utilizaron imágenes satelitales (Landsat MSS, Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM (Path 84 – Row 224) con resoluciones entre 15 y 57 m las cuales fueron adquiridas del U.S. Geological Survey's Earth Resources Observation and Science (EROS) Center (Tabla 1).

Todas las bandas de Landsat fueron utilizadas para el análisis, excepto la banda térmica, que será de utilidad en futuras investigaciones. Las imágenes fueron corregidas con los valores de ganancias y pérdidas en un archivo de metadatos y además corregidas geométricamente mediante el software de procesamiento de imágenes ITT Visualization System's ENVI. Se efectuó la composición de bandas RGB para la interpretación visual de la evolución morfológica regional.

El análisis de detección de los cambios de las zonas afectadas por las inundaciones en la zona continental en septiembre de 2001 se basó en la Spectral Angle Mapper Classification and Change.

Fecha de adquisición Landsat (dd.mm.yy)	Sensor	Resolución espacial (m)	Nº de Bandas
19.11.75	Landsat 2 MSS	57/80	4
24.05.87	Landsat 5 TM	30	7
07.06.01	Landsat 7 ETM+	15/30	8
11.09.01	Landsat 7 ETM+	15/30	8
25.09.09	Landsat 5 TM	30	7

Tabla 1 - Lista de las imágenes utilizadas para el análisis de la evolución morfológica.

El modelo de elevación digital (DEM) de la zona de estudio se obtuvo a partir de datos de SRTM (USGS/NAS.). En particular se utilizaron datos SRTM versión 4 (Reuter et al 2007; Jarvis et al, 2008). Los datos fueron calibrados localmente por comparación con puntos de referencia de los mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional.

Condiciones actuales y evolución reciente del área de estudio

El río Salado (Fig. 1) es el principal curso superficial que descarga en la bahía. Este río drena los excesos hídricos de una amplia zona deprimida caracterizada por un clima templado húmedo (precipitación media anual de 965 mm). La baja pendiente de esta zona (10^{-4}) dificulta su drenaje natural, razón por la cual el Río Salado se encuentra canalizado en varios tramos siendo los principales el Canal Río Salado y el Canal 15.

En relación a la red hidrográfica, la planicie costera ha mostrado significativos cambios geomorfológicos en los últimos 45 años (Fig. 2 y 3). La construcción del canal aliviador del Río Salado en su tramo inferior resulta la modificación más evidente. Este canal artificial, que se extiende en dirección oeste – este, desde Rincón Grande a la Bahía de Samborombón, redujo la longitud del curso inferior del río hasta la desembocadura, y además favoreció y aceleró la descarga de agua y sedimentos fluviales hacia la bahía. Durante los períodos húmedos se observa un aumento en el ancho del canal y la formación de nuevas superficies cubiertas por agua (generalmente en las zonas bajas). En los períodos con escasas precipitaciones es frecuente que los cauces aparezcan secos. (Fig. 2 y 3)

Otros importantes cambios morfológicos tuvieron lugar a lo largo de la costa, y en particular al sur de la antigua desembocadura de Río Salado, donde se observa un desplazamiento de la costa hacia el este. Este avance aumentó en dirección norte-sur a aproximadamente 200 m de la antigua desembocadura de Río Salado y a unos 800 m de la desembocadura del nuevo canal. Por el contrario, al norte de la desembocadura del río Samborombón la costa permaneció relativamente estable desde 1965, tal como se demuestra a

partir de la comparación entre las imágenes satelitales y el mapa topográfico del Instituto Geográfico Nacional (Fig. 2 y 3)



Figura 2. Evolución regional del area de estudio según imágenes satelitales: a) 19.11.1975; b) 24.05.1987; c) 07.06.2001; d) 25.09.2009



Figura 3. Detalles en imágenes satelitales a) 24.05.1987; b) 25.09.2009

Evolución prevista del área costera

Como fue descrito anteriormente, el área de estudio está caracterizada por representar un paisaje de llanura con zonas bajas, en el cual las acciones combinadas de los vientos y las mareas inducen a sobreelevaciones de los niveles de agua que han alcanzado hasta 4,5 msnm (D'Onofrio et al, 2002, Bischoff, 2005).

Se pronostica que durante el siglo XXI, el nivel global promedio del mar presente un aumento más acelerado que en el siglo XX, incluso una conclusión común para todos los modelos de circulación general del acople atmósfera-océano es que el cambio del nivel del mar no es uniforme (IPCC 2007). Nicholls y Cazenave (2010) analizan la evolución del nivel medio global del mar en base a datos observados hasta 2009 y a su proyección hasta 2100 en que se produciría un ascenso en el entorno de 1 m con respecto a la posición actual.

El aumento del nivel del mar produce altos impactos en los ambientes costeros y en la población. Se produce una pérdida de las tierras bajas costeras y un aumento en los daños causados por las inundaciones en las zonas urbanas y las infraestructuras, lo cual se refleja en importantes perjuicios económicos en distintas regiones del mundo. Además de la inundación de las zonas costeras, el aumento del nivel del mar aumenta la vulnerabilidad de estas regiones a las inundaciones causadas por ondas de tormenta, tsunamis y mareas astronómicas extremas.

El estuario del Río de la Plata tiene un régimen micromareal en donde el agua salina proveniente del mar penetra en forma de cuña por debajo del agua dulce del río (Acha et al 2008). La escasa cota del área de planicie (entre 0 y 5 msnm) permite que la onda de marea también se propague hacia el continente inundando la zona de marisma e ingresando a través de los cursos superficiales.

Tal como se indicó el modelo de elevación de terreno de la zona de la Bahía de Samborombón ha sido obtenido de datos SRTM y ajustado con puntos topográficos (Fig. 4a). De acuerdo al DEM la franja costera está formada por la planicie de marea (entre 0 -1 m.s.n.m) y marismas con una elevación que generalmente es menor a 2 m.s.n.m.

La simulación de los cambios de elevación de terreno realizadas considerando 1 m de SLR se muestra en la Fig. 4b. La pérdida de elevación afecta seriamente las marismas y la llanura de marea, reconociéndose los efectos hacia el interior hasta alrededor de 30 km.

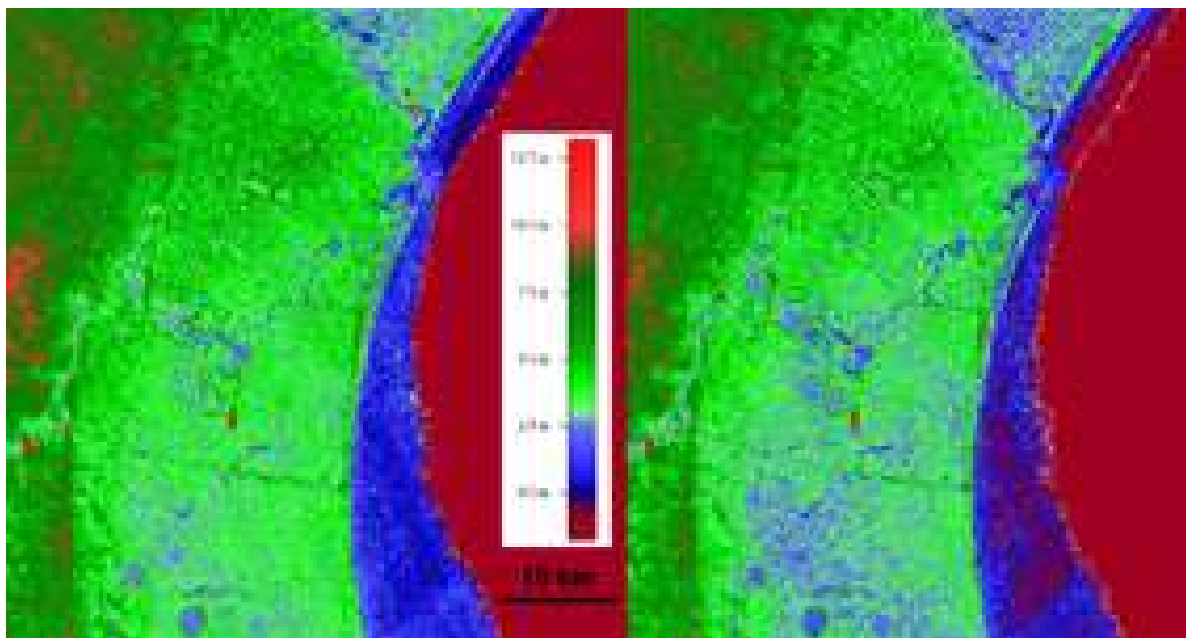


Figura 4.

a) DEM obtenido de datos SRTM; b) simulación de 1 m de SLR de la elevación esperada del terreno

La Fig. 5 muestra dos imágenes satelitales, una correspondiente a una situación hidrológica normal y la otra durante una inundación severa. La diferencia entre la superficie cubierta por el agua en las dos imágenes es

resaltada con color rojo en la Fig. 5c. Las áreas inundadas presentan una buena correspondencia con las áreas más bajas indicadas por el DEM (Fig. 4).

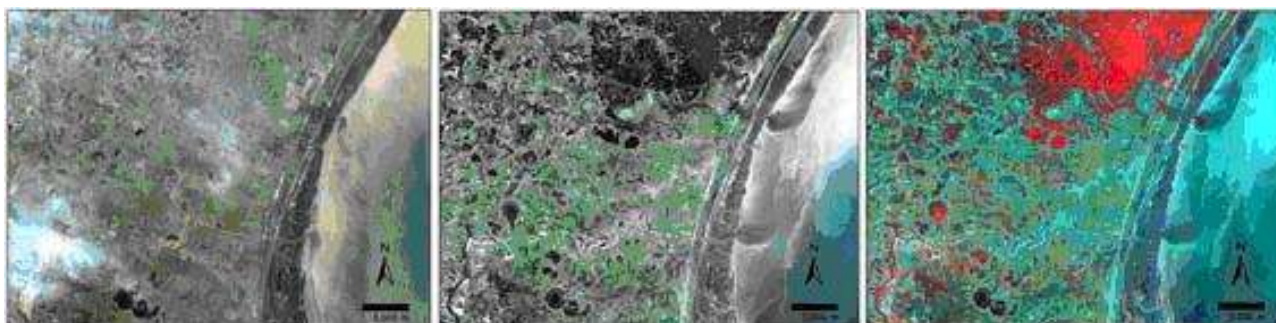


Figura 5. Imágenes satelitales correspondientes a: a) condición hidrológica normal (07.06.2001); b) después de una inundación severa (11.09.2001) (c) diferencias de las condiciones hidrológicas entre el 07.06.2001 y 11.09.2001, escenas resaltadas en color rojo

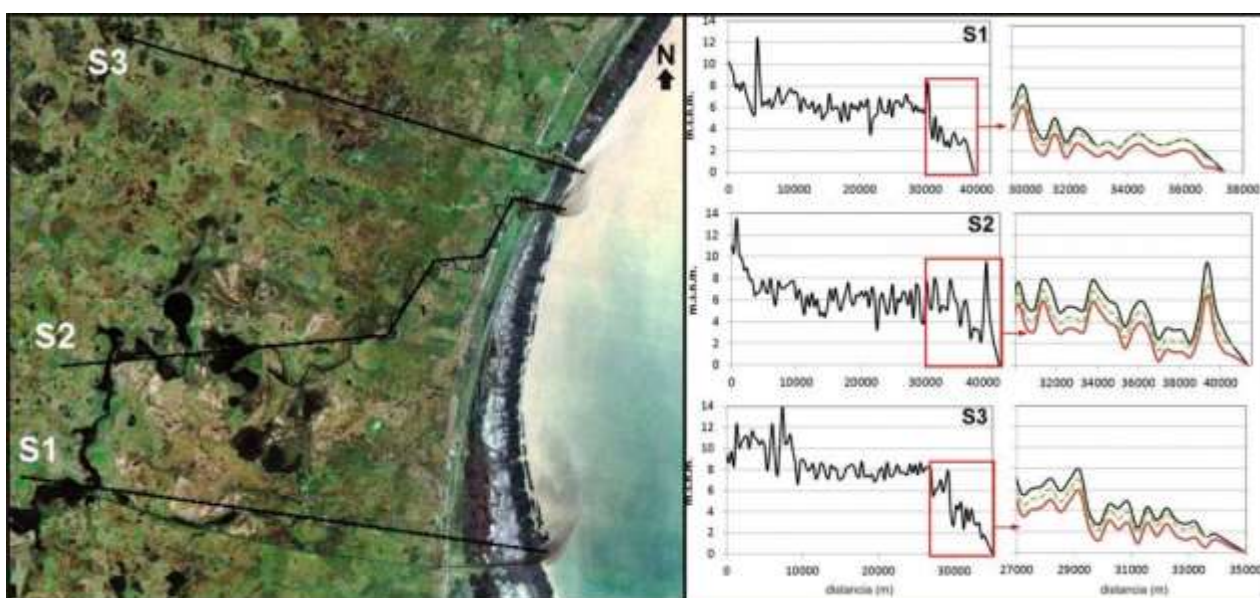


Figura 6. Niveles topográficos (traza negra) obtenidos por de cortes en el SRTM-DEM a través de las trazas S1, S2 y S3 mostradas en el mapa de la izquierda. La traza violeta representa la profundidad promedio del nivel freático. La posición del nivel freático 1m más alto que el actual con respecto al DEM es mostrada por las trazas verdes

En la llanura de marea, que se encuentra actualmente fuera del ciclo mareal, el nivel freático se ubica entre 1,5 y 3 m de profundidad, presentando el flujo subterráneo una descarga regional hacia la bahía y local hacia los sectores deprimidos y cursos superficiales.

Los cordones de conchilla son geformas sobreelevadas (con cotas de 4 a 7.5 m s.n.m.) paralelas a la línea de costa de 50 a 120 m de ancho, con longitudes que alcanzan los 10 km. La profundidad del nivel freático varía entre 1,0 y 3.5 m.b.b.p, siendo el flujo subterráneo desde los sectores más elevados hacia la llanura de marea (oeste) o la marisma adyacente (este).

La marisma es un ambiente de escasa altitud (cota inferior a 1.5 m s.n.m.) que se extiende a lo largo de la línea de costa con un ancho de 15 km en la parte S de la bahía y de 0.5 km en el sector N. El nivel freático aflora o se encuentra muy próximo a la superficie (menos de 0.6 m b.b.p.) y registra oscilaciones periódicas con la marea. Si bien la descarga subterránea es hacia el estuario, la marisma es un área que se inunda diariamente con la pleamar.

El ascenso del nivel del mar tendrá efectos directos sobre la posición de las aguas subterráneas, con especial referencia a la capa freática. Dado que el agua freática descarga o aflora en el agua de superficie, al

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

producirse un ascenso de esta última, el sistema tenderá a lograr un nuevo equilibrio para mantener su condición hidrodinámica. Ello fue verificado en distintas áreas experimentales al reconocerse los efectos de las variaciones de marea sobre las aguas subterráneas (Carol et al., 2010). En los perfiles de la Fig. 6 se observa la posición media actual del nivel freático y la posición simulada asumiendo que 1 m de SLR produce un incremento similar en los niveles freáticos. Al producirse el ascenso del nivel del mar, la franja costera permanecerá la mayor parte del tiempo cubierta por el agua y hacia el interior se anegarán en forma permanente muchos de los sectores bajos, que en la actualidad presentan agua sólo en eventos húmedos extraordinarios. Mientras que otros sectores presentarán un alto riesgo de inundación frente a los eventos frecuentes de mayores precipitaciones.

Además debe tenerse en cuenta que en estas condiciones los efectos de las ondas de tormenta, que se asocian con fuertes vientos, cambios en la presión atmosférica y precipitaciones pueden tener un efecto mayor en la inundabilidad periódica del área interior.

A su vez, la modificación que se produciría por el ascenso del nivel del mar en la llanura de mareas y marismas puede modificar la morfología de las márgenes dando lugar a procesos de erosión y redepósito de los sedimentos. Las modificaciones observadas en las imágenes satelitales recientes que fueron descritas indican la alta sensibilidad del área costera a estos fenómenos.

El ascenso del nivel del mar puede generar modificaciones en la calidad química de los cuerpos de aguas superficiales, que se verían afectados por agua de mayor salinidad, lo cual se vincularía especialmente por el ingreso del agua de la marea hacia el interior del continente donde actualmente el agua de los ríos y canales es de menor salinidad. También puede tener influencia sobre las reservas de agua subterránea dulce, que se encuentran almacenadas en cuerpos lenticulares en los cordones conchiles.

Consideraciones finales

La planicie costera que rodea a la Bahía de Samborombón es un ambiente altamente sensible, sujeto a los cambios naturales y a la presión antropogénica. Distintos problemas críticos pueden afectar a esta área de costas, es decir, elevaciones del nivel del mar, inundaciones periódicas, presencia de aguas salinizadas.

El aumento del nivel del mar durante el siglo XX y en la actualidad es un proceso documentado en todo el mundo que está vinculado a los cambios climáticos, principalmente por la fusión de hielos y la consiguiente variación en la masa y el volumen de los océanos. Los impactos de SLR incluyen una importante regresión de la costa, erosión, profundización del nivel del terreno en las proximidades de la costa, inundaciones, intrusión de agua salada, etc.

La interacción entre el agua subterránea y el agua de mar en las zonas costeras tiene sus efectos tanto en la zona costera como mar adentro lo cual incluye a la calidad de los recursos hídricos a través de la intrusión de agua salada en los acuíferos de abastecimiento de agua y el vertido de las aguas subterráneas contaminadas en el mar costero.

La intrusión de agua salada representa una amenaza para la calidad del agua potable, aumenta el riesgo de desertificación de suelo, compromete las prácticas agrícolas y disminuye la capacidad de almacenamiento de agua dulce. En humedales, lagunas y estuarios el intercambio de agua de la superficie con las aguas subterráneas también tiene un fuerte impacto en la flora y fauna. Además, la configuración hidrológica de los entornos de transición se complica por su arquitectura de subsuelo cuaternario.

En la llanura costera en estudio importantes cambios hidrogeomorfológicos se produjeron en las últimas décadas. La construcción de un canal en el curso inferior del río Salado, favoreció el escurrimiento, reduciendo el riesgo de inundaciones, aunque se observaron nuevas áreas anegadas en los períodos húmedos en las proximidades del canal. Asociado a esta canalización se observaron cambios en la erosión y deposición de sedimentos en la desembocadura del Río Salado.

El ascenso del nivel del mar en la Bahía de Samborombón tendrá distintos efectos. La llanura de marea y marismas podrán estar en forma permanente bajo agua y las características ecohidrológicas del humedal costero, que es un sitio de conservación RAMSAR, se verían fuertemente afectadas.

A su vez se generaría un nuevo equilibrio en la relación aguas subterráneas – aguas del estuario y aguas superficiales, lo cual daría lugar a un ascenso de los niveles freáticos en la llanura interior, aumentando el riesgo de inundaciones casi permanente en regiones con una fuerte actividad ganadera.

La sensibilidad del área costera en relación a los procesos de erosión y sedimentación puede producir importantes modificaciones en la morfología de los márgenes de la zona costera.

Agradecimientos

Este trabajo fue desarrollado en el ámbito del Acuerdo de Cooperación Científica entre el CONICET (Argentina) – CNR (Italia), Programa bianual 2011 – 2012 para el proyecto “Agua dulce y saladas en áreas coste-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ras de alto valor socioeconómico: de la evaluación de la interacción actual con metodologías hidrológicas, hidrogeológicas e hidrogeoquímicas a la simulación de los efectos previstos del cambio climático”. Las imágenes satelitales son obtenidas del U.S. Geological Survey's Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. Los datos SRTM V4, del USGS/NASA, son del International Centre for Tropical Agriculture (CIAT).

Referencias

- Acha M., Mianzan H., Guerrero R., Carreto J., Giberto D., Montoya N., Carignan M. 2008. An overview of physical and ecological processes in the Rio de la Plata Estuary. *Continental Shelf Research* 28, 1579– 1588.
- Bischoff S. (2005). Inundaciones en la línea de costa. En: Fundación Torcuato Di Tella, Argentina: 2ª Comunicación de cambio climático. Vulnerabilidad de la Zona Costera. Informe final. 392 pp
- Carol, E., Kruse, E. and Mas Pla, J. 2009. Hydrochemical and isotopical evidence of ground water salinization processes on the coastal plain of Samborombón Bay, Argentina. *Journal of Hydrology*, 365: 335-345.
- Carol, E., Kruse, E., and Roig, A. 2010. Groundwater travel time in the freshwater lenses of Samborombón Bay, Argentina. *Hydrological Sciences Journal*, 55: 5, 754 – 762.
- D'Onofrio Enrique, Fiore Mónica, Valladares Javier, 2002: *Ciencia Hoy. Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Asociación ciencia Hoy*. Vol. 12. N° 67: 38-45
- IPCC, *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2007).
- Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Nicholls, R y Cazenave, A. 2010. Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science* 328, 1517 (2010); DOI: 10.1126
- Parker, G., 1979. Geología de la planicie costera entre Pinamar y Mar de Ajó, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 34, 167–183.
- Pousa, J., Tosi, L., Kruse, E., Guaraglia, D., Bonardi, M., Mazzoldi, A., Rizzetto, F., Schnack, E., 2007, Coastal processes and environmental hazards: The Buenos Aires (Argentina) and Venetian (Italy) littorals, *Environmental Geology* 51, 1307–1316.
- Reuter H.I, A. Nelson, A. Jarvis, 2007, An evaluation of void filling interpolation methods for SRTM data, *International Journal of Geographic Information Science*, 21:9, 983-1008.
- Violante, R., Parker, G., Cavallotto, J., 2001. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre la bahía de Samborombón y la laguna de Mar Chiquita durante el Holoceno. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56, 51–66.

THE INFLUENCE OF A SILVOPASTORAL SYSTEM ON CARBON STOCKS
IN THE BRAZILIAN SAVANNA

Quintão Lana AM.¹, Andrade Silva A.^{4*}, Lanna Reis G.¹, Ferreira Abreu Moreira GH.¹,
Martins Maurício R.², Matta Machado R.³, Quintão Lana RM.⁴

¹ Federal University of Minas Gerais, Veterinarian School, Av. Antônio Carlos 6627, CP. 567, 30123-970, Belo Horizonte, MG, Brazil - Corresponding author. Tel.: 5531 3409-2202 Fax: 5531 3409-2059
quilhaermelanna@yahoo.com.br

² Federal University of São João Del-Rei, Praça Dom Helvécio 74, Fábricas 36301-160 - São João Del Rei, MG - Brasil, MG, Brazil.

³ Federal University of Minas Gerais, Institute of Biology Sciences, Av. Antônio Carlos 6627, CP. 567, 30123-970 Belo Horizonte, MG, Brazil.

⁴ Federal University of Uberlândia, Av. Amazonas, s/n. Bloco 4C, Sala 102, Campus Umuarama, Uberlândia, MG, Brazil

Climate changes have caused wide ranges of adversities. The deforestation process, resulting in degraded pastures, is one of the main sources of greenhouse gases. Trees in pastures, constituting silvopastoral systems, have the potential to reduce greenhouse gases levels in the atmosphere. Aimed at evaluating trees' contribution to carbon sink, the present experiment was conducted in Lagoa Santa, Minas Gerais State, Brazil. The system has been under development since 1984, through the natural regeneration of pioneer trees of the species *Zeyheria tuberculosa* Vell. Bur, a native species of the Brazilian savanna. Tree density was 160 ha⁻¹ and the grass forage chosen was *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The total carbon stocked in the silvopastoral systems was 69,536.42 kg ha⁻¹: 13,995.04 kg, in the trees, 2,430.78 kg in the annual trees litterfall, and 53,110.60 kg in a depth of 0 to 40 cm of soil. Soil carbon stock in the monoculture was 61,081.25 kg ha⁻¹ of carbon. The apparent increase in the silvopastoral systems carbon stocks demonstrates the possibility of conciliation between animal production and greenhouse gases reduction.

Keywords: deforestation; degradation; pastures; productivity; sustainability; trees

1. Introduction

The largest proportion of Carbon (C) emissions results from the burning of fossil fuels and tropical deforestation (Albrecht & Kandji, 2003). The actual concentration of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere is approximately 430 parts per million (ppm) CO₂, considerably higher than the 280 ppm from the period before the Industrial Revolution. The current level of GHG has already caused a global warming of more than 0.5°C. If the current flow of emissions were to stabilize, it is expected that the planet's temperature would increase from 2 to 3 °C. However, it is predicted that, in 2050, the CO₂ levels in the atmosphere will reach 550 ppm and subsequently continue to increase (STERN..., 2006).

The climatic change will have severe impacts as heavier floods, more intensive droughts, and, consequently, crop yields decline. However, much of these risks can be reduced through the implementation of a strong mitigation policy. The annual costs of stabilizing the concentration of GHG in the atmosphere at 500-550 ppm CO₂ are estimated to be around 1% of the annual global Gross Domestic Product (GDP). On the other hand, the damages caused by the impacts represents 5% of the annual global GDP. As the planet heats up, its capacity to absorb C decreases, thus making the reduction of emissions an urgent and imperative issue (STERN..., 2006).

The C sink in terrestrial biomes has been proposed to compensate GHG emissions (Dixon, 1995). Tropical forests are important in the global cycle of C because they contain more than half of the forests' biomass and 20% of the soil's C (Schwendenmann & Pendall, 2006). It is estimated that tropical deforestation contributes to 20% of global warming (Sanchez, 1995). In Brazil, from 1988 to 1994, the liquid emissions of CO₂ (gross emissions minus the removals promoted by the regeneration of the biomes) caused by land use changes were estimated at 722 Tg (Tg = 10¹² g or million of tons). The Amazon and Brazilian savanna biomes represented 59% and 26% of this total, respectively (Fidalgo *et al.*, 2006).

The area of the Brazilian Savanna is around 200 million ha. It was estimated that, in 1999, almost 10% of its area has been burned. The burning of the biomass releases 90% of the C from the soil's surface in the form of GHG, increases the soil's temperature and, consequently, CO₂ emissions (Krug *et al.*, 2006). In this biome, the biomass below the soil surface can in fact overwhelm the aerial biomass, which is used as an adaptation strategy to overcome droughts and burning. Due to the high C sink capacity and the vast area, the Brazilian savanna becomes very important in the climate change context. It is the Brazilian ecosystem most affected by agriculture expansion, annually losing 3.4 million ha. The native vegetation has been replaced by monocultures, like soybean, that do not have the same C sink capacity (Delitti *et al.*, 2003).

In the Brazilian savanna, there are approximately 49.6 million ha of cultivated pastures, mainly of *Brachiaria* (Martha Júnior & Vilela, 2002). Around 80% of these pastures are degraded (Peron & Evangelista, 2004). It is believed that the introduction of trees into the agricultural systems produces an enormous potential to store C, which could occur through agroforestry systems (AS). If these systems were introduced in the degraded areas and pastures without trees, from 1.1 to 2.2 Pg ($Pg=10^{15}$ g or one billion ton) could be stored annually – an amount that corresponds to 10-15% of the total annual emissions. Globally, the AS could potentially be implemented in $585-1275 \times 10^6$ ha (Dixon, 1995). However, the goal of AS is to generate sustainable food production and C storage is just one positive consequence of an increase in photosynthetic rates due to the introduction of trees and less pressure for deforestation (Schroeder, 1994).

Buurman *et al.* (2004) considers that the term “sequestration” describes a process rather than a specific situation. Thus, it is more appropriate to use the term “stock”. In this light, this work aimed to assess the influence of the *Zeyheria tuberculosa* Vell. Bur (ZT) tree on the storage of C in a silvopastoral system (SPS), a modality of an AS that combines trees, pastures, and animals, in the Brazilian savanna biome.

2. Material and methods

2.1. Study area

The present experiment was conducted in an SPS, corresponding to the Brazilian savanna biome, at the private Grota Funda farm, in Lagoa Santa, Minas Gerais, Brazil, $19^{\circ} 35' 36''$ S, $43^{\circ} 51' 56''$ W, at an altitude of 747 m above sea level. The system has been under development since 1984 through the natural regeneration of a native tree species named *Zeyheria tuberculosa* Vell. Bur. - family: Bignoniaceae (ZT). During natural regeneration management, the undesirable species were cut down and minimal distances of 4 m between ZT trees were maintained. The trees were 15-23 m tall with a chest diameter of 40-60 cm. This species was chosen due to its wood quality, fast growth, straight trunk, intermediate canopy density, and resistance to cattle grazing during establishment of the SPS. The density adopted was 160 trees/ha. No fire was used during the establishment. Limestone and natural phosphate, according to prior soil analysis, were applied. The forage chosen was the *Brachiaria brizantha* cv. Marundu (BBM), which replaced a pasture of *Hyparrhenia rufa*. The seeds were distributed manually among the trees (Viana *et al.*, 2002). An adjacent pasture, control area, was also established using the same methodology, but without trees. The stocking rate (bovine) in both pastures was adjusted to the forage production and ranged from 0.8 to 1.5 animal units ha^{-1} . The soil is a Red-Yellow latosol by the Brazilian soil classification (Typic Acrustox - USDA classification) with $651 g.kg^{-1}$ clay, $211 g.kg^{-1}$ silt, and $138 g.kg^{-1}$ sand.

2.2. Data sets

In an attempt to evaluate the nutrient cycling in the SPS, the annual litterfall of tree leaves, fruits, and branches was estimated. For this purpose, four traps (net panels, with a mesh of 4 x 6 mm), randomly distributed in the area under the trees' influence, were used. Each trap had an area of 27 m² and was 1.5 m from the ground. During 2005, 12 collections at 30-day intervals were realized. For statistical analysis, the senesced material was grouped according to season: summer (from December to February), autumn (from March to May), winter (from June to August), and spring (from September to November).

Soil was sampled in February of 2006 with nine sampling points taken in each system (Figure 1). Soil samples were collected in the following depths: 0 - 10, 10 - 20, and 20 - 40 cm. The samples for chemical analysis were collected using a Dutch auger. In four of nine points, three of which were located on the central diagonal line, samplings for physical analyses, in addition to the samples for chemical analysis, were collected at the previously cited depths, totaling 24 samples. At the five remaining points, only samples for chemical analysis were collected. For all samples, the medium third was collected. Following the recommendation of Hamburg (2000), the soil bulk density and C concentrations was measured in the same sample.

Meteorological data was supplied by the meteorological department, at the Tancredo Neves International Airport, located in the neighboring city of Confins, at the following geographic coordinates: $19^{\circ}54' 32''$ S and $43^{\circ}58' 18''$ W.

Aimed at measuring the amount of C stored in the trees, six average-sized trees were cut down at 10cm above the soil; divided into leaves, branches, and trunk; and weighed. The average chest diameter (CD) of 100 trees of the system was 57.7 cm. It was determined that the roots biomass corresponded to 15% of the aboveground components (Andrade & Ibrahim, 2003).

2.3. Lab analysis

After collection, the litterfall was classified in leaves, branches, fruits, and others (material which was impossible to distinguish); weighed; pre-dried at 60°C for 72 hours; and milled at 1 mm. The samples were analyzed for dry matter (DM) and ash (COMPÊNDIO..., 1998). Phosphorus (P), calcium (Ca^{+2}), and potassium (K) were determined through calorimetric, permanganometric, and flame photometric techniques, respectively.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

The OM content was estimated as the difference between the DM and the ash content. The C content was estimated as 58% of OM (Nelson & Sommers, 1982). The total nitrogen content was determined through Kjeldahl (Cunniff, 1995) and lignin contents by digesting samples in a 72% H₂SO₄ solution for three hours, according to Robertson & Van Soest (1981). These analyses took place at the Animal Nutrition Laboratory of the School of Veterinary Sciences at the Federal University of Minas Gerais (UFMG). The soil chemical analyses were done in the Soil Analysis Laboratory of the Federal University of Uberlândia /MG, according to EMBRAPA (1999), and the physical analyses at the Soil and Water Laboratory of Federal University of Viçosa/MG, according to EMBRAPA (1997).

2.4. Statistics

The Lilliefors and Bartlett tests were used to check normality and homoscedasticity, respectively (Cochran & Cox, 1968).

The litterfall data was described through the estimates of average, minimum, and maximum values, standard deviation, coefficient of variation (CV), and graph of profile.

A split plot design was also used in a two-way ANOVA. To compare treatment means, the Student Newman Keuls (SNK)'s Least Significance difference test was used at a 5% probability level. Considering the seasonal effect, a factorial arrangement was formed, placing the vegetation (leaves, branches, fruits, and others) in the plot and the season in the subplot.

The amount of C stocked in the trees was calculated through the multiplication of the trees average amount of C by the trees density in the area, 160 ha⁻¹.

In relation to soil C content, another Split plot design was used. To compare treatment means, the Student Newman Keuls (SNK)'s Least Significance difference test was used at a 5% probability level. Considering the depth effect, a factorial arrangement was formed, placing the system in the plot and the depth in the subplot. The Pearson correlations were used to assess the relationships between the soil C content and the other soil chemical attributes. Regression models, using the backwards procedure, were also performed to examine these relationships.

The amount of soil C stocked in each depth was calculated through the multiplication of the values of soil C content, buck density, and the number of 10 cm layers per depth evaluated (Buurman *et al.*, 2004).

3. Results

In table 1, soil chemical attributes are represented. The values of Ca⁺² and base saturation (BS) were slightly higher in the SPS than in the monoculture. On the other hand, the opposite occurred to the pH, P, K, and Al⁺³ (Aluminum) attributes.

Table 1 - Chemical attributes of soils under silvopastoral system (SPS) and monoculture (Lagoa Santa-2006)

Variable	Depth (cm)					
	Monoculture			SPS		
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
pH (H ₂ O -1:2.5)	4.86±0.22	4.75±0.23	4.75±0.11	4.64±0.28	4.61±0.19	4.64±0.11
Phosphorous (mg dm ⁻³)	2.57±0.86	1.79±0.75	1.09±0.35	1.89±0.58	1.71±0.33	1.06±0.21
Potassium (mg dm ⁻³)	135.87±35.69	70.13±14.72	42.5±17.46	95.63±36.90	82.5±30.26	49.37±35.84
Calcium (cmolc dm ⁻³)	0.67±0.31	0.39±0.19	0.23±0.07	0.76±0.27	0.6±0.17	0.27±0.14
Magnesium (cmolc dm ⁻³)	0.59±0.36	0.27±0.24	0.13±0.07	0.56±0.21	0.41±0.13	0.12±0.05
Aluminum (cmolc dm ⁻³)	1.74±0.55	2.31±0.33	2.5±0.17	1.71±0.50	1.96±0.28	2.35±0.21

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Variable	Depth (cm)					
	Monoculture			SPS		
	0-10	10-20	20-40	0-10	10-20	20-40
H + Al (cmolc dm ⁻³)	9.5±1.56	10.11±1.41	10.05±0.46	8.9±1.58	8.99±1.11	9.31±0.73
Sum of bases (cmolc dm ⁻³)	1.6±0.68	0.84±0.46	0.45±0.14	1.57±0.45	1.22±0.30	0.54±0.17
CEC (cmolc dm ⁻³)	3.34±0.27	3.13±0.18	2.96±0.09	3.29±0.11	3.17±0.17	2.86±0.15
CEC7 (cmolc dm ⁻³)	11.1±0.96	10.95±1.00	10.51±0.44	10.49±0.49	10.21±0.85	9.85±9.85
Bases saturation (%)	15±7	8±6	4±1	15±6	12±4	6±2

Hydrogen + Aluminum (H + Al), effective cation exchange capacity (CEC) and cation exchange capacity at pH 7.0 (CEC7)

Table 2 presents the contribution of the tree to soil fertility through litterfall. It was estimated that 160 trees ha⁻¹, over a one year period, added approximately 4,360.20 kg ha⁻¹ of organic matter (OM) and 2,430.68 kg ha⁻¹ of C to the pasture.

Table 2 - Average and standard deviation values of annual contribution of *Zeyheria tuberculosa* Vell. Bur. to soil in a silvopastoral system in the Brazilian savanna biome (Lagoa Santa/MG - 2005)

Variable	Average composition of litter (%)	kg ha ⁻¹ year ⁻¹
Total dry matter	100	4,360.2
Ash	3.88 ± 0.94	169.23
Organic matter	96.12 ± 0.94	4,191.0
Carbon	55.74 ± 0.43	2,430.78
Calcium	0.61 ± 0.29	26.5
Phosphorus	0.07 ± 0.04	3.2
Nitrogen	1.79 ± 0.55	78.0
Potassium	0.90 ± 0.59	39.4
Lignin	45.04 ± 8.00	-
Carbon/Nitrogen	31.10 ± 11.03	-
Lignin/Nitrogen	25.16 ± 9.46	-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

The C contents in the litter components presented few variations during the year (Table 3). The C content was lower in all components during the winter, except for branches, which seems to be the component with the highest C content, except in spring.

Table 3 - Seasonal average and standard deviation values of carbon in the tissues of *Zeyheria tuberculosa* Vell. Bur. (Lagoa Santa/MG - 2005)

Tissue	Season			
	Summer	Autumn	Winter	Spring
Leaves	55.73 ± 0.22 Ab	55.46 ± 0.03 Ab	54.94 ± 0.97 Ba	55.38 ± 0.19 Ab
Fruits	56.08 ± 0.09 Aab	55.61 ± 0.31 Ab	54.60 ± 0.11 Bb	55.72 ± 0.49 Aab
Branches	56.46 ± 0.37 Aa	56.28 ± 0.39 ABa	55.93 ± 0.97 ABa	55.78 ± 0.31 Bab
Others	56.23 ± 0.17 Aab	55.85 ± 0.05 Aab	54.92 ± 0.57 Bb	56.02 ± 0.26 Aa

Averages followed by distinct letters, capital letter referring to tissue and small letter referring to season, differ at the 5% significance level (SNK test)

Table 4 describes the density values, C contents, and amount of C stored per area. In the monoculture, in the 0 - 10 cm layer, the bulk density tended to be higher, while the C content was significantly greater ($P < 0.05$) than in the SPS. On the other hand, in the 20 - 40 cm layer, despite the higher C content in the monoculture, the density tended to be greater in the SPS, resulting in similar C amounts ($P > 0.05$) between the systems. Apparently, the total C amount stored in the soil was greater in the monoculture.

Table 4 - Average and standard deviation values of bulk density, carbon (C) percentage and total C ha^{-1} , in soils under silvopastoral system (SPS) and monoculture (Lagoa Santa-2006)

System	Deep*	Thickness (10cm)	Bulk density	C (%)	Total C (kg ha^{-1})
Monoculture	0-10	1	1.15 ± 0.15 Aa	2.18 ± 0.56 Aa	26130.45 Aa
	10-20	1	0.94 ± 0.09 Aa	1.51 ± 0.23 Ab	14772.60 Ac
	20-40	2	0.95 ± 0.03 Aa	1.05 ± 0.07Ac	20178.20 Ab
SPS	0-10	1	1.11 ± 0.11 Aa	1.62 ± 0.14 Ba	19089.25 Ba
	10-20	1	1.11 ± 0.18 Aa	1.37 ± 0.14 Ab	16261.75 Aa
	20-40	2	1.09 ± 0.13Aa	0.81 ± 0.10 Bc	17759.60 Aa
CV (%)	-	-	11.77	17.5	16.89

Averages followed by distinct letters, capital letter referring to system and small letter referring to depth, Differ r at the 5% significance level (SNK test)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Table 5 shows the total weight, DM content, and C amount in each tree component. The trunk produced the highest contribution to C stocks.

Table 5 - Average and standard deviation values of dry matter (DM) weight, DM percentage and carbon (C) weight in the tissues of *Zeyheria tuberculosa* Vell. Bur. (Lagoa Santa/MG - 2005)

Tissue	DM weight (kg)	DM (%)	C weight (kg)
Trunk	99.47 ± 11.29	64.57 ± 2.32	49.73 ± 5.65
Branches	41.88 ± 13.05	64.57 ± 2.32	20.94 ± 6.52
Leaves	10.78 ± 2.98	51.19 ± 4.19	5.39 ± 1.49

=====

In table 6, the total amounts of C per component, in both systems, are presented. The amount of C stored in the trees was estimated at 13,995.04 kg ha⁻¹. If the amount of C stored underground in the SPS was also considered, the total amount stored in this system would be 69,536.42 kg ha⁻¹ of C. In the monoculture, the total stock would be 61,081.25 kg ha⁻¹ of C.

Table 6 – Average carbon amounts in some components of monoculture an silvopastoral system (SPS) in the Brazilian savanna biome (Lagoa Santa/MG – 2006)

Compartment	Monoculture (kg ha ⁻¹)	SPS (kg ha ⁻¹)
Trunk	-	7,956.80
Branches	-	3,350.40
Leaves	-	862.40
Total overground	-	12,169.60
Roots (15% total overground)	-	1,825.44
Trees (overground + roots)	-	13,995.04
Litterfall from trees	-	2,430.78
Soil	61,081.25	53,110.60
System (trees + soil)	61,081.25	69,536.42

=====

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Most soil variables in this study showed significant correlation with soil C content (Table 7). The correlations with P, ferrum (Fe), and manganese (Mn) were higher than 0.80 (P<0.01).

Table 7 - Pearson correlations between soil carbon (C) and the others chemical soil attributes (Lagoa Santa/MG – 2006)

Soil variable	soil C	Soil variable	soil C
pH	-	CaK	-0.3047 **
Phosphorus	0.8662 ***	MgK	-
Potassium	0.7371 ***	Ca Mg K	-
Sulfur	-0.2401 *	Ca / CEC7	0.5838 ***
Calcium	0.6790 ***	Mg / CEC7	0.6955 ***
Magnesium	0.7497 ***	K / CEC7	0.6761 ***
Aluminum	-0.6264 ***	H + Al / CEC7	-0.6980 ***
H + Al	-	Ca + Mg / CEC7	0.6466 ***
Sum of bases	0.7819 ***	Ca + Mg + K / CEC7	0.7185 ***
CEC	0.7515 ***	Borum	0.7029 ***
CEC 7	0.3887 **	Cuprum	0.7185 ***
Bases saturation	0.7038 ***	Ferrum	0.8680 ***
Aluminum saturation	-0.7544 ***	Manganese	0.8378 ***
Ca / Mg	- 0.5127 ***	Zinc	0.7038 ***

Hydrogen plus aluminum (H+Al). effective cation exchange capacity (CEC) and cation exchange capacity at pH 7.0 (CEC7). Ca / Mg. Mg / CEC7 . K / CEC7 . H+Al / CEC7 . (Ca+Mg) / CEC7. (Ca+Mg+K)/ CEC7 ratios
 -. ***. **. * (t test: P>0.05; P<0.001; 0.01; 0.05. respectively)

The regression models for C contents as compared to the other soil variables, for each system, are represented in Table 8.

Table 8 – Regression parameters of the regression of C amounts in function of the other soil attributes in soils under monoculture (Mono) and silvopastoral system (Lagoa Santa/MG – 2006)

System	Model	R ² adjusted
Monoculture	0.6714 + 0.0390 BS + 0.0027 Fe + 0.0429 Mn	0.9402
SPS	1.1870 + 0.4738 P – 0.0103 m	0.8529

Bases saturation (BS). aluminum saturation (m)

The soil variables that most influenced the C contents in the monoculture were base saturation (BS), Fe, and Mn, while in the SPS, these variables were P and aluminum saturation (m).

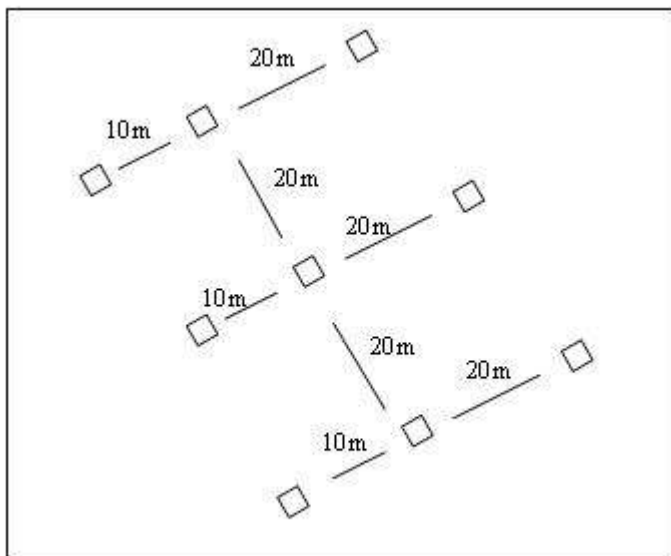


Figure 1.

Soil sampling diagram: three parallel lines were traced, 40m in length each, cutting the center of each system in a diagonal form. The first and third diagonal lines were 10m and 20m from the central line, respectively. In each line, three samples were collected 20m from each other, totaling nine sampling points in the SPS and nine points in an area out of its influence, which was set as the control treatment.

=====
4. Discussion

The total litter production (table 2) was in accordance with the production of the Brazilian savanna's native vegetation reported by Haridasan (2000), from 3.0 to 7.8 Mg ha⁻¹year⁻¹, depending on tree size. There was considerable contribution of nitrogen (N), K and Ca⁺², while P contribution remained low. The carbon/nitrogen (C/N) and lignin/N ratios proved to be high, at 31.10 and 25.16, respectively.

The higher values of C content and bulk density in the 0 - 10 cm layer (Table 4) may have contributed to the higher amounts of C stored at this depth in the monoculture. This is in accordance with the warning reported by Buurman *et al.* (2004) that density significantly affects the calculation of the stocks.

The root biomass shows positive correlation with forage production (Oliveira *et al.* 2003). The BBM production was evaluated by Sousa *et al.* (2007) within the same SPS of the present study. Using the same control treatment as a reference, this researcher concluded that the microclimate conditions under ZP trees contributed significantly to reducing (P<0.05) the DM production of the studied forage (average of five monthly samples during the rainy season). Therefore, it seems that the lower forage production in the shaded area implies a lower OM content in the 0 - 10 and 20 - 40 cm layers, in which there were higher OM contents in the monoculture. In these layers, there was most likely no litter influence and the grass roots were more aggressive during soil exploration and turned over more quickly. In this light, a study on tree density is called for, but reducing it slightly in an attempt to increase grass productivity and, consequently, soil C stocks.

Nevertheless, Delitti *et al.* (2003) reported that the soil surface layer presents greater seasonal variation in the biomass content due to higher exposure to climate variables. The work of Schwendenmann & Pendall (2006) in Panama clarifies that the amounts of C stored in the grass and forests are similar, especially if the area contains forage species with a high root biomass. They also concluded that the conversion of forests into grasslands did not in fact result in losses of N and C. On the other hand, Sanchez (1995) alerted that deforestation increases topsoil C emissions due to higher soil temperature, which speeds up organic matter decomposition. Moreover, as Milne & Haynes (2004) report, the conventional tillage following deforestation increases aeration and breaks up soil aggregates, in turn exposing organic matter which was previously physically protected against microbial attack by an aggregate structure.

According to Cerri *et al.* (2004), this decline in soil C stocks due to deforestation is almost universal. However, the balance of C after the conversion of forests into pastures depends on the forage productivity, which are many times affected by factors such as climate, native soil fertility, and grazing intensity. Thus, the grasslands soils can be either a net source of C, in the case of overgrazing, or a net sink if the pastures were well

managed. Concerning the Amazon, after substituting forests with fertilized pastures of *Brachiaria brizantha*, the estimate, regarding forest soil C stocks increases to over 20 Mg ha⁻¹ of C in the top 1 m of soil, whereas there is a loss of 0.5 Mg ha⁻¹ of C in the 1-8 m layer, during the first 5 years following pasture rehabilitation. In the present study, the monoculture and the SPS were well managed, which may have contributed to an increase in the soil C content.

Milne & Haynes (2004) report considerable increases due to irrigation and fertilization in DM production, which result in larger returns of organic matter. Buurman *et al.* (2004) reported that a low quality of litterfall, a low pH, and high contents of Al⁺³, although agronomically undesirable, actually favored C storage. In the present study, the Al⁺³ and C soil contents presented a correlation of -0.6264 (P<0.001), while the correlation between pH and C was not significant (P>0.05) (Table 7).

In relation to the studied tree, the trunk, which stocks C for a longer period of time, corresponded to 65.29% of the total C stocked in the aerial biomass (Table 5), followed by the branches, 27.48%, and the leaves, 7.23%. According to Shively *et al.* (2004) most of the C from branches, leaves, litterfall, and understory vegetation is released back into the atmosphere in less than 10 years. Schroeder (1994) reported that as the C added to the active pools decomposes in less than two years, the aim of C sequestration is to increase the size of the slow and passive soil carbon pools.

In the Brazilian savanna, the root contribution to the C sink is greater than in other biomes. As Haridasan (2000) reports, around 50% of the Brazilian savanna biomass corresponds to the roots. In contrast, in the tropical rainforests, this amount varies from 2.6 to 4.6% in the primary forests and from 11.0 to 19.5% in the secondary ones. Delitti *et al.* (2003) emphasize that in the Brazilian savanna the root biomass varies from 4 to 16 Mg ha⁻¹ and can even surpass the aerial biomass. As Andrade & Ibrahim (2003) claim, the ratio in tropical forests varies from 3.0% to 49.0%; however, more cautious values, from 10% to 15%, must be used.

The greater C stock in the SPS is in accordance to Sharrow & Ismail (2004). These researchers reported that the SPS can store more C than planted forests or monoculture pastures because there is greater amount of biomass and nutrient cycling done by both the trees and the forage. Schroeder (1994) reports that the C amounts stocked due to AS introduction vary from region to region: nine t ha⁻¹ of C in five years in semi-arid tropics, 21 t ha⁻¹ of C in eight years in sub-humid tropics, and 50 t ha⁻¹ of C in five years in the humid tropics.

In the Brazilian savanna, the substitution of natural vegetation, which is one of the highest primary productivities of the savanna (1000-2000 g m⁻² of DM), with *Brachiria*, which five years after planting produces an average of 200-400 g m⁻² of DM, reduces the soil C content (Brossard & Barcellos, 2005). The increase in productivity in agricultural systems may reduce the GHG emissions caused by deforestation and the degradation of pastures. Some measures, such as direct plantation and the introduction of AS, can store up to 1.3 Mg ha⁻¹year⁻¹ of C (Steinfeld *et al.*, 2006). Worldwide, the AS has proven to be promising with respect to the increase in productivity in many regions by promoting system nutrient accumulation, reducing losses, improving soil structure, increasing OM and N contents (Issac *et al.*, 2005), reducing the evapotranspiration of plants, as well as storing C (Dixon, 1995). However, it appears that the ZT influenced soil fertility slightly (Table 1), despite the litterfall contributions of N, P, and Ca (Table 2).

The recovery of degraded areas is an effective way to increase soil C storage. This can take place through such practices as the combination of direct plantation with the use of vegetal residues and animal manure, thus resulting in high productivity and few losses from processes such as decomposition, leaching, and erosion. The trees in the AS improve the land cover as well as add C through vegetal tissues. Nevertheless, the soil C storage is a finite process, therefore it is also necessary to consider nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄) (Albrecht & Kandji, 2003).

In addition to the issue of climatic changes, the SPS also provide other environmental benefits, including soil conservation, the improvement of water quality and quantity, and the preservation of biodiversity and comfort for animals (Shrestha & Alavalapati, 2004). It is estimated that one ha of AS provides goods and services that compensate for 5-20 ha of deforestation (Dixon, 1995).

The variation between the data analyzed (Table 8) implies that the factors that influence soil C contents vary among systems, and according to Montagnini and Nair (2004), mixed stands of plants may be more efficient than monocultures.

5. Conclusions

There was apparently a greater amount of C stored in the SPS as compared to the BBM monoculture, despite the lower C content in the soil under trees. However, the storage of C could be increased through the optimizing of interactions among the SPS components. Due to the variation between the data analyzed and findings from the literature, it can be concluded that the factors that influence soil C contents

vary among systems. Thus, it is important for future studies to assess the influence of other tree species and forages under distinct conditions, such as climate, density, and mixed stands.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge Drs. Yolanda Viana, Drs. Virgílio Viana (owners), and Sr. Luis (manager) of the Grota Funda farm for the use of farm facilities and personnel to conduct the trial and all the lab staff. This research was part of the first author's MSc dissertation and was supported by CAPES, FAPEMIG, and CNPq.

References

- Andrade, H.J., Ibrahim, M. (2003) ¿Cómo monitorar el secuestro de carbono en los sistemas silvipastoriles? *Agroforestería en las Américas*, 10, 109-116.
- Albrecht, A., Kandji, S.R. (2003) Carbon sequestration in tropical Agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 99, 15-27.
- Brossard, M., Barcellos, A.O. (2005) Conversão do Cerrado em pastagens cultivadas e funcionamento de latossolos. *Cadernos de Ciência e tecnologia*, 22, 153-168.
- Buurman, P., Ibrahim, M., Amézquita, M.C. (2004) Mitigation of greenhouse gas emissions by silvopastoral systems: optimism and facts. In: INTERNATIONAL CONGRESS IN AGROFORESTRY SYSTEMS, 2. 2004, Mérida (Mexico)...Annals. CD ROM.
- Cerri, C.E.P., Paustian, K., Bernoux, M., Victoria, R.L., Melillos, J.M., Cerri, C.C. (2004) Modeling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion with the Century model. *Global Change Biology*, 10, 815-832.
- Cochran, W.G., Cox, G.M. (1968) *Experimental designs*. John Wiley & Sons, London.
- COMPÊNDIO brasileiro de alimentação animal: métodos analíticos. (1998) Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Brasília.
- Cunniff, P. (1995) *Official methods of analysis of AOAC International*. AOAC International, Arlington.
- Delitti W.B.C., Pausas J.G., Burger D.M. (2003) Belowground biomass variation in two Neotropical savannahs (Brazilian Cerrados) with different fire histories. *Annual Forest Science*, 58, 713-721.
- Dixon, R.K. (1995) Agroforestry: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems*, 31, 99-16.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (1997) *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro, 212pp.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. (1999) Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema *Brasileiro de Classificação de Solos*. - Brasília, Embrapa produção de Informação, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 412 pp.
- Fidalgo, E.C.C., Palm, U.W., Osses, J.R., Leite FA, Medeiros JS, Tavares R *et al.* (2006) *Emissões e remoções de dióxido de carbono por conversão de florestas e abandono de terras cultivadas*. [Brasília], 2006. Available from: <<http://mct.gov.br/clima>> Access: December 10th, 2006.
- Hamburg, S.P. (2000) Simple rules for measuring changes in ecosystem carbon in forestry-offset projects. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 5, 25-37.
- Haridasan, M. (2000) Nutrição mineral de plantas nativas do Cerrado. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 12, 54-64.
- Issac, M.E., Gordon, A.M., Thevathasan, N., Opong, S.K., Quashie-Sam, J. (2005) Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: a consequence of pools and fluxes. *Agroforestry Systems*, 65, 23-31.
- Krug, T., Figueiredo, H.B., Sano, E.E. *et al.* (2006) *Emissões de gases de efeito estufa da queima de biomassa no Cerrado não-antrópico utilizando dados orbitais* [Brasília], 2006. Available from: <<http://mct.gov.br/clima>> Access: December 10th, 2006.
- Martha Júnior, G.B., Vilela, L. (2002) *Pastagens no Cerrado: baixa produtividade pelo uso de fertilizantes*. Embrapa, Cerrados Planaltina.
- Milne, R.M., Haynes, R.J. (2004) Soil organic matter, microbial properties, and aggregate stability under annual and perennial pastures. *Biological fertil soils*, 39, 172-178.
- Montagnini, F., Nair, P.K.R. (2004) Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61, 281-295.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- Nelson, S.W., Sommers, L.E. (1982) Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: *Methods of soil analysis*. (eds Page AL, Miller RH, Keeney DR). 2 ed. pp. 535-579. American Society of Agronomy, Madison.
- Oliveira, P.P.A., Trivelin, P.C.O., Oliveira, W.S. (2003) Eficiência da fertilização nitrogenada com uréia (¹⁵N) em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu associada ao parcelamento de superfosfato simples e cloreto de potássio. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 27, 613-620.
- Robertson, J.B., Van Soest, P.J. (1982) The detergent system of analysis and its application to human foods. In: *The analysis of dietary fiber in food*. (eds James WPT, Theander O). Marcel Dekter, New York.
- Perón, A.J., Evangelista, A.R. (2004) Degradação de pastagens em região de Cerrado. *Ciência agrotécnica*. 28, 655-661.
- Sanchez, P.A. (1995) Science in agroforestry. *Agroforestry Systems*, 30, 5-55.
- Schroeder, P. (1994) Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 27, 89-97.
- Schwendenmann, L., Pendall, E. (2006) Effects of forest conversion into grassland on soil aggregate structure and carbon storage in Panama: evidence from soil carbon fractionation and stable isotopes. *Plant and soil*, 288, 217-232.
- Sharrow, S.H., Ismail, S. (2004) Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantation, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems*, 60, 123-130.
- Shively, G.E., Zelek, C.A., Midmore, D.J., Nissen, T.M. (2004) Carbon sequestration in a tropical landscape: an economic model to measure its increment cost. *Agroforestry Systems* 60, 189-197.
- Shrestha, R.K., Alavalapati, J.R.R. (2004) Valuing environmental services of silvopasture practice: a case study of the Lake Okeechobee watershed in Florida. *Ecological Economics*, 49, 349-359.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., Haan, C. (2006) *Livestock's long shadow: environmental issues and options* [Rome], 2006. Available from <<http://www.virtualcentre.org>> Access: December 17th, 2006.
- Sousa, L.F., Maurício, R.M., Gonçalves, L.C., Saliba, E.O.S., Moreira, G.R. (2007) Productivity and nutritional value of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in a silvopastoral system. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 59, 1029-1037.
- STERN REVIEW: The economics of climate change [s.l.]: [s.n.] (2006) Available from <http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm> Access: October 31st, 2006.
- Viana, V.M., Maurício, R.M., Matta-Machado, R., Pimenta, I.A. (2002) Manejo de la regeneración natural de especies nativas para la formación de sistemas silvopastoriles en las zonas de bosques secos del sureste de Brasil. *Agroforestería de las Américas*, 9, 48-52.

AREA V

**EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN
Y CULTURA AMBIENTAL**

APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA (RSU) Y EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE (EDS) COMO EJE TRANSVERSAL EN ASIGNATURAS DE GRADO UNIVERSITARIO

Caballero MM¹, Egozcue M de los A².

¹Facultad de Bellas Artes, Universidad Nacional de La Plata, calle 44 n° 970
La Plata, Argentina. - Tel. +54 221 425 2061 - caballero@netverk.com.ar

²FRB, UTN, FADU/UBA, Iberá n° 4341 2do D, CABA, Argentina
Tel. +54 11 45427890 - mariego@fibertel.com.ar

La propuesta tiene como principales protagonistas a jóvenes estudiantes de 1er. Año de la UTN, FRBA, de la Carrera de Ingeniería Civil, FRBA, UTN, de 3er. año de la Carrera de Indumentaria y Textil de la FADU / UBA; de 2do. y 4to año de las carreras de Plástica, Música, Artes Audiovisuales y Producción Multimedial de la FBA / UNLP.

Ellos son y serán generadores de insumos e innovaciones tecnológicas dentro de la situacionalidad de un sistema de valores.

Esta ponencia tiene como antecedentes estudios ya realizados sobre las *competencias profesionales*, relativas a la Responsabilidad Social (RS) del ingeniero, la Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS) y la Formación Ambiental (FA)

La producción áulica responde a los objetivos y fundamentos plasmados en el PID: "Adecuación de la formación ambiental del Ingeniero Civil en la UTN: estudio comparativo interfacultades" 25/CG03, FRBA, UTN y la asignatura de 1er. año: *Ingeniería y Sociedad*, FRBA, UTN. (Ver anexo 1)

La ponencia intenta describir por un lado, cómo desde materias complementarias, *Ingeniería y Sociedad; Teoría de la Práctica Artística: Estética*, se incorporan gradualmente contenidos de Formación Ambiental, Educación para el Desarrollo Sustentable, Responsabilidad Social Universitaria (RSU) y Competencias e Incumbencias profesionales en la formación del alumno.

Así mismo, es propósito de esta presentación generar un foro académico que contribuya al intercambio y debate para la producción de nuevos saberes entre los investigadores-docentes de este campo, propiciando un abordaje pluridisciplinario con el fin de poner en conocimiento de la comunidad científica y de otros sectores de la sociedad, las temáticas abordadas.

Palabras Clave: responsabilidad social (RS), responsabilidad social universitaria (RSU) educación para el desarrollo sustentable (EDS), formación de alumnos de carreras tecnológicas, artísticas y proyectuales

DESARROLLO

La universidad en la promoción de la Formación Ambiental:

A modo introductorio señalaremos las diferencias entre los conceptos de: Educación Ambiental (EA), Formación Ambiental (FA), Desarrollo Sustentable (DS) y Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS).

Diversos encuentros mundiales han subrayado el lugar destacado de las universidades en el fortalecimiento de las metas de la educación y la formación ambiental según las entendemos hoy. En primer lugar, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, Brasil, 1992. En esta llamada *Cumbre de la Tierra*, se emitieron documentos entre los que se destaca la agenda 21, que contiene una serie de tareas a realizar durante el siglo XXI.

En esta cumbre de Río '92, *la Universidad* quedó señalada como la Institución por excelencia que debía jugar un papel importante en aras de lograr un *desarrollo sostenible*, es decir, para promover y aumentar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones *ambientales* y de *desarrollo*.

En su origen, se considera que la EA estuvo centrada, en la conservación de la naturaleza descuidando un tanto la dimensión de lo político, económico y social; ahora la EDS incorporaría un enfoque más amplio y elevaría así el status teórico-práctico de la EA.

Al menos, ésta es la tendencia vigente hoy en América Latina, acorde con ciertos lineamientos internacionales (González Gaudiano, 2006)

Siguiendo la definición propuesta por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1993, la FA, debe ser entendida como los procesos formales y no formales de capacitación académica y de formación psico-social de profesionales de las ciencias sociales, naturales y técnicas, tanto en sus áreas básicas aplicadas, para la detección - solución de problemas del ambiente.

A la Formación Ambiental (FA) se la presenta ahora dirigida a apuntalar los objetivos del Desarrollo Sustentable (DS), como Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Varios objetivos iniciales han sido postulados en el PID: en primer lugar realizar un análisis de contenidos, metodologías, bibliografía en el currículo de las asignaturas que presentan algún tipo de contenido ambiental, es decir, constatar que las facultades estén cumpliendo con los requisitos sobre formación ambiental propuestos en la Resolución 1232/01 del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología en ocasión de lanzarse los procesos de acreditación de las carreras de Ingeniería⁹. Con esto se pretende diagnosticar:

- si los contenidos sobre la problemática ambiental se presentan desde asignaturas independientes o si se implementan estrategias para que tal información no quede fragmentada o desarticulada del contexto multidimensional que constituye “el ambiente”.
- si tales contenidos están actualizados, si provienen de publicaciones extranjeras, si existen materiales elaborados localmente, ajustados a las asignaturas de la carrera.
- si se estimula el pensamiento crítico sobre los componentes y funcionamiento de los sistemas ambientales complejos, indagando de que modo se relaciona la práctica profesional con la importancia del cuidado ambiental.
- Si se incentiva un análisis reflexivo sobre las responsabilidades y las consecuencias ético-sociales del rol profesional del tecnólogo¹⁰
- si se promueven habilidades y destrezas ejercitando capacidades para trabajar en equipo, en la resolución de problemas o estudio de casos con componentes de problemática ambiental.
- si se sensibiliza al futuro profesional sobre *la influencia de las políticas económicas globales en el desarrollo sustentable, en los niveles nacional, provincial, y local*, es decir, si se plantea la importancia de asumir compromisos como ser individual y social para la toma de decisiones a favor de un *Desarrollo Sustentable en la Región*.

Estrategias para acercarnos a niveles de ambientalización curricular más adecuados:

Nuestro criterio es que la FA no debería aparecer en el diseño curricular como una disciplina independiente, sino que debería ser fomentada y atendida desde una multiplicidad de asignaturas, enriqueciendo el currículo con distintos objetivos y enfoques.

Cinco estrategias de abordajes posibles:

- Estrategia 1: Propiciar una modificación curricular a nivel de Universidad.
- Estrategia 2: Actuar sobre el diseño curricular por medio de adecuaciones a nivel de cada Facultad.
- Estrategia 3: Incorporar actividades curriculares específicas en asignaturas de los diferentes niveles de la carrera.
- Estrategia 4: Propiciar el desarrollo de grupos de investigación en educación ambiental aplicados a la transferencia de resultados al diseño curricular actual y/o futuro.
- Estrategia 5: Tomar conocimiento de las expectativas de los alumnos y de las competencias docentes en relación a la capacitación en cuestiones ambientales y traducirlas en otros planes de acción específicos.

En el caso de la FRBA, desde el 2002 se han venido efectivizando una serie de transferencias de experiencias, conocimientos y metodologías, al trabajo didáctico-pedagógico a cargo de docentes que han participado en proyectos de investigación con presencia de la variable ambiental.

A partir del Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005-2007 del CONFEDI, se han realizado modificaciones curriculares en diversas materias del plan conteniendo la variable ambiental, mencionaremos especialmente los cambios realizados en las materias de: *Ingeniería y Sociedad e Ingeniería Civil I*.

Contamos con nuevos trabajos prácticos diseñados para implementar aplicaciones de nociones claves como: *peligrosidad, exposición, vulnerabilidad e incertidumbres emanadas de la Teoría Social del Riesgo*¹¹ para el

⁹ BRESSAN, Silvio, BUGALLO, Alicia Irene *et al.*, 'Investigaciones ambientales en el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires; su potencialidad pedagógica y formativa', Revista *Proyecciones. Publicación de Postgrado e Investigación de la Facultad Regional Buenos Aires*, Vol. 6 N° 1, abril 2008, pp. 43-51.

¹⁰ EGOZCUE, MARIA DE LOS ÁNGELES. (2005), Tesina de la Carrera de Licenciatura en Tecnología Educativa "Los valores éticos del estudiante de las Carreras De Ingeniería, FRBA. Cambio de paradigmas e innovaciones tecnológicas en el siglo XXI", FRBA, UTN.

¹¹ BUGALLO, Alicia Irene, 'Ingeniería, políticas ambientales y sociedad', en Nápoli, Fernando y otros (Comp.) *Sociedad, Universidad e Ingeniería*, CEIT, FRBA, 2007, pp.221-267

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

estudio de casos de proyectos y obras civiles. Del mismo modo se han incrementado los trabajos prácticos que refuerzan las nociones del impacto positivo y/o negativo de ciertos emprendimientos civiles desde las dimensiones física, biótica y social

En el caso de la FADU / UBA para el ciclo lectivo 2011 las autoridades han planteado un tema común y estructurante que configure un marco de referencia para la discusión académica alrededor de aspectos en los cuales nuestra comunidad debe opinar y tiene propuestas que ofrecer. Es así como se ha definido como tema paraguas "Cultura medioambiental"¹². Esta temática debe entenderse como sugerencia referencial, optativa. Cada cátedra podrá hacer el abordaje que considere pertinente, siendo la diversidad de enfoques y metodologías lo que constituirá uno de los valores de la actividad.

Estas acciones académicas, posibilitarán a corto y mediano plazo, promover la revisión de contenidos y objetivos correspondientes a los Diseños Curriculares vigentes, la incorporación de nuevas materias optativas, etc.

En el caso de la FBA / UNLP nuestra cátedra "Teoría de la Práctica Artística" participa por 2do. año consecutivo de un proyecto de extensión, con asiento en la Facultad de Medicina denominado "La Plaza de la salud". Es un proyecto interdisciplinario al que han sido convocadas cátedras de la Facultad de Agronomía, Veterinaria, Odontología, Educación Física, Bellas Artes.

La propuesta que año a año afianza su carácter interdisciplinario tiene como eje el Desarrollo Sustentable (DS) y un concepto de salud social y comunitaria.¹³

Conclusión:

Se espera profundizar el concepto de Responsabilidad Social Universitaria (RSU) emanado directamente de los objetivos de la Universidad, según lo citado en páginas anteriores, haciendo alusión a los documentos marco bajo los cuales se encuadra la problemática ambiental.

Se espera fortalecer la incorporación de criterios de Desarrollo Humano y Desarrollo Sustentable, en los trabajos y aplicaciones a la gestión ambiental sustentable de producciones artísticas y proyectuales. (Bugallo y colaboradores, 2009)¹⁴

En el Departamento de Ingeniería Civil de la FRBA ya se ha creado, a partir de los impulsos de la presente investigación, la Comisión de Formación Ambiental. La misma está llevando a cabo un relevamiento de su Plan de Estudios y ha identificado a treinta y tres asignaturas desde cuyos contenidos, los profesores y docentes auxiliares, podrían recomendar buenas prácticas ambientales relacionadas con temas específicos de sus respectivas materias.

La Citada Comisión, se ha puesto en contacto con los docentes de las mismas a partir de compartir una serie de conceptos básicos que pueden resumirse del siguiente modo: las diversas actividades de la construcción generan impactos positivos y negativos, sobresaliendo entre todos ellos el impacto de ocupación del territorio. Sabemos que se cuenta ya con códigos y manuales de buenas prácticas ambientales para la construcción y las prácticas de gestión, a fin de evitar la aparición de tales efectos negativos, tanto sobre el medio socioeconómico como el natural.

Se puntualiza también que en la actualidad, el concepto de "naturaleza", medio físico/ territorio se debe conceptualizar como:

- Fuente de recursos naturales, energía y materias primas.
- Soporte físico de las actividades humanas
- Medio de recepción de efluentes (por emisión, vertido o residuos).

Se destaca la importancia de comprender como el medio es receptor de todos los residuos de la actividad humana

Se desea incentivar las siguientes Acciones de Responsabilidad Social Universitaria (RSU):

¹² Documento Académico FADU,UBA, "Cultura medioambiental" tema Paraguas, Ciclo lectivo 2011.

¹³ CABALLERO, Mónica Caballero y otros, Premio Presidencial Prácticas Educativas Solidarias, Ministerio de Educación, Presidencia de la Nación, 2010

¹⁴ BUGALLO, Alicia Irene y otros, (2010) "Estrategias Curriculares para la formación ambiental del Ingeniero Civil; estudio comparativo entre facultades regionales; Revista Proyecciones, Vol.8 N°.2, octubre de 2010

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

RSU de los profesores y tesistas de la carrera: ampliar un campo de reflexión sobre la componente ambiental vinculada a la práctica constructiva urbana, sobre las relaciones de la dinámica natural con la urbanización, la responsabilidad del profesional frente al riesgo potencial de determinados materiales, el impacto de lo proyectual sobre la sociedad, etc

RSU de los profesores y tesistas intervinientes en la investigación: el fortalecimiento del trabajo multidisciplinario, el afianzamiento de la actitud proactiva ante los dilemas prácticos, el incremento de la sensibilidad ambiental, etc.

Se espera de ellos la elaboración de materiales didácticos actualizados, la publicación de artículos en informes, la presentación en congresos, jornadas y seminarios.

Son frecuentes los términos como *educación ambiental*, *derechos al ambiente sano*, *eco-desarrollo*, *mirada ecosistémica*, etc.

La Constitución Argentina, reformada en 1994 incorporó varios artículos "ambientales" (art. 41 y 43). Para un futuro no muy lejano se espera la sanción definitiva de la Ley de Educación Ambiental a nivel Nacional. Sin embargo, la cuestión que nos ocupa se mantiene todavía demasiado instalada en el plano declamatorio, mientras las acciones concretas se van manifestando en forma incipiente, con cierta lentitud.

A pesar de la conciencia sobre la necesidad de profundizar la educación ambiental de los estudiantes de grado, los contenidos ambientales, continúan presentándose desde asignaturas independientes; la información suele quedar fragmentada o desarticulada del contexto multidimensional que constituye "el ambiente".

BIBLIOGRAFÍA

AUSUBEL, David, *Adquisición y retención del conocimiento*, Buenos Aires, Paidós, 2002.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. y B. WISNER, 'Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres'. Bogotá, LA RED/ITDG, 1998.

BOIX MANSILLA, Verónica y GARDNER, Howard '¿Cuáles son las cualidades de la comprensión?', en STONE WISKE Martha, comp., *La enseñanza para la comprensión*, Buenos Aires, Barcelona, México, Paidós, 1999.

BOUZAS, Roberto (comp.) *Regionalización e integración económica. Instituciones y procesos comparados*, Instituto del Servicio Exterior de la Nación ISEN, Buenos Aires, Grupo Editor Latinoamericano, 1997.

BRESSAN, Silvio, BUGALLO, Alicia Irene *et al.*, 'Investigaciones ambientales en el Departamento de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Buenos Aires; su potencialidad pedagógica y formativa', *Revista Proyecciones. Publicación de Postgrado e Investigación de la Facultad Regional Buenos Aires*, Vol. 6 N° 1, abril 2008, pp. 43-51.

BRESSAN, Silvio, BUGALLO, Alicia Irene, MASCKAUCHAN, Marcelo, *La función del Ingeniero*, Buenos Aires, CEIT, UTN-FRBA, 2003 (nueva edición 2009 corregida y aumentada).

BUCH, Tomás, *Tecnología en la vida cotidiana*, Buenos Aires, Eudeba, 2004.

BUGALLO, Alicia Irene 'El estudiante de primer año de Ingeniería Civil ante la problemática socio-ambiental' *Anales del 4º CAEDI, Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería, 'Ingeniería: motor del desarrollo'*, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, ITBA, Buenos Aires, Argentina, 1 al 3 de septiembre de 2004, pp. 284-290

BUGALLO, Alicia Irene y otros,(2010) " Estrategias Curriculares para la formación ambiental del Ingeniero Civil; estudio comparativo entre facultades regionales; Revista Proyecciones,Vol.8 N°.2, octubre de2010

BUGALLO, Alicia Irene, 'Ética e Ingeniería con relación a los problemas ambientales y el desarrollo tecnológico", CEIT, UTN-FRBA, 1996, a partir de la traducción realizada por la Prof. Bugallo del libro: RACINE, Louis, LÉGAULT, Georges, BÉGIN, Luc. *Ethique et ingénierie*, 1991, Montreal, Toronto, NY, McGraw-Hill.

BUGALLO, Alicia Irene, 'Ingeniería, políticas ambientales y sociedad', en Nápoli, Fernando (Comp.) *Sociedad, Universidad e Ingeniería*, CEIT, FRBA, 2007, pp.221-267

BUNGE, Mario, *Ciencia, Técnica y Desarrollo*, Buenos Aires, Sudamericana, 1997.

BUNGE, Mario, *La Ciencia, su método y su filosofía*, Buenos Aires, Siglo XX, 1976.

CABALLERO, Mónica Caballero y otros, Premio Presidencial Prácticas Educativas Solidarias, Ministerio de Educación, Presidencia de la Nación,2008-2010.

CABALLERO, Mónica Caballero y otros,Directora de Proyecto de Voluntariado Universitario,FNBA,UNLP, 2008,2009,2010.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- CHUDNOSVSKY, Daniel, CHIDIAC, Martina, *Competitividad y medio ambiente. Claros y oscuros de la industria argentina*, Documento de Trabajo 17, abril de 1995, Buenos Aires, Centro de Investigaciones para la Transformación, CENIT.
- CHUDNOSVSKY, Daniel, RUBIN, Sebastián,(1999) 'Comercio internacional y desarrollo sustentable. La expansión de las exportaciones argentinas en los años 1990 y sus consecuencias ambientales' Documento de Trabajo 25, junio de 1999, Buenos Aires, Centro de Investigaciones para la Transformación, CENIT.
- EGOZCUE, MARIA DE LOS ÁNGELES. (2005), Tesina de la Carrera de Licenciatura en Tecnología Educativa "Los valores éticos del estudiante de las Carreras De Ingeniería, FRBA. Cambio de paradigmas e innovaciones tecnológicas en el siglo XXI",FRBA,UTN.
- EGOZCUE, MARÍA DE LOS ÁNGELES.(1998). "Aproximaciones Pedagógicas en la enseñanza entre las Humanidades y la Ciencia", en: Actas de la V Sesión de Trabajo sobre las relaciones entre la Ciencia y las Humanidades, Instituto Ometeca (EE.UU.), Sociedad Científica Argentina, Facultad de Humanidades de Río Cuarto (CBA),
- EGOZCUE, MARÍA DE LOS ÁNGELES. "Aspectos sociales y éticos del Ingeniero en la cultura científico-tecnológica", en: Actas del 1er. Congreso Iberoamericano de Ética y Filosofía Política, Alcalá de Henares, España, 2002.
- FEDEROVISKY, Sergio, *Historia del Medio Ambiente*. Estación Ciencia. Colección dirigida por Leonardo Moledo. Capital Intelectual
- FERNÁNDEZ PROTOMASTRO, Gustavo, 'La consolidación del mercado ambiental argentino; escenario 2001-2010', www.ecopuerto.com (accedido 04-2010)
- FERRARO, Ricardo A. *La marcha de los locos. Entre las nuevas tareas, los nuevos empleos y las nuevas empresas*, Buenos Aires-México, Fondo de Cultura Económica, 1999.
- FERRARO, Ricardo A., *Educados para competir. Los argentinos frente a mitos y realidades del siglo XXI*, Buenos Aires, Sudamericana, 1995.
- INFORME BRUNDTLAND, Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Naciones Unidas, 1987.
- KLIKSBERG, Bernardo, 2ª ed., *Más ética, más desarrollo*, Buenos Aires, Temas, 2004.
- OEA, Organización de Estados Americanos, *Ciencia, tecnología, Ingeniería e innovación para el desarrollo. Una visión para las Américas en el siglo XXI*, 2005. ISBN 0-8270-4909-9.
- PAKDAMAN, Nasser, 1996, 'Historia de las Ideas acerca del Desarrollo' en SALOMON, Jean-Jacques, et. al. (comp.) *Una Búsqueda Incierta. Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, México, Editorial de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas, Trimestre Económico, 1996.
- PÉREZ SERRANO, Gloria, *Investigación cualitativa. Métodos y Técnicas*, Buenos Aires, Docencia, 1994.
- PERKINS David, 'Qué es la comprensión', en STONE WISKE Martha, comp., *La enseñanza para la comprensión*, Buenos Aires, Barcelona, México, Paidós, 1999.
- PID (2009-2011): "Adecuación de la formación ambiental del Ingeniero Civil en la UTN: estudio comparativo inter-facultades" proyecto Incentivado: 25/CG03 (FRBA,UTN), Intervienen la Facultad Regional Pacheco,UTN y la FRBA,UTN
- Programa de la asignatura Ingeniería y Sociedad (2011),de la Carrera de Ingeniería Civil,FRBA, UTN.
- Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de las Ingenierías 2005-2007, del CONFEDI.
- QUINTANILLA, Miguel Ángel, *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnológica*, México, Fondo de Cultura Económica, 2005.
- RODRIGUEZ PEREIRA, Paulo 'Las nuevas tecnologías: oportunidades y riesgos', en SALOMON, Jean-Jacques, et. al. (comp.) *Una Búsqueda Incierta. Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, México, Editorial de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas, Trimestre Económico, 1996.
- SABSAY, Daniel (2006) "El derecho a un ambiente sano y la democracia participativa". Valores, pensamiento crítico y tejido social. *Medio Ambiente y sustentabilidad de la vida*. YMCA – Asociación Cristiana de Jóvenes.
- SACHS, Ignacy, 1991 'El desafío ambiental', en SALOMON, Jean-Jacques, et. al. (comp.) *Una Búsqueda Incierta. Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, México, Editorial de las Naciones Unidas, Centro de Investigación y Docencia Económicas, Trimestre Económico, 1996.
- SEN, Amartya, *Bienestar, justicia y mercado*, Barcelona, Paidós, 1997
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación. Jefatura de Gabinete de Ministros. Presidencia de la Nación.,(2010) *Sistema de Indicadores de Desarrollo Sostenible*.

ANEXO 1

La formación ambiental del Ingeniero Civil en la UTN: (FRBA,UTN)¹⁵

Se vuelve necesario caracterizar brevemente la esencia de la asignatura “Ingeniería y Sociedad”. La actual propuesta de programa se articula a partir de la Ordenanza n° 764/95, la cual estipula una serie de contenidos mínimos para la asignatura ‘*Ingeniería y Sociedad*’ dentro del que fuera un Nuevo Diseño Curricular.

‘*Ingeniería y Sociedad*’ no responde a una sola disciplina académica en sentido estricto; se encuadra dentro del campo multidisciplinar conocido como STS (science-technology-society) donde se articulan las interrelaciones entre: ‘ciencia-tecnología y sociedad’. Así, la asignatura destaca los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología contemporáneas y en la influencia de valores y situaciones contextuales sobre éstas.

Se trata de inculcar en el futuro ingeniero la actitud de captar la creciente complejidad entre los elementos del medio natural y humano, y de relacionar las actividades humanas con las ideas, creencias y circunstancias sociales concretas.¹⁶

Su marco de referencia es uno de los objetivos fundamentales de la UTN, a saber, la formación de un ingeniero tecnológico que responda a los requerimientos del medio y sea promotor de cambios en el mismo, teniendo como meta un proyecto de crecimiento productivo.

El Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina, CONFEDI, considera a la ‘Ingeniería’ como “una profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar modos en que se puedan utilizar, de manera óptima, los materiales y las fuerzas de la naturaleza, en beneficio de la humanidad, en el contexto de restricciones éticas, físicas, económicas, *ambientales*, humanas, políticas, legales y culturales”.¹⁷

Experiencia realizada en las materias de Ingeniería y Sociedad e Ingeniería Civil I:

En el contexto de la carrera, ‘*Ingeniería y Sociedad*’ corresponde al área de asignaturas Homogéneas (comunes a las distintas carreras de ingeniería de la UTN) y Complementarias. Se considera que la formación complementaria debe apuntar a promover ingenieros conscientes de las responsabilidades sociales y capaces de relacionar diversos factores en el proceso de diseño, evaluación de proyectos y la toma de decisiones. Por tal motivo, los contenidos referidos a la formación complementaria (muchos de los cuales se consideran en este programa para la asignatura) cubren aspectos relacionados con las ciencias sociales, la epistemología, las humanidades (filosofía de la técnica, ética de ingeniería), así como idiomas, economía, legislación, organización industrial y gestión ambiental.

A su vez, las asignaturas del tronco integrador vinculan horizontal y verticalmente los saberes, procedimientos y habilidades alcanzadas en las demás asignaturas para la solución de problemas ingenieriles, cuya complejidad va creciendo progresivamente a lo largo de la carrera.

1.- Posibilidades de una articulación horizontal

En primer año, el estudiante tiene la posibilidad de cursar dos asignaturas que se integran horizontalmente, a saber: la integradora del primer nivel, según la especialidad, e *Ingeniería y Sociedad*. A modo de ejemplo consignamos el caso de la especialidad Ingeniería Civil: entre *Ingeniería Civil I* -la integradora del primer nivel- e *Ingeniería y Sociedad* -de formación complementaria-, hemos confeccionado un material didáctico conjunto titulado ‘La función del Ingeniero’¹⁸. Se trata de una guía de estudio y práctica sobre varios temas afines a ambas asignaturas, en especial: la evolución del concepto de ingeniería y de práctica de la ingeniería, la responsabilidad profesional del ingeniero y los desafíos del nuevo paradigma del desarrollo sustentable social y ambiental.

¹⁵ Adecuación de la formación ambiental del Ingeniero Civil en la UTN: estudio comparativo interfacultades” 25/CG03 (FRBA,UTN) PID Incentivado.

¹⁶ Programa de la asignatura Ingeniería y Sociedad (2011), de la Carrera de Ingeniería Civil, FRBA, UTN.

¹⁷ En la sesión plenaria N° XXIX del 19 de abril de 2001 celebrada en la ciudad de Resistencia, Provincia de Chaco, la Comisión de Enseñanza del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería encargó a una **Comisión Especial**, el estudio del vocablo *Ingeniería*. Para dichos efectos, esta Comisión Especial estudió cual de las definiciones existentes podría ser la más adecuada, sea para el vocablo **Ingeniería**, como también para las expresiones **Ejercicio Profesional de la Ingeniería** y **Profesión de Ingeniero**.

¹⁸ BRESSAN, Silvio, BUGALLO, Alicia Irene, MASCKAUCHAN, Marcelo, *La función del Ingeniero*, Buenos Aires, CEIT, UTN-FRBA, 2003 (nueva edición 2009 corregida y aumentada).

2.- Posibilidades de una articulación vertical

En cuanto a la articulación vertical, podemos consignar también un ejemplo desde el Departamento de Ingeniería Civil: se trata de la implementación de distintas investigaciones en las que se tomó en cuenta una temática que pudiera ser abordada por todas las asignaturas intervinientes.

La realización de tales investigaciones produjo la transferencia de experiencias, metodología y conocimientos al trabajo pedagógico-didáctico de las asignaturas implicadas en los proyectos de investigación. Como ejemplo se puede destacar el diseño de nuevos Trabajos Prácticos para el enriquecimiento de la tarea de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas consignadas.

Metodología

Los trabajos prácticos –tanto los que abarcan un solo tema, así como los de integración- que la cátedra de *Ingeniería y Sociedad* ha venido proponiendo hace años, acercan al futuro ingeniero a los problemas complejos

Todos los trabajos prácticos –pero muy especialmente el Trabajo Práctico Integrador- tienden a fortalecer e incentivar un conjunto de competencias intelectuales, sociales y prácticas.

Desde el punto de vista pedagógico-didáctico, los trabajos prácticos están orientados a asegurar los desempeños de comprensión y del proceso de trabajo en grupo de los estudiantes. Tal como fuera desarrollada por David Perkins y seguidores comprensión es un desempeño flexible que alcanzamos cuando podemos utilizar lo que sabemos para reflexionar y actuar sobre la realidad y así modificarla. Son actividades de comprensión o desempeños flexibles: describir, analizar, sintetizar, secuenciar, diferenciar, organizar, diagramar, comparar, relacionar etc.

CAMBIO CLIMÁTICO: A LA BÚSQUEDA DE FACTORES DETERMINANTES PARA LA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS COMUNICATIVAS

Córdoba P.

Arias 2547, Capital Federal Bs. As. Tel.: 1565789210 - cordova.pia@gmail.com.

Los estudios en comunicación sobre cambio climático son de reciente data, muchas publicaciones se avocan a recomendar el abordaje de temas o a dar instrucciones prácticas sobre todo en el tema del periodismo. Algunos autores opinan que los programas educativos y comunicativos son más bien programas de alfabetización científica, y no se están tomando en cuenta factores y procesos sociales y culturales que intervienen en la construcción de representaciones sociales. Dado este escenario, y la importancia de plantear estrategias efectivas en el campo de la comunicación, nos preguntamos ¿Qué pueden aportar las aproximaciones teóricas y conceptuales de la opinión pública para el reto de la construcción de opinión pública sobre cambio climático? ¿Qué pueden aportar las propuestas conceptuales y teóricas de la comunicación de la ciencia la salud o el riesgo desarrolladas hasta ahora? El trabajo se propone una breve revisión de la evolución conceptual y teórica de la opinión pública y de las orientaciones que se han asumido en la comunicación en campos como salud, ciencia, riesgo y comunicación para el cambio social, para luego, en base a la determinación del escenario actual planteado en el marco del Cambio Climático, explorar los posibles factores determinantes para la definición de políticas y la construcción de estrategias de comunicación sobre el tema.

¿Qué puede aportar el debate sobre las aproximaciones teóricas y conceptuales de la opinión pública para el reto de la construcción de opinión pública sobre cambio climático? ¿Hay paralelos o convergencias entre estas aproximaciones y las propuestas conceptuales y teóricas de la comunicación aplicadas a campos como la salud, el riesgo o la ciencia?

El término preciso de opinión pública se remonta a mediados del siglo XVIII, sin embargo el concepto en sí es mucho más antiguo, y ha tenido y tiene aún hoy y tras mucha polémica, una variedad de definiciones. "Protágoras hace referencia a "creencias (opinión) de las mayorías", Herodoto de la "opinión popular", Demócstenes de la "voz pública de la patria", Cicerón habla del "apoyo del pueblo" y Tito Libio de la "opinión unánime". Platón, hace una separación entre doxa (opinión) y epistema (ciencia), es decir el saber del vulgo, frente al auténtico conocimiento de la ciencia reservado a una minoría ..." (Tuesta, 1999).

Sin embargo, como describe Monzón (1996), el término opinión pública se suele atribuir por primera a J.J. Rousseau en 1750. En ese mismo siglo surgen pensadores acercándose a dar diversas definiciones del término (Temple, Foster, Burke, Kant y Bentham), y en 1781 por primera vez el Oxford Dictionary lo registra.

En el siglo XX, distintas disciplinas académicas, ofrecieron sus propias definiciones, según sus necesidades y colocando el acento en relación con los marcos de referencia conceptuales en que se sustentaban. El debate refleja la tensión de un concepto indefinido, ¿qué es público y qué es opinión? Price (1994), al analizar el concepto nos habla de tres sentidos, el estado del conocimiento, la costumbre (el aprobar o censurar) o la manifestación verbal de una actitud. El público son las multitudes, las masas, la opinión es el debate público sobre asuntos públicos. Para Monzón (1996), en su análisis a través del tiempo de este concepto, el mismo va unido al desarrollo de las democracias y las libertades públicas, a los cambios en las estructuras sociales y políticas. Crece y se fortalece con la aparición de innovaciones como la imprenta, y su combinación con espacios públicos, espacios de encuentro, como cafés salones, teatros, museos. Se crea poco a poco un público lector y espectador. Y entonces aparece otra tensión, no todos son público, ya que no todos pueden, por ejemplo, leer.

En resumen, podría decirse, que la opinión pública es componente de las democracias, remontándose como tal a la época de la antigua Grecia. Posteriormente, dadas las necesidades e intereses de muchos de los pensadores contemporáneos a la opinión pública se la ha relacionado frecuentemente al ámbito político, resultando en función de los procesos políticos muchos de los estudios sobre opinión pública. Sin embargo, salta a la vista que los intereses de los ciudadanos incluyen muchos otros aspectos. Aunque estos aspectos estén de alguna u otra manera ligados a ciertas posiciones políticas, un ciudadano no necesariamente asume una posición u opinión porque acepte posiciones políticas definidas. Incluso, en medio de la complejidad en la que vivimos, muchos ciudadanos pueden opinar de manera contradictoria dentro de un mismo asunto. Un ejemplo muy actual que ha estado reflejado en los medios impresos en Argentina, sería el caso de aquellos que defienden el matrimonio entre homosexuales aludiendo a un asunto de derechos, pero no están de acuerdo en que se confieran los mismos derechos que al matrimonio heterosexual (como por ejemplo en el caso de la adopción).

Los estudios sobre la opinión pública

La opinión pública ha sido un objeto complejo, abordado multidisciplinariamente y con carácter teórico y empírico. Los estudios sobre el tema han estado tanto a la búsqueda de los aspectos determinantes de la opinión pública en sus distintas facetas y contextos, como de sondear y diagnosticar la opinión general de los ciudadanos. El recorrido cronológico del estudio académico de la opinión pública devela, por un lado, las búsquedas conceptuales y teóricas para explicar procesos y encontrar factores determinantes y por otro, los estudios de corte empírico buscan el qué opinan los ciudadanos, cómo llegan a esa opinión y cómo cambia ésta en el tiempo. En estas búsquedas, se combinan disciplinas como la sociología, la política, la comunicación o la psicología.

Petracci (2003) comenta: “La opinión pública es un concepto polisémico y un objeto de estudio enigmático, que se ubica en el cruce de una complejidad de fenómenos, desde la formación del espacio público hasta la dinámica de los procesos políticos. Las referencias a la falta de definición y la búsqueda permanente de una teoría que sintetice las distintas perspectivas con coherencia y rigor científico es recurrente entre los estudiosos de este tema.”

A grandes rasgos podemos decir que los estudios de corte empírico han buscado desarrollar teoría y metodología de la investigación empírica para satisfacer la necesidad de definir y delimitar la opinión de los públicos. Definen unidades de análisis y procedimientos de muestreo, desarrollan técnicas cuantitativas y cualitativas. Trabajan sobre encuestas, su papel, su utilización y su validez. Abordan la Opinión Pública como instrumento de diagnóstico. Este enfoque suele ser objetivo de interés para políticos, consultoras y medios de comunicación. Surgen propuestas operativas pero también análisis críticos que derrumban los supuestos en los que se basan las encuestas, develando omisiones, falsos consensos, representatividades sobrevaluadas (Bourdieu, 1972).

Por otro lado, estudios conceptuales y teóricos se avocan a analizar medios, espacios y factores condicionantes para la formación de opinión. Las funciones sociopolíticas del fenómeno, condiciones para el proceso de cambio en las corrientes y formación de climas de opinión. Desarrollan teorías que estudian el impacto y efecto de los medios de comunicación en la Opinión Pública y los factores psicosociales básicos implicados en la comunicación.

Aunque parecen ser dos tendencias separadas, podría decirse que los estudios conceptuales y teóricos y los estudios empíricos se retroalimentan. Para este análisis nos centraremos en los estudios sobre efectos de los medios y aquellos que determinan la formación de opinión pública.

Comunicación y opinión pública, una rápida mirada a través del tiempo

Respecto al estudio de la comunicación, hay un largo recorrido que pone en juego diversas teorías, modelos y efectos, a la búsqueda de explicar la relación entre medios de comunicación y opinión pública, o entre otros factores y formatos de comunicación y la opinión pública. Hay una primera etapa de las teorías del impacto directo de los medios, entre 1920-1940. Hacia estos años, los académicos retrataron los medios a través de la llamada teoría de la aguja hipodérmica (“hypodermic needle”), teoría de la persuasión —que implican un público pasivo, directamente influenciado por la información que recibe. Pocos años después, los estudios empíricos contradecían el llamado impacto directo y surge la tesis de los efectos mínimos. Frente a las reflexiones y análisis de las limitaciones de los medios, para los años 60 ya se habla abiertamente de la etapa de la visión de los 'efectos limitados'. Surgen entonces modelos que toman en cuenta la influencia social, la búsqueda de factores no tan evidentes pero que contribuyen al refuerzo y cambio de opiniones y actitudes. Cobran importancia otros factores, como las instituciones, los espacios sociales locales importantes o que manejan liderazgo o autoridad, el poder, la comunicación interpersonal o cara a cara. Surgen: la 'teoría de la exposición selectiva' y la teoría del 'two-step-flow'.

Es un momento en el que además se habla intensamente de los estudios de audiencia y se mencionan entre otras, las teorías de los efectos psicológicos, teoría de usos y gratificaciones, teoría de recepción crítica, teoría de la audiencia activa.

Tras estas reflexiones, los medios recobran importancia por sí mismos. Los medios son reconocidos en su papel de reforzar opiniones individuales y determinar a qué le presta atención la gente. Surge la llamada fijación de la agenda, en inglés la llamada “agenda setting”. D'Adamo, et al. (2000), analizan cronológicamente, cómo es este recorrido, aportando además de la detallada descripción de cada modelo y sus distintas perspectivas, ejemplos empíricos locales, y haciendo aportes metodológicos. Lo interesante de esta etapa es cómo se va entendiendo que los procesos de comunicación son más complejos.

Desde los años 70 y hasta hoy, surgen enfoques que se sumergen aún más en la complejidad, teorías sociales, de enfoques críticos y efectos ideológicos. Entran en la arena la psicología del aprendizaje, los estudios culturales, y se habla de los efectos a largo plazo. Además, nuevas tecnologías entran en juego, cam-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

biando de manera significativa los modos de comunicación. Se habla de las opiniones de la gente, vistas conjuntamente y en determinado contexto. Surge Habermas con su teoría de la acción comunicativa y el concepto de opinión pública en relación al espacio público, complejizando la toma de postura de los individuos y rescatando aspectos políticos, éticos e institucionales. Se habla de los climas de opinión general. Se entiende que los ciudadanos perciben este clima de opinión y son influenciados por él. Surge Elizabeth Noelle-Neumann (1984) con sus estudios sobre la influencia de la opinión del colectivo sobre los individuos. Cuando una persona percibe que difiere de la opinión de la mayoría, se abstiene de expresarse, y viceversa. Esta es la base de la teoría llamada "espiral del silencio". Esta teoría implica que la sociedad amenaza a los individuos que opinan diferente de la mayoría, con el aislamiento. Los individuos experimentan un continuo miedo al aislamiento, el miedo al aislamiento provoca que los individuos efectúen una evaluación permanente del clima de opinión para expresar o no expresar o cambiar su opinión.

La complejidad crece y responde a un entramado de situaciones y predisposiciones, el emisor, receptor, el contexto local, global, aspectos psicosociales, sociales, culturales, las posibilidades tecnológicas. Al ver los cambios a través del tiempo, y frente al surgimiento de nuevas tecnologías y situaciones sociales, podríamos decir que la relación comunicación, público, opinión pública, está cambiando y va a cambiar constantemente.

Asumiendo una definición para Público (s), Opinión, y Opinión Pública

En base a lo discutido, y para efectos de este trabajo podríamos concluir que:

- El público son los grupos de personas que poseen opiniones acerca de algún problema general, o que no la poseen y eso también los califica. Pueden ser grupos asociados por un vínculo bien definido (asociación, religión), o simplemente el conglomerado de ciudadanos que opinamos al ritmo del día ante un acontecimiento o asunto.
- Una opinión asumimos que es la posición tomada respecto a un asunto o acontecimiento. Según Young, (1999), las opiniones son en realidad creencias acerca de temas controvertidos o relacionados con la interpretación valorativa o el significado moral de ciertos hechos. Aceptando esto, pero, acercándonos a una visión quizás un poco constructivista, asumimos la opinión como algo dinámico, que cambia según el sistema de interpretaciones, valores, presiones, gustos, lecturas y entendimiento progresivo, que se activa en cada ciudadano.
- La opinión pública implica algo colectivo, pero no es simplemente la posición sostenida por un público en cierto momento. El público interactúa entre sí y con medios u espacios que aportan a su opinión, y cada persona reevalúa sus opiniones y la suma de todas es aparentemente una consensuada, que va cambiando según los acontecimientos y el contexto. Cooley, (citado por Young, 1999) escribía: "La opinión pública... debe ser considerada como un proceso orgánico, y no meramente como un estado de acuerdo acerca de alguna cuestión actual".

Finalmente, si bien para su aplicación práctica se podría hacer el ejercicio de enumerar los factores determinantes de la opinión pública o los factores del proceso de formación de la opinión pública, estos deben ser asumidos en directa asociación a lo que se puede concebir como un "sistema vivo", de constante cambio.

Enfoques en comunicación para el cambio social, comunicación de la ciencia y comunicación para la salud

La comunicación para el desarrollo data de mediados del siglo XX, surgiendo con las diferentes aproximaciones teóricas propias de los estudios de comunicación ya mencionadas. En esta disciplina podrían describirse dos grandes tendencias: una primera etapa en la que surgen enfoques como persuasión, transferencia de información, difusión de innovaciones, mercadeo social, entre otros, y nacen en un momento en el que prevalece el concepto de que los países pobres carecen de conocimiento y hay que transmitirlos. Son modelos verticales, de una sola vía respecto a la comunicación de conocimientos y muy basados en el cambio individual de comportamientos. No sólo han sido ampliamente promovidos y usados por las agencias de cooperación internacional, sino que aun están presentes en gran parte de esos programas y de los programas nacionales de instituciones privadas y públicas.

Una segunda etapa, donde las propuestas de comunicación para el desarrollo están en relación con el contexto socio político, los valores e identidades de los pueblos y no sólo promueven el diálogo y la participación, sino que son gestadas desde las mismas comunidades, persiguiendo el cambio social en lugar de sólo el cambio a nivel individual. Surge en este contexto la comunicación para el cambio social (Waisbord, 2002, Gumucio, 2008, Encalada, 2008).

En el campo de la comunicación de la ciencia, partimos de observar que hay varias palabras definiendo el tema: comunicación pública de la ciencia, popularización de la ciencia, entendimiento público de la ciencia,

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

entre otros. Popularización de la ciencia es uno de los conceptos más utilizados a nivel gubernamental en Latinoamérica, también organismos de Cooperación como el Convenio Andrés Bello o la Red de Ciencia y Tecnología (RECyT) de MERCOSUR, hacen uso del término o la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología para Latinoamérica y el Caribe, Red-POP. Otra Red significativa y que está cobrando fuerza a nivel regional es la Red de Comunicación Pública de la Ciencia, (PCST), dándole fuerza a nivel académico a la definición de comunicación pública de la ciencia.

Los enfoques de comunicación de la ciencia han venido cambiando paulatinamente a medida que cambian las concepciones del desarrollo de la ciencia y la tecnología y a medida que maduran las visiones sobre las variables asociadas a la producción de la ciencia y la tecnología y a su papel en el desarrollo de la sociedad.

En cualquier caso, esta disciplina ha venido cambiando de visiones unidireccionales a visiones que propician el diálogo en la relación ciencia y sociedad, privilegiando procesos participativos. Hay dos modelos que describen esta situación: primero el Modelo de Déficit, un modelo vertical y lineal que parte de la idea de que el público carece de información científica y tecnológica y que los esfuerzos deben dirigirse a suplir esta carencia. Segundo y más en sintonía con los procesos democráticos y participativos, el Modelo Democrático, que toma en cuenta a la amplia gama de actores de la sociedad, propicia el diálogo y la participación en la toma de decisiones respecto a la ciencia y la tecnología. Muchos son los investigadores de la comunicación de la ciencia que disertan sobre el modelo democrático y su aplicación (Bruce, 2003, Lozano, 2008, Fayard, 2004).

En cuanto a la comunicación para la salud, ha tenido un amplio desarrollo, avanzando de manera muy asociada con la comunicación para el desarrollo y la comunicación para el cambio social. La comunicación para la salud, se vale de herramientas multidisciplinarias para alcanzar sus públicos y busca no sólo generar opinión sino de manera práctica informar, motivar y sobre todo, cambiar comportamientos. La investigación y la práctica de la comunicación para la salud, se han centrado en la práctica de la comunicación y su influencia en las creencias y comportamientos relacionados a la salud. Asumiendo como públicos a los individuos, comunidades, hacedores de políticas, instituciones y gobiernos y avanzando hacia concepciones que priorizan la participación y la inclusión.

En todo caso, al aproximarse a los conceptos de participación comunitaria, democracia participativa, los conceptos de comunicación, vengan de la disciplina que vengan, parecen cruzarse y converger en propuestas que se basan en el diálogo, tomar en cuenta el contexto socio-político y dar prioridad a la inclusión social.

Estas visiones de una comunicación dialógica, en marcos de participación ciudadana, con estrategias que abarcan la pluralidad de actores respetando sus visiones y maneras de hacer, está en armonía con la visión propuesta por Ulrich Beck (2001) y su concepto de "sociedad del riesgo." Beck habla de una sociedad en la que convivimos con los riesgos, donde los riesgos están constituidos según la percepción cultural y la definición que les damos, donde cuanto menos riesgos se conozcan, más riesgos se producen. Se plantea también la cuestión de la justicia en la distribución social de riesgos y la participación pública en su gestión. Para Beck, una sociedad que se percibe a sí misma como una sociedad del riesgo, se vuelve reflexiva.

Entonces, podríamos decir que,

- Hoy en día en la práctica asociada a estos campos al referirse a los individuos o audiencias se habla de receptores, receptores activos, interlocutores, productores, de exposición significativa, estados de disposición. En la sociedad han cobrado importancia las formas de organización social para participar, la existencia de normas y leyes, programas y opciones de soporte a las iniciativas de comunicación tanto en salud, como ciencia y tecnología o iniciativas de desarrollo comunitario.
- Todo parece converger hacia la combinación de enfoques (verticales, de diálogo y participativos). Todo parece develar que hay que considerar una especial complejidad (segmentación de audiencias, estados motivacionales, particularidades locales, integración de sectores), para abordar los procesos comunicativos.

Los escenarios planteados en el marco del cambio climático

Existe un fuerte consenso respecto a la importancia de los impactos ambientales asociados al cambio climático en el planeta ya que estos afectarán la vida humana. Los grupos de expertos conformados en respuesta a acuerdos internacionales han hecho predicciones de alta credibilidad al respecto (IPCC 2007, Protocolo de Kyoto 1997, Marco de Acción de Hyogo 2005). Los primeros efectos directos, que ya estamos presenciando, son el incremento en eventos como sequías y deslaves, aumentos y disminuciones en la afluencia de los ríos, aumento de las tormentas tropicales (Mani, M., Markandya, A. y Ipe, V. 2008).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

El conocimiento de que el cambio climático global se debe, en gran medida, a la liberación en la atmósfera de los gases de efecto invernadero provenientes principalmente de la quema de combustibles fósiles y de la deforestación, ha hecho que las estrategias iniciales propuestas por los grupos de expertos de países miembros de los distintos acuerdos estuvieran dirigidas a la “mitigación” de la producción de estos gases. Sin embargo, actualmente, aunque haya un controversial debate acerca de las emisiones de estos gases y el papel que juegan en el llamado cambio climático, es claro que los impactos mencionados ya se están manifestando y se manifestarán de manera cada vez más frecuente, por lo que se está haciendo énfasis en las estrategias de “adaptación” a los impactos. La adaptación implica desarrollar estrategias para tener capacidad de respuesta frente a los efectos potenciales. La evolución de la discusión internacional y los nuevos informes y análisis de expertos reflejan que hay fuertes diferencias entre países no sólo respecto a la responsabilidad frente al aspecto de la mitigación, sino también en cuanto a la vulnerabilidad y la necesidad y capacidad para la adaptación. (IPCC 2007, Earth Negotiation Bulletin 2007, Magrin, 2007). Entonces un tercer término entra en juego: la “compensación” (con transferencia de tecnologías, información científica y recursos económicos), a quienes son las víctimas en el mundo de los impactos negativos del cambio climático (Encalada, M. 2008). Dentro de este panorama, empiezan a surgir nuevas preguntas que problematizan la situación, ¿Para cada país, cuál es la simetría entre su contribución a las causas versus los padecimientos y consecuencias? ¿Qué factores determinan la capacidad de adaptación? ¿Cuáles deben ser los criterios de distribución de fondos y financiamiento internacionales? (Charlot, Sterrett y otros 2007, Raworth y otros 2007).

Pasando a otro aspecto de esta realidad, los reportes en la literatura y debates internacionales están pasando de definir impactos físicos a analizar los posibles impactos sociales y la repercusión en las relaciones internacionales, que hacen a la creciente complejidad del panorama (Mani, 2008, ICHRP. 2008, Charlot, 2007). Se pronostican problemas sociales asociados a enfrentar riesgos y desastres (migraciones, conflictos por recursos, conflictos en fronteras, conflictos de diversa escala entre individuos, grupos, zonas o regiones y entre países). Por otro lado las fronteras de ambientes naturales no coinciden con las fronteras políticas. El impacto en un ecosistema determinado del planeta no conoce de fronteras internacionales. Así por ejemplo, los beneficios más notables de la cuenca amazónica, como es la producción de lluvias, no sólo son para los países poseedores de esta cuenca, de hecho, el 40% de la lluvias que se registran en territorio argentino provienen de allí (Bunyard, 2005).

Los componentes sociales y políticos incrementan la complejidad de este problema, ¿Cómo van a manejar los países las negociaciones en este contexto social y político, frente a la interdependencia de los fenómenos naturales? ¿Hasta qué punto se podrá responder colectivamente (entre países) a los desafíos por enfrentar?

Comunicación sobre el cambio climático: el reto de una sociedad preparada

Los investigadores de la comunicación analizan que a nivel individual, el ciudadano deberá contar con herramientas de interpretación, con un nuevo lenguaje (asociado por ejemplo a lo meteorológico o a los riesgos comunes del caso), para su día a día. Con capacidad para desarrollar cambios de conducta preventivos frente a hechos que pueden o no ocurrir (siendo esto controversia pública de políticos y expertos), y entre los cuales se vaticina que muchos serán hechos catastróficos. Se requerirá de ciudadanos con capacidad de acción colectiva, organización comunitaria, con visión crítica, con predisposición a la solidaridad. Sólo un ciudadano informado y motivado (la información no es suficiente), y que cuente con soporte y lineamientos para la acción, participará en la construcción de planes y soluciones orientados a disminuir las consecuencias sociales, económicas y de salud del cambio climático. Por ello hacen falta campañas no sólo para informar, sino también para estimular y poner en práctica las capacidades propias de la población para trabajar sobre la habilidad y predisposición social al cambio y la adaptación. (Heras, 2005, Gumucio,(1) 2008, Encalada, 2008, Encalada y otros, 2008). Y por supuesto, para asomarse a todo eso, hay que empezar por despertar interés y estimular la opinión pública.

Por otro lado, los funcionarios y tomadores de decisiones constituyen un público fundamental, ya que habrá que promover acciones colectivas y esto implica que los gobiernos consideren que llevar a cabo acciones de este tipo, sólo se puede lograr promoviendo la construcción de redes ciudadanas de información, educación y participación activa en las acciones a nivel regional y local (Heras, 2005), e integrando actores y sectores así como la vida rural y urbana.

Antes de iniciar el trabajo comunicativo, los países deben tomar posición respecto a la orientación de las acciones a tomar. Hay un amplio debate, como hemos mencionado antes, sobre si los acentos son puestos en la mitigación, la adaptación, y/o si se considera también la compensación. Resulta plausible pensar que las decisiones dependerán en gran medida de la realidad política y social, y de la posible vulnerabilidad de cada país y su capacidad de respuesta. En este contexto, ¿Cómo garantizan los gobiernos la participación de los ciudadanos? ¿Cómo se producen los diálogos entre organizaciones sociales, gobiernos y otros acto-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

res sociales? ¿Cuáles y cómo son los espacios y políticas creadas para propiciar ese diálogo? A nivel institucional los gobiernos ya están delineando planes de acción y políticas públicas, ¿Cómo está siendo abordada la comunicación sobre el cambio climático en estos planes?

Una mirada preliminar a las comunicaciones oficiales, permite observar que el énfasis está muy concentrado en los pronósticos relacionados con los eventos extremos más probables o respecto al alcance de fenómenos ambientales como crecimiento del nivel del mar y desertificación de ciertas regiones. También se observa que el ritmo de los países latinoamericanos para tratar el asunto es muy disímil; por ejemplo, algunos países cuentan ya con dos informes nacionales, otros aún están emitiendo el primero. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), emitió un modelo de informe país, que también es muy controversial y que más bien responde a observaciones tradicionales, a consecuencias y a causas antropogénicas directamente asociadas a la producción de gases (CMNUCC 2004, CMNUCC 2009). El tema de la comunicación y educación ha estado muy ausente en las discusiones internacionales como son el IPCC y la CMNUCC digamos que tardíamente se comienza a pensar en la necesidad de definir agendas de comunicación e investigación en comunicación (percepción del público, barreras, estrategias efectivas).

El reto de una sociedad preparada, no es nada simple: los obstáculos y barreras serán propios de la gente, de las instituciones, de las dinámicas sociales y políticas. Pero por ahora, **¿Qué están haciendo los estudiosos de la comunicación?**

En su mayoría, son de reciente data los estudios en comunicación sobre cambio climático, muchas publicaciones se avocan a recomendar el abordaje de temas o a dar instrucciones prácticas sobre todo en el tema del periodismo. Para Gaudiano y Cartea (2009), los programas educativos y comunicativos son más bien programas de alfabetización científica, y no se están tomando en cuenta factores y procesos sociales y culturales que intervienen en la construcción de representaciones sociales. El aporta el análisis de obstáculos y barreras. En otro estudio reciente, Moser (2010), aborda algunos problemas para la comunicación efectiva en el tema y los retos que esta implica frente a la complejidad del cambio climático. Una mirada a las recientes publicaciones permite ver que nacen líneas de estudio como:

- Medir y definir ideas previas, construcciones, percepciones y opiniones de la gente
- Proporcionar aspectos clave para las campañas de comunicación y para el entendimiento público
- Proporcionar aspectos útiles para propiciar cambios de comportamiento, interés de los políticos
- Estudiar la aplicación de estrategias de mercadeo social, comportamientos sociales, difusión de innovaciones, campañas públicas, entretenimiento y educación, educación ambiental, comunicación para el desarrollo, comunicación para el cambio social
- Realizar estudios con enfoques de género o hacia poblaciones vulnerables: jóvenes y niños

Implicaciones

Una primera pregunta que surge tras toda esta discusión es ¿cuáles son los instrumentos, espacios u oportunidades de discusión pública que ofrece y estimula esta sociedad? Aunque no tengamos una respuesta inmediata, lo importante nos parece que es tomar en cuenta factores determinantes que harán de esos espacios algo efectivo. Dado esto, el debate explorado nos puede llevar a pensar en una serie de implicaciones que a manera de ejercicio práctico podrían ayudar a la hora de plantearse acciones respecto a la formación de opinión pública y a la comunicación sobre el tema de cambio climático:

- Abrir espacios de estímulo a la opinión pública o para expresar la opinión pública, y hacerlo considerando el diálogo, la interlocución y participación, más que la mera recepción.
- Ser sensible al interlocutor, usando múltiples formatos, haciendo múltiples desarrollos de esos formatos, acercándose a los múltiples espacios sociales y formas de organización considerando la disposición y saberes previos del interlocutor.
- Estimular el debate, apoyar la construcción de opinión personal, de toma de posición, generando climas de opinión y mecanismos de autonomía frente a los climas de opinion.
- Considerar lo local y lo global.
- Monitorear la opinión para definir acciones (y no al revés).
- Levantar a nivel local posibilidades de líderes, fuentes de autoridad (moral, intelectual).
- Construir redes interpersonales.
- Propiciar el uso de medios de participación acordes a la realidad local.
- Buscar paralelamente el cambio de actitud y el cambio social, no centrarse solo en el individuo.
- Pensar mas allá de las actividades aisladas – orquestar acciones.
- Exigir y co-organizar como ciudadanos, estrategias de gestión gubernamental.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- No pensar solo en lo inmediato. Considerar también los cambios a largo plazo.
- Abordar el trabajo comunicativo, de manera multidisciplinaria y basado en estrategias y articulaciones.

Algunas reflexiones finales

- El tema del cambio climático, por sus características, pone a prueba las distintas dificultades que en materia de comunicación conjugan asuntos como riesgos, salud, precaución, organización social, migración, negociación internacional, etc.
- Aunque los estudios y debates revisados reflejan una evidente complejidad para la comunicación, sin embargo, instituciones públicas, empresas y organismos Internacionales, suelen ofrecer planes de comunicación- divulgación sobre cambio climático, de una simpleza extrema. Desde este punto de vista, uno de los retos de la comunicación sobre cambio climático es ayudar a la sociedad a asumir la complejidad, cambiar su manera de verse en el contexto del cambio climático.
- Focalizar en generar opinión pública es un comienzo importante, ya que la priorización que el público y las instituciones le den al tema, catalizará la definición de políticas y la implementación de medidas.
- Al explorar los nuevos niveles de complejidad que ofrece el tema de la comunicación en el contexto del uso extendido de las nuevas tecnologías, habría que considerar que son muchas las naciones que enfrentan cortes de luz o fallas de satélites.
- En iniciativas de comunicación, no habría que olvidar la aplicación de lo que ya se sabe. Y eso sólo se puede hacer si se involucran quienes ya lo saben. La academia, es la primera que no queda exenta respecto a esto.
- También valdría considerar otras orientaciones en las agendas de investigación académica:
 - Investigar y considerar en el diseño de estrategias, los factores determinantes que hacen a un ciudadano proclive a opinar sobre Cambio Climático
 - Investigar los factores que convierten a la sociedad desde sus distintos sectores, en estimuladora de espacios de opinión
 - Investigar y considerar las dinámicas necesarias para poner en práctica esos factores determinantes
- Recordemos que la sociedad impone controles, manipulaciones y obstáculos y que esos controles, manipulaciones y obstáculos no siempre son claros, o a propósito. El ser analfabeto, el acceso a medios, la desarticulación social, la falta de espacios para el desarrollo de la opinión pública, son obstáculos. La organización social torpe, la falta de mecanismos para la participación ciudadana.
- Hace falta un esfuerzo de integración estratégica de todos los saberes involucrados para enfrentar estos nuevos retos que como vemos, tendrán que ver con la gobernanza, la convivencia y tolerancia, la salud, la cooperación, el riesgo ambiental, en fin, la sobrevivencia en entornos críticos.
- Para ello un paso fundamental es que los gobiernos nacionales, provinciales y locales incorporen explícitamente a sus estrategias de gestión y al diseño de políticas la dimensión comunicacional “en todo su esplendor...”

BIBLIOGRAFÍA

- Adrogué, G. 1996. “El debate sobre las propiedades de la opinión pública en los Estados Unidos”, *Sociedad*. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Sociales, 10.
- Beck, U. 2001. Retorno a la Teoría de la “Sociedad del Riesgo.” En: Boletín de la A.G.E. No. 30-2000, págs. 9-20
- Bourdieu, P. 1972. “La opinión pública no existe”, *Voces y Culturas*, nº 10: 137-146. Conferencia dictada en Noroit, Arras, en enero de 1972.
- Cazaux, D. 2008. La comunicación pública de la ciencia y la tecnología en la “sociedad del conocimiento.” En: Revista Razón y Palabra, No 65. Disponible en: <http://razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/dcasaux.html> , consultado en noviembre 2008
- Climate Change Communications Working Group. 2005. The Rules of the Game, Principles of Climate Change Communications. FUTERRA Sustainability Communications Ltd.
- Encalada, M., Gumucio, A., Acunzo, M. 2008. REFLEXIÓN 1, A manera de Introducción. La Comunicación para el Desarrollo frente a los nuevos desafíos del cambio climático. Foro Comunicación para el desarrollo, Disponible en: <http://www.comunicacionparaeldesarrollo.org>, consultado en enero 2009

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Encalada, M. 2008. Comunicación sobre el cambio climático. Manual para su planificación y práctica en América Latina. Corporación OIKOS-PNUMA, Quito, Ecuador. Disponible en: www.oikos.org.ec, consultado en enero 2009

González, E., Meira, P. 2009. Educación, comunicación y cambio climático. Trayectorias, volumen 11 Num.29. pp. 6-38

Gumucio, A.(1) 2008. Comunicación y cambio climático. Políticas y participación: más allá de los mensajes. Seminario de Educación, Capacitación y Comunicación para el Desarrollo Sustentable en Condiciones de Cambio Climático, 13 al 15 de octubre. UNESCO, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAP) de México. México DF. Disponible en: <http://gumucio.blogspot.com/2008/10/comunicacion-y-cambio-climatico.html> , consultado en enero 2008

Gumucio, A.(2) 2008. Communication for Social Change, A Key for Participatory Development. Disponible en: <https://knol.google.com/k/alfonso-gumucio-dagron/communication-for-social-change/2q2has1mvoyvp/2#> consultado en noviembre 2008

Habermas, J. 1981. *Historia y crítica de la opinión pública*. Barcelona: Gustavo Gilli. Capítulos seleccionados.

Lozano, M. 2008. El nuevo contrato social sobre la ciencia: retos para la comunicación de la ciencia en América Latina. En: Revista Razón y Palabra, No 65. Disponible en:

<http://razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/mlozano.html> , consultado en noviembre 2008

Heras, F. 2005. Los ciudadanos ante el cambio climático. En: Revista El Ecologista nº 45, otoño de 2005, pp. 30-33.

Mani, M., Markandya, A. y Ipe, V. 2008. *Policy and Institutional Reform to Support Climate Change Adaptation and Mitigation in Development Programs. A practical guide*. Environment Department Sustainable Development Network The World Bank.

Monzón, C. 1996. *Opinión pública, comunicación y política. La formación del espacio público*. Madrid: Tecnos. (Páginas 17 a 152).

Moser, S. 2010. Communicating climate change: history, challenges, process and future directions. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. Volume 1, Issue 1, pages 31–53, January/February 2010. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com>

Noelle-Neumann, E. 1984/1993. *La espiral del silencio*. Opinión pública: nuestra piel social. Buenos Aires: Paidós Comunicación. (Páginas 17 a 95; 255-278).

Petracci, M. 2003. "Pensar la opinión pública". *Zigurat, revista de la Carrera de Ciencias de la Comunicación*, Facultad de Ciencias Sociales, UBA, Buenos Aires, número 4, noviembre 2003: 8-18.

Price, V. 1994. *La opinión pública*. Buenos Aires: Paidós Comunicación.

Raworth, K. y otros. 2007. Adaptarse al cambio climático. Qué necesitan los países pobres y quién debería pagarlo. Informe de Oxfam, mayo de 2007. Disponible en: www.oxfam.org consultado en agosto 2008

Tepper, Steven J. "Public Opinion." *Encyclopedia of Community*. 2003. SAGE Publications. 10 May. 2010. Disponible en: http://www.sage-ereference.com/community/Article_n399.html

Waisbord, S. 2002. Family tree of theories, methodologies and strategies in development communication. Prepared for The Rockefeller Foundation 2002. Disponible en: <http://www.comminit.com/pdf/familytree.pdf> , consultado en julio 2008

Tuesta F., (1999). Opinión Pública. Disponible en:

http://www.iidh.ed.cr/comunidades/redelectorado/docs/red_diccionario/opinion%20publica.htm

X PCST. 2008. How to communicate climate change. List of recommendations from Copenhagen Challenge Workshops, June 26th 2008. Disponible en: <http://fm.formidling.dk/pcst/rec> , consultado en diciembre 2008

Young K., 1999. La opinión pública. (Texto original de 1948) Publicado en: Young, K. y otros. *La opinión pública y la propaganda*. Paidós, México, 1999.

Comunicaciones oficiales y documentos:

CMNUCC. 2004. INFORMANDO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO manual del usuario para las directrices sobre comunicaciones nacionales de las Partes no-Anexo I de la CMNUCC. 2004. Climate Change Secretariat (UNFCCC). Disponible en:

http://unfccc.int/resource/cd_roms/na1/mitigation/Resource_materials/UNFCCC_User_Manual_for_Guidelines_on_NAI_Nat_Com_2003/user_manual_Spanish.pdf , consultado en agosto 2008

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO LIMÁTICO. Naciones Unidas 1992. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> , consultado en agosto 2008

Earth Negitation Bulletin. 2007. Community-Based Adaptation to Climate Change. A Summary of the Second International Workshop. Published by the International Institute for Sustainable Development (IISD) in collaboration with IIED. VOLUME 135, NO. 1, SUNDAY, 4 MARCH 2007. Disponible en: <HTTP://WWW.IISD.CA/YMB/SDBAN/>, consultado en agosto 2008

Earth Negotiation Bulletin. Published by the International Institute for Sustainable Development (IISD) in collaboration with IIED. VOLUME 12, NO. 395, Monday 15 DECEMBER 2008. Disponible en: <HTTP://WWW.IISD.CA>

** El Earth Negotiations Bulletin, emitido por el Internacional Institute for Sustainable Development, ofrece relatorías altamente fiables del día a día de las negociaciones internacionales en materia ambiental y climática en particular.*

IPCC. 2007. Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on

Climate Change, Fourth Assessment Report Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers. Disponible en: <http://www.ipcc.ch/SPM6avr07.pdf> . consultado en agosto 2008

PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Naciones Unidas 1998. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> , consultado en agosto 2008

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

COMPOSTA URBANA, HERRAMIENTA EFECTIVA PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO. EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE UN PROGRAMA NO FORMAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.

Pérez Ruiz CL.

Universidad Autónoma de Zacatecas. Calle: Félix Bañuelos No. 206, col. García FE, Zacatecas, Zac., México. Cel. 044 492 1034149 - ailil_10@hotmail.com

El tratamiento de residuos orgánicos en la ciudad se presenta como una alternativa con gran potencial de efectividad en la lucha contra el cambio climático. El objetivo es formar una nueva mentalidad relacionada con la transformación de desechos orgánicos, buscando involucrar a la población a que desde sus hogares reduzca la cantidad de materia orgánica que llega a los rellenos sanitarios, ya que estos son la principal fuente antropogénica de emisiones de gas metano a la atmósfera. La metodología consiste en capacitar personas de distintos estratos, tanto económicos, académicos, como de edad, con la finalidad de tener mayor participación colectiva. La capacitación incluye más que conceptos teóricos, pues se les enseña en práctica desde la separación de residuos, hasta el tratamiento de los desechos a través de la composta. Comencé a trabajar hace un año, pero llevo aproximadamente 12 cursos-talleres, con más de 400 personas involucradas. He contado con el apoyo de diversas instituciones, como la Universidad Autónoma de Zacatecas, el Instituto de Ecología y Medio Ambiente del Estado de Zacatecas, Universidad Tecnológica del Edo. De Zacatecas, Consejo Zacatecano de Ciencia y Tecnología, además participé como ponente en el II Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable 2010. Basta tener una convicción clara para cambiar mentalidades y trabajar.

COMUNICACIÓN AMBIENTAL EDUCATIVA EN LAS RELACIONES PÚBLICAS E INSTITUCIONALES ¿MARKETING VERDE Ó RESPONSABILIDAD SOCIAL?

Gittlein SE.

Sixto Fernández 136. Lomas de Zamora. (1832). Buenos Aires. Argentina. Tel: (011) 15-59630339
ceremonial@sinectis.com.ar

Descripción del tema abordado.

En la comunicación hay diferentes facetas sociológicas que permiten establecer parámetros para su posterior implementación. La capacidad operativa y de gestión que tiene el área de las relaciones públicas e institucionales es mayor y puede ser utilizada en el ámbito educativo. Abordar esta temática como responsabilidad social conduce a un mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

Objetivos.

Emprender el tema ambiental desde otro ángulo como es la comunicación para que la comunidad tome conciencia de la problemática en su conjunto sumada a la cuestión del cambio climático como disparador y motivador.

Métodos.

Implementación de capacitación haciendo participar a los estudiantes interactuando con los diferentes públicos y/o actores.

Desde la organización de eventos facilitar estrategias para realizar campañas de difusión y concientización.

Resultados.

Este trabajo se ha aplicado en forma concreta en la Universidad insertando en las asignaturas de cátedra el desarrollo sustentable articulando con seminarios y cursos extra curriculares con participación externa de asistentes de la comunidad en su conjunto.

Conclusiones.

Tener información concreta para poder transmitir con eficacia.

Acordar un lenguaje común para obtener coherencia en los mensajes.

Aplicar técnicas para optimizar la coordinación en los equipos de trabajo.

Ser reactivos - proactivos con los actores involucrados en la educación formal e informal.

EDUCACIÓN AMBIENTAL: CONSTRUIR PROCESOS DE CAMBIO DESDE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA

Manasanch A.

UNLP, 55 N° 606, 1° A, La Plata, Buenos Aires, Argentina. (0221) 421 6533

amanasanch@editorial.unlp.edu.ar

El objetivo del trabajo es reflexionar en torno a las prácticas ambientales al interior de la cultura institucional de la Universidad Nacional de La Plata, con especial referencia a la Facultad de Periodismo y Comunicación Social, y diseñar estrategias educativas tendientes a la construcción colectiva de procesos de transformación.

Se destaca la necesidad de asumir un paradigma holístico y ecológico: la complejidad del conocimiento y la comprensión del planeta como totalidad. Desde una metodología cualitativa se realizó un diagnóstico inicial a través de observación, análisis documental, entrevistas, registro fotográfico y sondeo de opinión. La crisis ambiental mundial requiere de respuestas desde diversos ámbitos, especialmente desde el educativo: pensar cómo incorporar la dimensión ambiental en las prácticas institucionales. La Universidad es una organización inteligente, en continua transformación, y una institución de referencia social, con especial responsabilidad en el diseño de estrategias ambientales alternativas. Introducir la EA en el ámbito universitario implica un esfuerzo teórico y metodológico: repensar su rol en la comunidad. La comunicación constituye un eje central en esta reflexión.

La preservación del ambiente es actualmente un asunto prioritario en la agenda internacional. El creciente deterioro ambiental y los pronósticos poco alentadores para los próximos años nos obligan a pensar desde el ámbito de la educación superior nuevas prácticas, conductas, saberes, nuevos modos de estar en nuestra comunidad. A asumir responsabilidades y compromisos en el cuidado de nuestro entorno. Como actores centrales de la vida institucional universitaria, el desafío es articular estrategias que pongan la producción de conocimiento al servicio de las necesidades sociales. Necesitamos, tal como lo expresa el filósofo Edgar Morin, “aprender a estar allí (*dasein*), en el planeta. Aprender [...] a ser, vivir, compartir, comunicar, comulgar como hermanos del planeta Tierra. No sólo a ser de una cultura sino a ser terrícolas”¹⁹.

Se considera que un verdadero compromiso con el ambiente debe comenzar por las conductas individuales cotidianas, en pequeñas acciones transformadoras que no solo son positivas en sí mismas, sino que además sirven para construir modelos a seguir en otros ámbitos sociales.

La educación y la comunicación aparecen, claramente, en el centro de las transformaciones necesarias para lograr un cambio de conductas. “Nadie discute hoy en día que el cuidado y la sustentabilidad del medioambiente constituyen temas centrales, tanto de la agenda política como del debate académico internacional”, señala Adriana Puiggrós. “Sin embargo, ese debate que es al mismo tiempo político, económico y social, que es un debate en el que se discuten los modelos de desarrollo, también se está dando en el campo de la propia conformación de los saberes y del pensamiento crítico acerca de este, y por lo tanto, es un debate que necesariamente interpela a lo educativo”²⁰.

En la actualidad se hicieron visibles diversas situaciones de conflicto y grandes transformaciones demográficas, que impactaron en el desarrollo social y económico de las naciones y regiones. La lucha por los recursos energéticos esenciales –agua, combustible, suelo– es la que da origen a muchos de esos conflictos. En este contexto cabe preguntarse: “¿... cuál es el campo teórico de la educación ambiental? ¿Desde qué disciplinas y saberes debe abordarse? [...] ¿Cómo se incorpora la temática a los diseños curriculares y a las prácticas institucionales cotidianas? ¿En qué medida intervienen los diferentes actores: las instituciones educativas, los directivos, los docentes, la comunidad?”²¹.

El rol y compromiso de las instituciones de educación superior con esta tarea es, por ende, clave. No solamente a través de la sensibilización y formación de los ciudadanos, sino también mediante la promoción de estrategias de desarrollo sostenible desde el punto de vista ambiental.

“Todos los humanos viven en el jardín común de la vida, habitan en la casa común de la humanidad”, sostiene Edgar Morin. “Todos los humanos están incluidos en la aventura común de la era planetaria. Todos los humanos están amenazados por la muerte nuclear y la muerte ecológica. Todos los humanos sufren la si-

¹⁹ Morin, E. y Kern, A. B. *Tierra-Patria*, Nueva Visión, Buenos Aires, 1993, pág. 212.

²⁰ “La educación ambiental en el marco de la nueva Ley de Educación Provincial”, en *Anales de la educación común*, Tercer siglo, año 3, número 8, “Educación y ambiente”, Dirección General de Cultura y Educación, Dirección Provincial de Información y Planeamiento Educativo, 2007, pág. 12. [El subrayado es mío].

²¹ *Ibidem*.

tuación agónica del entremilenio”. En ese contexto, el filósofo asegura que es necesario tomar conciencia de la comunidad de destino terrestre. Ese debe ser el acontecimiento clave de nuestra época: “asumir la ciudadanía terrestre es asumir nuestra comunidad de destino”²².

El objetivo del trabajo es reflexionar en torno a las prácticas ambientales al interior de la cultura institucional de la Universidad Nacional de La Plata, con especial referencia a la Facultad de Periodismo y Comunicación Social, y diseñar estrategias educativas tendientes a la construcción colectiva de procesos de transformación.

La propuesta está orientada a la capacitación y sensibilización de todos los actores que conforman la comunidad educativa: estudiantes, docentes, no docentes y autoridades. Se apunta a lograr una transformación en las actitudes, aptitudes y valores de los sujetos en relación con el mejoramiento y la preservación de su entorno más próximo, la institución educativa. A través de un proceso de educación no formal, se intenta generar compromiso y participación en la problemática ambiental, a través de acciones y comportamientos concretos.

Asumimos a las prácticas cotidianas –individuales e institucionales– en la centralidad del cuidado ambiental, sin desconocer que estas operan dentro de un marco mayor e igualmente importante dado por las políticas de gestión ambiental institucionales, locales, nacionales e internacionales. Es así que tiende a pensar a la unidad académica que constituye su objeto de estudio como parte de una totalidad: la Universidad Nacional de La Plata. Y, en un sentido más amplio, de la educación superior y las instituciones educativas en su conjunto.

Metodología

Adoptamos la *metodología cualitativa*, que aborda los procesos, contextos y significados de la comunicación. La investigación cualitativa es el estudio sistemático de la experiencia vivida, es decir el entendimiento social y cultural de la gente a través de sus acciones, sus discursos y la percepción que desarrollan de sí mismos y en relación con los demás. La conducta individual tiene lugar dentro de un proceso de interacción que la significa. Es al interior de ese proceso de interacción que son importantes las percepciones de los actores, así como la negociación que se da entre ellos. La interacción es relevante no solo para definir el objeto de conocimiento, sino también para entender los límites del proceso de investigación: al acercarse a la realidad se interacciona con ella. Considerando que las técnicas de investigación social se aplican a una realidad siempre cambiante, el diseño técnico cualitativo se caracteriza por su capacidad de dar cabida a lo inesperado. Las herramientas utilizadas para relevar los datos necesarios para el diagnóstico fueron: observación participante, análisis de información documental cualitativa, entrevista, registro fotográfico y sondeo de opinión.

Una reforma del pensamiento: el paradigma de la complejidad

Esta propuesta se sitúa en el paradigma científico emergente, conocido bajo la denominación de *paradigma de la complejidad*, en el que confluyen diversas corrientes y pensadores. Este vasto movimiento intelectual, cada vez más presente en un creciente número de ámbitos disciplinares, plantea otra idea de la ciencia y de la investigación, que actualmente comienza a implantarse en muy diversos territorios científicos²³.

El nuevo paradigma replantea radicalmente muchos criterios que hasta el presente eran tenidos como inmovibles. Así lo expresa el premio nobel de Química Ilya Prigogine: “Asistimos a la emergencia de una nueva ciencia que no se limita a situaciones simplificadas, idealizadas, mas nos instala frente a la complejidad del mundo real”²⁴. Esta visión se distancia del esquema mecanicista –en el que todo estaba predeterminado de manera fija, lineal– y apuesta a uno más abierto, flexible, holístico y ecológico que exige una transformación fundamental de nuestros pensamientos, de nuestras percepciones y de nuestros valores. Es así que se habla del nacimiento de una nueva conciencia.

Para “reconocer y conocer los problemas del mundo, se precisa una reforma del pensamiento. Esa reforma [...] requiere, *ipso facto*, la complejización del conocimiento”, afirma Morin²⁵. Frente al reduccionismo que ha caracterizado a la ciencia occidental, “se asiste en la actualidad al nacimiento de un nuevo episteme científi-

²² Morin, E. y Kern, A. B. Óp. cit., pág. 213.

²³ Caro Almela, A. “El paradigma de la complejidad como salida de la crisis de la posmodernidad”, en *Revista Discursos*, Federación Andaluza de Semiótica, N° 16-17, 2002.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ Óp. cit, pág. 181.

co que pone el énfasis en la *totalidad* y no en los componentes *simples* de los fenómenos; que no trata de *aislar* los objetos a investigar, sino que privilegia el *contexto* donde éstos se sitúan²⁶.

Así el paradigma emergente se plasma en un nuevo entendimiento de la investigación científica que implica el concernimiento del investigador, frente a la tradicional abstención de su subjetividad con relación al objeto de estudio; la provisionalidad e incertidumbre como características definitorias del conocimiento científico y un ensamblaje entre ciencia y vida.

Estos conceptos llevan consigo un cambio de la mentalidad occidental y consiguientemente una profunda modificación de la mayoría de las relaciones sociales, así como de las formas de organización. "No podemos interpretar, entender el mundo, hablar del mundo, sin examinarnos, sin llegar a entendernos a nosotros mismos. Es esta conciencia la que nos obliga a examinar dentro de nosotros mismos las fuentes de la violencia y a descubrir estilos de vida cualitativamente distintos", sostiene Joost Kuitenbrouwer, uno de los representantes del paradigma. "Hay una creciente conciencia, independiente de posiciones políticas e ideológicas, de que existe una relación concreta existencial mutua entre nosotros, nuestras maneras de ser y la calidad del mundo en que vivimos"²⁷.

Aquellos que están pensando en esta dirección el futuro, coinciden en que el nuevo escenario mundial – signado por la acumulación tecnológica, la automatización y robotización de la producción, la revolución de la informática, la biotecnología y las telecomunicaciones– requiere de nuevas respuestas en todos los órdenes: político, económico, ecológico, cultural y muy especialmente en el *educativo*. Tal como expresa Morin: "El problema crucial de nuestro tiempo es la necesidad de afrontar estos desafíos desde un nuevo tipo de educación. Se trata de una reforma, no programática, sino paradigmática, que concierne a nuestra aptitud para organizar el conocimiento: conocer lo humano no es sustraerlo del universo sino situarlo en él"²⁸. Es por eso que propone repensar la educación, no solo desde las ciencias humanas y la reflexión filosófica, sino a través de un especial énfasis en la cosmología, las ciencias de la Tierra, la ecología y la biología molecular, "porque son las que permiten insertar y situar la condición humana en el cosmos, en la Tierra, en la vida"²⁹.

Una mirada holística del ambiente

Es desde esta nueva mirada holística de los fenómenos sociales que, en la presente propuesta, el *ambiente* se comprende como el conjunto de interrelaciones entre el medio natural, constituido por los reinos vegetal y animal, y el medio social, formado por las relaciones propias de la especie humana. Dada su conformación, el ambiente evoluciona constantemente. Esta transformación, continua, dinámica y compleja, determina sus peculiaridades básicas, que pueden sintetizarse en las dos siguientes:

- El ambiente presenta una tendencia a desestabilizarse; por consiguiente se hace necesaria una visión global (holística).
- El ambiente es relacional: el medio social interactúa con el natural; entre ambos fluye materia, energía e información.

Oikos-logos, sus principios básicos

La Ecología es la rama de la Biología que estudia las interacciones de los seres vivos con su entorno. El concepto *Ökologie*, creado en 1869 por el alemán Ernst Haeckel, surge del griego *oikos* (casa, vivienda, hogar) y *logos* (estudio o tratado). *Ecología* puede traducirse entonces como "el estudio de los hogares" y de su mejor modo de gestión.

En 1971 el biólogo norteamericano Barry Commoner postuló en su libro *El círculo que se cierra* cuatro leyes o principios básicos de la Ecología³⁰:

Todo está conectado con todo lo demás.

Principio de interdependencia: el ecosistema planetario es una totalidad. En la Tierra todas las cosas se interrelacionan. Es una red compleja de seres vivos, comunidades y ecosistemas, en la que cualquier cosa que le suceda a uno afectará a todo el resto, a modo de efecto dominó. El equilibrio y la armonía se logran

²⁶ Caro Almela, óp.cit.

²⁷ Ibídem.

²⁸ Grillo, M. C. "Los tres principios que fundamentan el cambio educativo. El paradigma emergente según diferentes autores", en línea.

²⁹ Ibídem.

³⁰ Medellín Milán, P. "Los 4 principios ambientales de Barry Commoner", en *Pulso*, Diario de San Luis, Sección Ideas, pág. 4, 12 de noviembre de 1998, San Luis Potosí, México. En línea:

<<http://ambiental.uaslp.mx/docs/PMM-AP981112.pdf>>

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

por la unidad de diversidades. Se trata de la totalidad ecológica, del equilibrio dinámico entre todos los elementos, que la naturaleza con sabiduría tiende a restablecer.

Todas las cosas deben ir a alguna parte.

En la naturaleza no existe el concepto de desecho: lo que un organismo expulsa es tomado por otro como alimento. En cambio, las descargas, emisiones y residuos que produce el hombre no desaparecen por arte de magia: se incorporan al ambiente. Nada desaparece: solo cambia de sitio.

La naturaleza es la más sabia.

El hombre dijo que dominaría la naturaleza. Sin embargo, en esta lucha de poder y antagonismo, quien ha vencido es la naturaleza. Si el hombre deteriora la ecosfera a tal grado que no pueda sostener la vida, la especie humana desaparecerá del planeta, pero la ecosfera recuperaría su salud en algunos millones o miles de millones de años.

El funcionamiento de la naturaleza se ha optimizado a lo largo del tiempo a través de una serie de procesos de mejoramiento. La evolución ha generado organismos y ecosistemas resistentes que pueden adaptarse unos a otros, en una interrelación que siempre replica la existencia y la vida. Sería imposible diseñar en un tiempo breve algo que funcione tan bien como lo que ha sido creado a través de una larga evolución.

Todo tiene un costo.

Debido a los cambios causados en la relación hombre-naturaleza, la biosfera se transformó en *tecnosfera humana*. La energía que se consume para producir la tecnosfera y satisfacer las necesidades humanas es energía perdida, que nunca más se puede utilizar para reproducir el sistema.

Cualquier actividad que desarrollemos sobre la Tierra tiene un costo. Pero los costos ambientales no los paga quien los produce, sino que repercuten en todos en general y en quienes resultan directamente afectados en particular.

El mundo del hombre en la naturaleza: la Ecología Social

A los aportes de la Ecología, Murray Bookchin³¹, uno de los pioneros del movimiento ambientalista y referente de la Ecología Social, le suma al *hombre* y su *mundo social*. Observa el papel que juega la humanidad dentro de la naturaleza, las relaciones de los hombres con las demás especies y con el ambiente.

No es novedoso decir que el hombre, en su "evolución", se separó gradualmente de la naturaleza. Pero en estos tiempos las consecuencias de esa ruptura se están haciendo sentir como nunca antes. La magnitud que alcanzó la explotación del ambiente pone en riesgo la *supervivencia* misma del hombre en la Tierra. La sociedad moderna, en su veneración irracional del crecimiento económico, está haciendo peligrar las formas de vida. Con prácticas de agricultura que atentan contra la diversidad ecológica (como los monocultivos y el uso de agroquímicos) se están destruyendo las cadenas alimentarias de las que depende la humanidad. Las ciudades, con sus contaminantes atmosféricos, avanzan contra la naturaleza. Los continentes, asegura Bookchin, no son más que "fábricas humeantes" y las ciudades, "ostentosos supermercados". Si ese escenario no se revierte, el planeta no podrá mantener al hombre como especie viable.

Se agotan los recursos

La destrucción masiva del ambiente se inicia con la Revolución Industrial y se agrava en la Segunda Guerra. Desde entonces y en pos del *desarrollo económico* (de algunos sectores) se explota y contamina la Tierra, dañando la integridad de la atmósfera, el clima, el agua, el suelo, la flora, la fauna y los ciclos naturales básicos para la vida. Este modelo de "desarrollo", que solo persigue aumentar la producción y el consumo a expensas del ambiente, está colapsando. Los elementos de la naturaleza, considerados por la maquinaria capitalista como meros *recursos*, no son eternamente renovables: se agotan.

El desarrollo sustentable

En 1987 se acuña, en el llamado "Informe Brundtland"³², el concepto de *desarrollo sustentable*, de extendido uso en nuestros días. Se lo define como aquel que "cubre las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las capacidades de cubrir las necesidades de las futuras generaciones". Este documento, fruto de tres años de reuniones entre científicos y políticos de todo el mundo, hace referencia a lo largo de sus 400 páginas al estado del planeta Tierra y destaca la importancia de trabajar de manera global, postulando que:

1. "La ecología ha dejado de ser una tarea nacional o regional, para convertirse en un problema global".

³¹ Bookchin, M. "El concepto de ecología social", en *Revista Comunidad*, N° 47, Montevideo, abril-mayo, 1985.

³² *The World Commission on Environment and Development*. "Nuestro futuro común", 1987.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

2. “La necesidad de conjurar los peligros ecológicos obliga a intercambiar opiniones con los países menos avanzados y a revisar a fondo la correlación ambiente-desarrollo”.

Un análisis muy sencillo permite determinar que el desarrollo sustentable es un sistema complejo, donde entran en juego tres variables de igual importancia: *la ambiental, la social y la económica*.

Comunicación y prácticas sociales

Pensar el ambiente, la ecología y el desarrollo sustentable desde esta perspectiva nos instala, entonces, en el plano de lo social. Para abordarlos desde una intervención comunicacional, será necesario señalar que en este trabajo la *comunicación* se asume como producción social de sentidos: las prácticas sociales, es decir, la vida cotidiana, son el centro principal de atención y objeto de estudio de los comunicadores. “Esto es lo que nos permite afirmar que en todos los sentidos posibles y en el marco de la transdisciplinariedad, que la comunicación resulta hoy imprescindible para comprender y desentrañar la complejidad de las prácticas que se dan en la realidad social y en las organizaciones. En otras palabras, creemos que *no es posible analizar hoy las prácticas sociales y de las organizaciones sin contar con el aporte de la comunicación*”³³.

Esta perspectiva de abordaje de los procesos sociales desde la comunicación implica situar su sentido en el terreno de la cultura. Como afirma Jesús Martín-Barbero: “Pensar los procesos de comunicación desde ahí, desde la cultura, significa dejar de pensarlos desde las disciplinas y desde los medios. Significa romper con la seguridad que proporcionaba la reducción de la problemática de comunicación a la de tecnologías”³⁴.

La comunicación es entendida entonces como un proceso integral que “crea las condiciones para que los saberes, vivencias y prácticas de los actores de cualquier comunidad puedan movilizarse para propiciar diálogos, generar encuentros, producir, compartir y circular sentidos; fortalecerse como individuos y organizarse autónomamente como sujetos de desarrollo social”³⁵.

Cambio y utopía

“Planificar es elegir aquellos puntos de horizonte hacia los que queremos dirigirnos. Es seleccionar el rumbo, los caminos que vamos a tomar y las etapas que vamos a atravesar, asumiendo que se hace camino al andar y que la propia marcha implica, en sí misma, procesos de transformación”³⁶. Comprendemos el proceso de *planificación* a partir de la idea fundamental que la vincula con el cambio, pero también con la *utopía*. La importancia de los contextos, el reconocimiento de la participación, el sentido utópico de los objetivos y el compromiso representan cuatro pilares fundamentales de esta perspectiva.

La *participación*, como “condición necesaria para transformar la realidad en sentidos propios [...] es una práctica de la vida cotidiana, que permite la interacción entre los seres humanos para construir soluciones a las necesidades de mejoramiento de sus propias condiciones de vida, de manera que se le dé prioridad al bien común”, sostiene Washington Uranga. Permite interrelaciones “más armónicas en espacios familiares, escolares, laborales y culturales, en los cuales interactúan los seres humanos coordinando acciones y significados comunes”³⁷. Sin embargo, como explica Fernando Tauber, *la planificación no garantiza nada: ordena la incertidumbre*³⁸.

La Planificación Estratégica Participativa

La *planificación participativa* “se verifica como un componente del discurso reciente de marcada vigencia, y como insumo indispensable para el proceso de desarrollo de la educación superior y, en particular, de las instituciones universitarias”, señala Tauber, quien considera que las universidades públicas son *organiza-*

³³ Uranga, W.; Arribi, C. y Vargas, T. “Comunicar en y desde las organizaciones”. Documento del Taller de Planificación de Procesos Comunicacionales, Facultad de Periodismo y Comunicación Social, Universidad Nacional de La Plata, s/f..

³⁴ Martín-Barbero, J. *De los medios a las mediaciones*, Editorial G. Gilli, Barcelona, 1987, pág. 227.

³⁵ Ceraso, C. “Proyecto de Desarrollo de Comunidades Indígenas (DCI): planificando políticas públicas desde el territorio”, en *Anuario de Investigaciones*, Facultad de Periodismo y Comunicación Social, Universidad Nacional de La Plata, 2006, pág. 31.

³⁶ Uranga, W. *Distintas perspectivas de la planificación*, Facultad de Periodismo y Comunicación Social, Universidad Nacional de La Plata, s/f.

³⁷ *Ibidem*.

³⁸ Tauber, F. Seminario de posgrado “La planificación estratégica en las instituciones educativas y el rol de la comunicación”, Facultad de Periodismo y Comunicación Social, Universidad Nacional de La Plata, 3 al 7 de mayo de 2010.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ciones inteligentes, capaces de aprender, es decir, capaces de cambiar o adaptarse a las condiciones de la realidad que les toca protagonizar, y de pensar propositivamente su futuro³⁹.

La *Planificación Estratégica Participativa (PEP)* para el desarrollo de las comunidades y de sus instituciones “incorpora la participación de los diversos actores sociales en la búsqueda de desarrollo, a partir de la concertación y el consenso”⁴⁰.

Tauber concibe al plan estratégico participativo como un proyecto político colectivo de futuro, concertado entre los actores sociales. “Es un proceso integral que aborda las problemáticas socio-cultural, económico-productiva y urbano-ambiental”. Constituye una herramienta de gestión del cambio en manos de la gente, útil para las actuales y futuras administraciones.

El Plan Estratégico, afirma, es una visión a largo plazo que involucra el presente; identifica las ventajas comparativas de la institución; construye un modelo de institución deseable; se centra en temas críticos, en oportunidades y problemas; está orientado a la acción; fomenta la participación y promueve una nueva cultura de la administración pública⁴¹.

Requiere *vocación de desarrollo sustentable*; sensación generalizada de crisis de crecimiento; máxima participación que garantice la legitimidad de las decisiones tomadas; compromiso y liderazgo de representantes de distintos sectores⁴².

Entre las *posibilidades* que abre la Planificación Estratégica, Tauber destaca que permite identificar tendencias, oportunidades y objetivos prioritarios; programar con eficiencia la asignación de esfuerzos y recursos en temas importantes y/o críticos; generar escenarios de consenso y compromiso para la acción; dar a las acciones diarias una dirección global; combinar la realidad con las expectativas de los actores; establecer planes de formación y capacitación dirigidos a las instituciones, que mejoren su propio funcionamiento y eleven su capacidad para intervenir en procesos de participación⁴³.

Elaborar un Plan Estratégico implica comprender el conocimiento profundo de la situación actual de la comunidad, fijar objetivos comunes, identificar obstáculos que puedan impedir su logro y establecer las acciones y procedimientos para alcanzar esos objetivos.

En el plano metodológico, un PEP involucra un diagnóstico, un pronóstico, una visión compartida, una misión o rol, un conjunto de estrategias y una valoración de resultados⁴⁴.

Tiene dos objetivos principales. El primero es penetrar en la cultura de la organización y crear en ella un sentido compartido, una noción colectiva de rumbo y de lo que importa a todos. La *visión compartida* es la percepción colectiva de qué es importante y por qué. Se construye a partir de diseñar procesos continuos donde la gente de todos los niveles pueda hablar con franqueza sobre lo que realmente le importa⁴⁵.

El segundo objetivo es transformar la realidad mediante estrategias de desarrollo comunitario y progreso colectivo. Mejorar la calidad de vida del conjunto social y la habitabilidad de la institución (hacia adentro) y posicionarla en la región y en el mundo (hacia fuera)⁴⁶.

Finalmente, es preciso señalar que entendemos a una *institución* como un proceso dialéctico⁴⁷, resultado de la tensión entre lo instituido y lo instituyente. No es un objeto inmutable, construido, una totalidad coherente, estable, acabada. La institución será considerada, entonces, como un todo en permanente proceso de transformación, “una práctica que sólo se puede definir en el movimiento continuo de la interacción entre los actores sociales”⁴⁸.

³⁹ Tauber, F. “La comunicación en la planificación y gestión para el desarrollo de las instituciones universitarias públicas argentinas: el caso de la Universidad Nacional de La Plata en el trienio junio 2004 – mayo 2007”, en *Anuario de Investigaciones*, Facultad de Periodismo y Comunicación Social, Universidad Nacional de La Plata, 2006, pág. 209.

⁴⁰ Tauber, F. *Comunicación en la planificación y gestión de las universidades públicas argentinas. El caso de la UNLP en el trienio junio 2004 – mayo 2007*, EPC, La Plata, 2009, pp. 88-89.

⁴¹ Óp. cit., pág. 98.

⁴² Óp. cit., pág. 99.

⁴³ Óp. cit., pp. 100-101.

⁴⁴ Óp. cit., pág. 101.

⁴⁵ Óp. cit., pág. 97.

⁴⁶ Óp. cit., pág. 98.

⁴⁷ Flores, F. *Creando organizaciones para el futuro*, Dolmen Ediciones, Santiago, 1994.

⁴⁸ Uranga, W. Óp. cit.

La educación no formal

Hemos planteado que el proceso de enseñanza-aprendizaje al que aspira este proyecto se encuadra en la perspectiva de la *educación no formal*. Esto significa construir un espacio pedagógico que obedece a una estructura y organización distinta de la escolar. La educación no formal es planificada e intencional, pero más flexible. No respeta tiempos fijados y adapta los contenidos del aprendizaje a cada grupo concreto. Eso no quiere decir que no exista una formalidad o que el proceso no sea educacional. Ambas condiciones están presentes, pero de un modo diferente al de la educación formal⁴⁹.

Con ese encuadre inicial, una propuesta de Educación Ambiental en la Universidad se plantea como una práctica orientada por los siguientes *principios*:

- El proceso acontece en forma no obligatoria: es de carácter voluntario.
- No existen mecanismos de represión.
- Las personas están implicadas en un proceso de aprendizaje, pero tienen una relación placentera con el aprender.
- Funciona como espacio de vivencia social, que refuerza el contacto con el colectivo y establece lazos afectivos entre los sujetos.
- Considera y reaviva las diferencias culturales de los individuos, que son respetadas y están presentes en el recorrido de los trabajos.
- Procura valorar la realidad de cada sujeto y que sus motivaciones estén presentes en las actividades.
- Proporciona elementos para la socialización y la solidaridad.
- Evita formalidades y jerarquías.
- Favorece la participación colectiva de forma descentralizada.
- Considera los deseos y anhelos de las personas.
- Construye o fortalece el vínculo afectivo entre los participantes.
- Utiliza y explora diversas formas de lenguaje y expresión; ofrece una pluralidad de posibilidades de comunicación, brindando canales para la expresión de ideas, intereses y deseos.
- Apunta a construir una identidad que contenga todas las identidades del grupo.
- Intenta que las personas se involucren voluntariamente, a través de las cosas con las que se identifican.
- Refuerza la autoestima de las personas con las que se trabaja.
- Considera el compromiso por cuestiones importantes para el grupo como punto fundamental para el desenvolvimiento de su trabajo, que prevalece ante cualquier otro contenido preestablecido

Educación Ambiental: oportunidad para el cambio

“La Educación Ambiental (EA) constituye un proceso filosófico y metodológico fundamental para generar alternativas de cambio. Y por ello, consideramos que trabajar en EA es una invitación a *atreverse*. A cuestionar no solo la sociedad, sino lo que somos nosotros mismos. A revisar nuestros valores. Lo cotidiano. Nuestra relación con los *otros*. Es una invitación a construir el territorio donde queremos vivir, donde queremos ser y estar, donde estamos y somos”⁵⁰.

Como campo de acción y conocimiento en construcción, apunta a propiciar un pensamiento relacional, que posibilite un tratamiento y una comprensión integral del ambiente para poder generar acciones transformadoras⁵¹.

Las cuestiones ambientales no se relacionan solo con la naturaleza o las Ciencias Naturales. Desde diferentes áreas curriculares y en todos los niveles educativos la construcción colectiva de proyectos institucionales puede servir de eje transversal y articulador para comprender la complejidad ambiental.

⁴⁹ Janela Afonso, A. “Educación No Formal”, en Olga Rodríguez de Moraes von Simson, Margareth Brandini Park, Renata Sieiro Fernandes. UNICAMP, Universidad Estatal de Campinas, 2001.

⁵⁰ García, D. y Priotto, G. *Educación ambiental: aportes políticos y pedagógicos en la construcción del campo de la Educación Ambiental*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de La Nación, 2009, pág. 140.

⁵¹ “Fundamentos de Educación Ambiental”, Unidad de Coordinación de Educación Ambiental, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

La EA no se limita a sensibilizar: debe indagar en las causas de los problemas ambientales y en las visiones de los actores que intervienen cada situación. Práctica esperanzadora, entendida como oportunidad para el cambio, alienta el compromiso y la participación, pero no pierde de vista que “las responsabilidades no son las mismas para todos”.

Es imprescindible que tenga continuidad en el tiempo: “prácticas aisladas y superficiales difícilmente puedan desarrollar saberes, valores y acciones ambientales para construir sociedades sustentables”⁵². Lograr que nos reconozcamos como parte del ambiente es el principal desafío, puesto que ese reconocimiento es el que orienta nuestras acciones cotidianas.

Saberes, hábitos y percepciones

Considerando central relevar la palabra de todos los actores de la unidad académica, entre los meses de abril y mayo de 2010, en las dos sedes de la FPyCS –avenida 44 y diagonal 113–, se realizó un sondeo de opinión en el que fueron encuestadas ochenta personas, entre estudiantes, militantes de agrupaciones políticas, docentes, no docentes y autoridades. Se diseñó un cuestionario anónimo, semi-cerrado, compuesto de doce preguntas, todas con la posibilidad de ampliar, especificar la respuesta o expresar una idea que no estuviese contemplada en ninguna de las opciones ofrecidas. Se añadió un espacio al final para revisar, corregir o incorporar comentarios libremente.⁵³

El cuidado ambiental aparece como un tema *prioritario* para el 58 % de los encuestados, mientras que otro 37 % lo califica como *importante*. No es un dato menor que el 95 % de la comunidad universitaria de la Facultad de Periodismo asigne este grado de relevancia a la problemática ambiental. No debe descartarse el hecho de que frente a este tipo de preguntas los encuestados suelen dar respuestas “políticamente correctas”; es decir que de algún modo se inclinan por la respuesta que creen que se espera de ellos. No obstante, este dato nos habla de un interés que es coincidente con la gran cantidad de iniciativas en la materia relevadas en la institución.

Aparece un contraste notable cuando se realiza la misma pregunta respecto de la institución. Aquí, solo el 3 % de los encuestados percibe que el tema ambiental es *prioritario* para la FPyCS, y un 22 lo ubica como *importante*. La mayoría (48 %) observa que el cuidado ambiental es *poco importante* dentro de la Facultad. Esta percepción parece indicar una gran diferencia entre aquello que los actores universitarios conciben como relevante de aquello que observan al interior de la institución.

Sobre la posibilidad de construir una política de gestión ambiental, la contundencia de la respuesta da lugar a dos reflexiones: por un lado, resulta positivo y alentador que un 92 % de la comunidad encuestada crea en la posibilidad de implementar o mejorar una política de gestión ambiental en la institución. Pero, por otro lado, los resultados dan cuenta claramente de que los actores de la Facultad no visualizan en el presente la existencia de una política en este sentido.

En la evaluación que los encuestados hacen de las prácticas de “los otros” dentro de la institución, se observa la tendencia a calificarlas negativamente. Solo el 21 % de los actores expresa que los demás llevan adelante prácticas orientadas a la preservación ambiental. Este dato se va a oponer claramente cuando se trate de evaluar las conductas propias.

En efecto, el 77,5 % de los encuestados evalúa de manera positiva su propia conducta ambiental. Aquí aparece nuevamente la tendencia a encuadrarse dentro de *lo correcto*, señalando al otro como responsable de las prácticas negativas.

Se considera central detenerse en los resultados que arroja esta pregunta, ya que en este caso no se está interrogando acerca de percepciones; tampoco se trata de una cuestión que coloque al encuestado en la situación de responder *lo correcto*: aquí se trata de una pregunta concreta, que busca relevar una información.

Es clave tener en cuenta que el 86 % de la comunidad manifieste no haber recibido de la institución no solo una *capacitación* ambiental sino siquiera *mensajes o indicaciones* tendientes a propiciar buenas prácticas ambientales. Este dato da cuenta de una dimensión que aún no ha sido trabajada lo suficiente desde la institución, pese a la existencia de múltiples iniciativas y espacios de acción dentro de la Facultad.

Acerca del conocimiento de espacios y proyectos ambientales en la institución, las respuestas aparecen más divididas: un 48,7 % responde afirmativamente mientras que un 38,7 lo hace de forma negativa.

⁵² *Ibíd.*

⁵³ Las encuestas fueron realizadas por la autora en el marco de su Trabajo Integrador Final (TIF) de la Especialización en Comunicación y Medio Ambiente, que dicta la Facultad de Periodismo y Comunicación Social de la Universidad Nacional de La Plata. El TIF fue evaluado, defendido y aprobado en mayo de 2011.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Solo el 6 % de los encuestados señala que las plataformas de las agrupaciones estudiantiles incluyen propuestas relacionadas con la preservación ambiental, mientras que el 48 % asegura que no y otro 45 directamente lo ignora. Es posible creer que el dato más certero corresponde al de una pequeña minoría que responde afirmativamente, mientras que el porcentaje restante puede expresar que *no* cuando, en realidad, lo desconoce.

El siguiente bloque de preguntas se relaciona con la evaluación de las conductas ambientales propias y colectivas dentro de la institución, haciendo foco en siete ejes: *agua, aire, contaminación visual, contaminación auditiva, energía eléctrica, gas y gestión de residuos*.

En el primer caso, la mayoría coincide en evaluar como *moderado* el uso del agua. La observación coincide con la respuesta que ofrecen los encuestados. En efecto, en la sede del Bosque las canillas cuentan con sistema de corte automático, lo cual optimiza el uso del recurso.

Respecto de la preservación del aire, no se mencionó el acto de fumar, a fin de no “dirigir” ni “anticipar” la respuesta de los encuestados. La observación da cuenta de que en ambas sedes de la Facultad es habitual la práctica de fumar, especialmente en pasillos y en oficinas (en menor medida, en las aulas). Si bien la mayoría considera que no se preserva la calidad del aire, es llamativo que un 28 % de los encuestados responda afirmativamente, lo que estaría señalando que un porcentaje de la comunidad educativa no considera que el humo de tabaco degrade la calidad del aire que se respira y en consecuencia, afecte a la salud humana. Se desprende de este punto la necesidad de trabajar intensamente para instalar esta problemática en el proceso educativo. Solo la mitad de los encuestados manifiesta conocer “alguna” reglamentación referida a la preservación del aire puro. Si tenemos en cuenta que la Ordenanza de la UNLP referida a la prohibición de fumar se dictó hace ya ocho años, cabe reflexionar acerca del desconocimiento de esa normativa entre quienes *habitan* cotidianamente una institución que, paradójicamente, está dedicada a la comunicación. Dentro del porcentaje que responde afirmativamente, una mayoría hace referencia a la prohibición de fumar *en las aulas*. Otros mencionan la prohibición de fumar en todas las dependencias de la UNLP, la nueva legislación referida a los espacios públicos o, simplemente, la expresión “prohibido fumar”. Entre el universo que asegura conocer alguna reglamentación relativa al aire puro, solo un 16 % afirma que se cumple en el edificio. El dato revela un problema bastante serio, si consideramos que este grupo de encuestados está diciendo que sí se cumple una norma que para muchos solo prohíbe *fumar en las aulas*. La totalidad de quienes afirman que la normativa no se cumple, coincide en que *se fuma en los pasillos, espacios comunes y en “algunas oficinas”*. Aparece también una cantidad de encuestados que asegura que también *se fuma en algunas aulas*. Estas percepciones concuerdan con la situación que se observa en las dos sedes de la Facultad: no hay lugares especialmente habilitados para ese fin y eso hace que los pasillos y espacios comunes se conviertan en los sitios más indicados, aunque se trate de espacios cerrados y no acondicionados para eliminar los restos del cigarrillo. En el caso de las Secretarías y restantes dependencias, advertimos que el permiso o la prohibición de fumar es una decisión de la persona con mayor autoridad en cada área: directivos fumadores, en general, permiten esa práctica dentro de su espacio de trabajo.

La existencia de contaminación visual aparece como un dato indiscutible tanto si se tiene en cuenta la cifra que arroja el sondeo de opinión (82,5 %) como si se corrobora lo registrado en la observación realizada. Entre los encuestados que respondieron de manera afirmativa, el 100 % asegura que la contaminación visual es generada por los carteles que colocan las agrupaciones políticas estudiantiles en casi todos los sectores del edificio, en especial en la planta baja y zona de escaleras. Este dato también es coincidente con el escenario relevado en la observación y en el registro fotográfico que se realizó en la institución.

En cambio, la contaminación auditiva no es identificada como un problema ambiental para el 63,7 % de los encuestados. Solo el 21,2 % que responde afirmativamente identifica como fuente de dicha contaminación al ruido proveniente de los pasillos y áreas comunes cercanas a las aulas situadas en planta baja. No obstante, ese nivel de ruido podría considerarse dentro de los niveles normales generados en una institución por la que transitan a diario cientos de personas.

A la hora de evaluar la eficiencia energética en relación con las prácticas de iluminación del edificio, la percepción de los encuestados aparece dividida: un 54 % niega que se malgaste la energía eléctrica, frente a un 40 % que sí observa un encendido de luces innecesario. Si se pone en relación este resultado con la observación y el registro fotográfico del edificio, surge que sí es habitual en la institución la práctica de dejar luces encendidas en espacios que no están siendo utilizados. Una posible lectura de esa percepción es que los actores de la institución no tienen incorporado el concepto de *eficiencia energética*, y por ende no registran un malgasto en este sentido. De hecho, las aulas vacías y los sanitarios aparecen como los espacios más notorios en los que se observa esta problemática. Sin embargo, debe apuntarse un dato sumamente llamativo: en el caso de los sanitarios situados en la planta baja de la sede del Bosque, con grandes ventanas de vidrio que permiten el acceso de luz natural, las luces permanecen prendidas día y noche debido a que no cuentan con llaves de encendido/apagado. En este punto no nos encontramos frente a una *práctica*

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ambiental negativa de la comunidad universitaria, sino ante una *deficiencia edilicia* seria y difícil de comprender.

En relación con la eficiencia en el uso de otro tipo de artefactos eléctricos o electrónicos, un 46 % de los encuestados tampoco considera como una práctica habitual en la institución el encendido innecesario de computadoras, aire acondicionado, ventiladores u otros equipos. Un 30 %, en cambio, percibe que sí se mantienen equipos prendidos cuando están fuera de uso. Aquí la necesidad de generar conciencia relativa al ahorro energético se direcciona especialmente a las autoridades, docentes y no docentes, únicos actores que manipulan estos equipos y en su labor cotidiana tienen acceso y poder de decisión para encender o apagar un aparato, o solicitar al personal de mantenimiento que lo haga.

Tanto la encuesta como la observación evidencian como práctica habitual en la institución el encendido permanente de hornallas destinadas a calentar agua para mate. Una mayoría del 52,5 % es consciente de esta modalidad, frente a un 31,2 % que parece no advertirlo.

Esta práctica señala también principalmente en dirección al personal de la institución y, en menor medida, a los estudiantes. El hábito de mantener encendidas las hornallas para calentar agua no solo no se identifica como una conducta negativa: en la cultura institucional, *lo negativo es apagarlas*, acto que constituye una falta de consideración hacia los demás.

El 61,2 % de la población encuestada considera al momento de realizarse la encuesta que las estufas no permanecen encendidas. Pero es importante destacar el 28,75 % de aquellos que no supieron responder.

Dado que el 66 % del universo consultado evalúa positivamente las condiciones de higiene del edificio, dato que se desprende asimismo de la observación y del registro fotográfico, este aspecto no se considera como un problema a trabajar en la institución, aunque más adelante abordaremos específicamente este tema ligado a la gestión de residuos.

Si bien un 37,5 % de los encuestados indica que no hay suficientes cestos de residuos, una mayoría del 60 % estima lo contrario. En efecto, se ha observado y registrado no solo una cantidad apropiada de cestos, sino también una clara disposición.

La mayoría de los actores –87 %– identifica claramente la ubicación de los cestos de residuos, y solamente un 13 % manifiesta desconocerla. El dato no es menor para el mantenimiento de buenas condiciones de limpieza en el edificio (aunque desde luego, no las garantiza) y para pensar propuestas para el manejo de residuos que desarrollaremos más adelante. Al momento de describir las conductas del otro respecto de los residuos, los encuestados las califican de forma negativa: para el 80 %, los integrantes de la institución tienen hábitos *regulares* o *malos* en relación con la basura. Aparece nuevamente aquí una visible tendencia a colocar *afuera* las malas prácticas ambientales. La observación muestra escenarios como este:

En tanto, nuevamente las conductas propias son calificadas por los encuestados como buenas o muy buenas en un 92,5 % de los casos. Solo un 7,5 % asume como regular su comportamiento, mientras que ninguno de los participantes lo califica como malo.

En relación con el proceso de recolección de los residuos en la institución, se observa un alto grado de desconocimiento. Cuando se pide a los encuestados especificar su respuesta, el 32 % que dice conocer cómo se realiza la recolección, ofrece vagas explicaciones que nos llevan a relativizar ese supuesto conocimiento. El desconocimiento casi total sobre el destino final de los residuos generados en la institución permite inferir que se ignora la disposición final de los residuos en general, ya que toda la basura que produce la ciudad va a un mismo lugar. En sus respuestas, los encuestados no hacen referencia al Plan de Clasificación de Residuos que impulsa el Municipio, por el cual los desechos recuperables son llevados a una planta modelo de separación, como un posible destino final. El 10 % que responde de manera afirmativa, al momento de especificar se limita a decir que “se juntan las bolsas y se las lleva el camión de la basura”. Lo que la mayoría desconoce es que un importante volumen de residuos ni siquiera es recolectado.

De los siete ejes ambientales sobre los que se indaga en el sondeo de opinión –agua, aire, contaminación visual, contaminación auditiva, energía eléctrica, gas y gestión de residuos– el 26,2 % de los encuestados considera que *la gestión de residuos es el tema más importante o urgente* para la institución. Un 15 % lo ubica en segundo lugar y un 18,7 %, en el tercero.

Estas cifras colocan en primer plano a la problemática de los residuos y abren un espacio de reflexión y acción para elaborar los lineamientos que seguirá este trabajo en su tercera parte: una propuesta de Educación Ambiental.

Un 92 % de los encuestados se muestra optimista frente a la posibilidad de transformar las conductas ambientales de los actores institucionales. En este caso, es la primera vez que se hace referencia a *los otros* desde una perspectiva positiva. Desde luego, cuando se habla de cambiar comportamientos subyace la idea de que las actuales conductas son deficientes. Pero la creencia mayoritaria de que es posible operar

una transformación en la comunidad educativa constituye un dato esperanzador de cara al diseño de una propuesta de Educación Ambiental.

La disposición a adoptar nuevas actitudes y conductas ambientales es igualmente preponderante –98 %– cuando los encuestados se refieren a sí mismos. Aunque se trata, una vez más, de una pregunta que puede inducir al encuestado a ofrecer *la respuesta apropiada*, no deja de ser una cifra significativa, ya que de esa predisposición depende la posibilidad de propiciar la reflexión, el pensamiento crítico, la toma de conciencia, la adquisición de saberes y de prácticas ambientales positivas al interior de la institución.

Una propuesta de Educación Ambiental

La identificación de prioridades ambientales que expresa la comunidad educativa da cuenta de que la problemática de los residuos es un eje relevante que permite planificar una intervención desde el campo de la Comunicación y Educación Ambiental. El PROYECTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS se orienta a la implementación de prácticas destinadas a la minimización de residuos en la Facultad de Periodismo y Comunicación Social de la Universidad de La Plata, en el marco de una política de gestión ambiental sustentable.

Partiendo de la noción de crisis ambiental global que enfrentamos actualmente, se considera que la educación superior debe asumir una responsabilidad para elaborar estrategias que sensibilicen a sus actores y permitan construir saberes, actitudes y valores ambientales en beneficio de su entorno. Desde esa perspectiva, y a través de un proceso de Educación Ambiental no formal que interpele a toda la comunidad educativa de la FPyCS –estudiantes, docentes, no docentes y autoridades– se pretende lograr la reducción, reutilización, clasificación en origen y recolección diferenciada de los residuos de la institución.

La propuesta se plantea como experiencia piloto que a futuro podría extenderse a todos los ámbitos de la UNLP. La participación de cada uno de los sectores será voluntaria, ya que lo que se intenta es sensibilizar a las personas y despertar un sentido de compromiso con la problemática. Para la implementación del Proyecto será necesario convocar a otros actores de la comunidad –gubernamentales y no gubernamentales– que respalden las acciones y colaboren en el plano de la gestión, la capacitación, los recursos humanos, materiales y financieros que requiere. Entre las principales líneas de acción del Proyecto, debe mencionarse la creación y fortalecimiento de las habilidades, actitudes y conocimientos ambientales que permitan a la FPyCS elevar su capacidad de gestión y desarrollo institucional sustentable. La comunicación ocupa un rol protagónico para conseguir que el conocimiento y la información generados a partir de esta experiencia sean compartidos dentro y fuera de la institución.

Objetivo general

Promover en la comunidad de universitaria una reflexión crítica sobre la problemática ambiental y el aprendizaje de valores, actitudes y habilidades ambientales que posibiliten la implementación gradual de una política de gestión de residuos orientada hacia el desarrollo sustentable de la institución. Generar un cambio de hábitos en la cultura institucional tendiente a minimizar la generación de residuos, a través de la reducción, reutilización de materias primas y separación en origen de los desechos producidos en el establecimiento, mediante un proceso de educación no formal.

Metodología

Para el logro de los objetivos propuestos, el Proyecto contempla la realización en forma secuencial e integrada de 12 acciones y actividades, de participación voluntaria.

Acciones y actividades

1.- Comunicación interna del Proyecto

Durante el mes de abril se realizará la campaña de presentación y promoción del Proyecto dentro de la FPyCS. El objetivo de esta acción es lograr que los integrantes de la institución reciban información sobre la propuesta: sus fundamentos, propósitos, actividades previstas, modos de participación. Las herramientas que se utilizarán para difundir el Proyecto serán:

- Elaboración de una página web con toda la información de la propuesta.
- Inclusión de un *link* en el portal de la Facultad de Periodismo y en el de la Universidad Nacional de La Plata, que dirija al navegante hacia dicha página.
- Envío de *mailing* a autoridades, docentes, no docentes y estudiantes de la FPyCS.
- Breve presentación durante el dictado de materias en todas las aulas.
- Invitación personal en cada una de las dependencias de la institución (decanato, secretarías, direcciones, centros, departamentos, etc.).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- Invitación personal ante las diferentes agrupaciones políticas estudiantiles establecidas en los espacios comunes de la Facultad.
- Se descarta la confección de piezas gráficas como volantes, folletos, invitaciones o programas de actividades en soporte papel, por considerar que ese recurso iría en contra de la propuesta que se quiere llevar cabo: reducir al mínimo el uso de papel y optar por los soportes digitales y la comunicación cara a cara resulta una opción acorde a los lineamientos del Proyecto.

1. *Jornada de Apertura*

Se prevé para el primer lunes de mayo en la sede del Bosque de la FPyCS. El objetivo de esta acción es presentar e inaugurar oficialmente el PROYECTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS, a través de un acto en el que se invite a todos los miembros de la institución a participar de las actividades previstas. La Coordinación General estará a cargo de esta tarea, con la participación de autoridades de la Facultad y de la UNLP. Se considera óptimo disponer del salón de actos y contar con un proyector para dar a conocer la propuesta en forma ágil y dinámica. Durante la Jornada se iniciará el proceso de inscripción a las diferentes actividades. Parte del equipo coordinador asumirá esa tarea, intentando sumar la mayor cantidad de interesados posible. También se colocarán en esta etapa cestos para la separación en origen de los residuos, tema que se profundizará en las instancias de formación.

2. *Taller de Educación Ambiental y Universidad*

Se realizarán encuentros todos los viernes durante el mes de mayo. Los destinatarios del Taller serán todos los integrantes de la institución que voluntariamente deseen participar.

En cada encuentro se trabajará un eje temático, a través de estrategias de educación no formal que propicien la participación y el intercambio entre los asistentes, y promuevan la reflexión y el pensamiento crítico sobre la problemática ambiental en general y sobre el tema de los residuos en particular, a partir de la noción de conflicto.

3. *Capacitaciones diferenciadas por sectores*

Los actores de la institución comparten determinados espacios físicos pero realizan en su interior actividades diferentes. Es necesario ofrecer capacitaciones específicas sobre minimización de residuos para los diversos sectores de la institución, en especial:

- Personal de mantenimiento encargado de la recolección interna de residuos.
- Autoridades y personal que se desempeña en oficinas.
- Docentes.
- Empleados de bufet y fotocopiadora.
- Estudiantes y militantes de agrupaciones políticas.

Esta actividad tendrá una duración estimada de una hora y media y se llevará a cabo todos los martes de mayo (un día para cada sector). El contenido de las capacitaciones estará dado por información y recomendaciones específicas para la minimización de residuos en cada ámbito. Asimismo se colocarán cestos y señales de referencia para la separación de residuos y un afiche con recomendaciones para su minimización. Se espera que en cada área de trabajo una persona se sume como voluntaria, para impulsar cambios de hábitos desde su lugar de pertenencia. El último martes de junio se realizará un nuevo encuentro con cada sector que permita registrar los avances, obstáculos, grado de compromiso, inquietudes, sugerencias.

4. *Relaciones institucionales*

Desde el inicio del Proyecto se procurará iniciar vínculos con fundaciones, cooperativas, instituciones y ONGs locales, potenciales beneficiarias de las materias primas que genere la Facultad a partir de la separación en origen de los residuos. Se espera que en este período se definan las entidades que serán favorecidas con el Proyecto y se firmen los correspondientes acuerdos, de modo que en el mes de mayo se ponga en marcha la propuesta. Se conformará un equipo para trabajar en el diálogo continuo con las entidades participantes y en la gestión de recursos a nivel municipal, provincial y nacional.

5. *“Cátedras por el ambiente”*

A comienzos de junio, se convocará a los profesores titulares, adjuntos y jefes de trabajos prácticos de las cátedras del Profesorado y la Licenciatura en Comunicación a una reunión para invitarlos a participar de la iniciativa “Cátedras por el ambiente”. Adherirse a esta propuesta significa comprometerse a dedicar una de las clases del mes para abordar la dimensión ambiental desde la especificidad de cada materia, extendiendo la invitación a sus respectivos equipos docentes. La reunión será un

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

espacio de diálogo e intercambio sobre posibles abordajes y actividades áulicas. Si bien parece más factible que sean los talleres de producción los espacios más flexibles para trabajar un eje transversal como el que se propone, también puede resultar interesante que las materias teóricas (comunicación, sociología, filosofía, opinión pública, derecho de la comunicación, entre otras) aborden el tema desde una perspectiva crítica.

6. *Ciclo de charlas - debate*

Los jueves de la segunda y cuarta semana de mayo y junio, tendrá lugar un ciclo de cuatro charlas-debate, abiertas al público en general. Se invitará a referentes del campo ambiental a disertar e intercambiar ideas con los participantes. Se espera que esta actividad sea también una oportunidad para que los estudiantes realicen coberturas periodísticas.

7. *"Eco-cine"*

Los dos últimos viernes de mayo y los dos primeros viernes de junio se llevará a cabo un ciclo de proyección de películas y documentales referidos a la crisis ambiental, el cambio climático y la relación del hombre con su entorno, como "La hora 11", "Home", "La verdad incómoda". La actividad será abierta a la comunidad en general.

8. *Producción gráfica, radiofónica, audiovisual y multimedia*

Con el apoyo de las Áreas de Gráfica, Producción Radiofónica, Producción Audiovisual y Producción Multimedia de la Facultad, se invitará a los estudiantes a elaborar materiales comunicacionales sobre ambiente y residuos. La actividad, que se iniciará el mes de junio y finalizará a mediados de julio, representa una instancia de práctica comunicacional y/o periodística en diferentes géneros y formatos, que además será valiosa como insumo para dar a conocer la experiencia a la comunidad platense. Se intentará en este sentido aprovechar con los recursos de los que dispone la institución, como Radio Universidad, el Canal Universitario, las páginas web de la Facultad y de la UNLP y la posibilidad de realizar publicaciones gráficas.

9. *Sistematización y autoevaluación*

El registro y sistematización de cada una de las acciones y actividades del Proyecto, así como la evaluación continua del proceso de enseñanza-aprendizaje, considerando las percepciones e inquietudes de todos los participantes, los logros, limitaciones o eventuales obstáculos, permitirá plasmar ese nuevo conocimiento y realizar ajustes necesarios. Es por eso que la sistematización y la auto-evaluación constituyen dos acciones contempladas desde el inicio hasta el final del Proyecto.

10. *Jornada de Cierre*

La última semana de julio se llevará a cabo una jornada de cierre, en la que se expondrán los trabajos y se proyectarán los materiales audiovisuales realizados por los estudiantes. Asimismo, esta actividad prevé un encuentro final destinado a compartir reflexiones sobre la experiencia y realizar una evaluación final entre coordinadores y participantes. Se espera que en esta instancia se consoliden también equipos de trabajo interesados en la continuidad de las líneas de acción del Proyecto y nuevas propuestas orientadas a la sustentabilidad de la institución.

11. *Comunicación y difusión externa*

Con frecuencia la Universidad produce mucho más de lo que comunica. Las estrategias de difusión del Proyecto *hacia afuera* de la institución tendrán como objetivo brindar a la ciudadanía toda la información relativa a la experiencia educativa que lleva adelante la FPyCS, con especial énfasis en las actividades abiertas al público en general, como las jornadas de apertura y cierre, las charlas-debate y el ciclo Eco-cine. Para esta acción deberá establecerse un fuerte vínculo con los medios de comunicación locales (diarios, radios y canales de TV), comerciales y universitarios. Asimismo los medios e instrumentos digitales (boletines, blogs) y las redes sociales como *Facebook*, *YouTube* y *Twitter* constituyen espacios de fácil acceso y utilización, alto potencial de alcance y muy bajos costos.

La primera semana de abril se procurará difundir el inicio próximo del Proyecto. La cuarta semana se promocionará la jornada de apertura, de acceso libre para el público en general. También se informará acerca de las actividades internas, es decir, el inicio del Taller de Educación Ambiental y Universidad y de las capacitaciones específicas sobre manejo de residuos que recibirán las distintas áreas de la Facultad.

En la segunda semana de mayo, se anunciará e invitará al público al ciclo de charlas-debate, reiterando luego la información con anterioridad a cada una, es decir, cuarta semana de mayo; segunda y cuarta semana de junio. Del mismo modo deberá informarse la exhibición de películas en el marco

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

del ciclo “Eco-cine”, actividad programada también para el público en general, durante la tercera y cuarta semana de mayo y la primera y segunda semana de junio.

Por último, la tercera y cuarta semana de julio estarán destinadas a transmitir los logros del Proyecto y a invitar a toda la comunidad a la jornada de cierre.

Destinatarios

Población objetivo: comunidad educativa de la Facultad de Periodismo y Comunicación Social de la Universidad Nacional de La Plata: autoridades, docentes, no docentes y estudiantes.

Responsables institucionales: para la conformación del equipo de trabajo encargado de coordinar las diferentes áreas del Proyecto, se convocará a todos los actores de la Facultad vinculados con lo ambiental: tesis de grado y graduados que hayan trabajado sobre un tema ambiental, estudiantes y egresados de la Especialización en Comunicación y Medio Ambiente, directores y equipos de investigación que trabajen en la temática, docentes de las materias de grado y seminarios ambientales, directores y participantes de proyectos de extensión y voluntariado.

Beneficiarios:

- Comunidad educativa de la FPyCS;
- Entidades con las que se establezcan convenios;
- Facultades de la UNLP con las que se celebren acuerdos;
- UNLP, ya que fortalece su imagen institucional y puede tomar de esta experiencia piloto las bases para reproducirla en un Plan que contemple a todas las unidades académicas, jardines, escuelas, colegios preuniversitarios y dependencias.
- Municipalidad de La Plata, al reducir los costos de transporte y el volumen de residuos para disposición final.

Recursos humanos y materiales

La implementación del Proyecto requiere:

- Apoyo institucional de la FPyCS: comprometer a las autoridades y responsables de las diferentes áreas (secretarías, direcciones, departamentos, centros, programas y unidades) a facilitar los espacios físicos y los materiales necesarios para el desarrollo de las actividades previstas y a presenciar y participar activamente en ellas.
- Conformar un equipo de Coordinación General con los integrantes de la Facultad vinculados en forma directa con la temática ambiental, en especial docentes, estudiantes y graduados de la Especialización en Comunicación y Medio Ambiente.
- Convocar a los miembros de la institución en general a trabajar de forma voluntaria en una de las siete áreas del Proyecto, designando para cada una un coordinador.
- Constituir un equipo de docentes, en especial de los talleres de producción, que adhieran a la propuesta y actúen como nexo con los estudiantes.
- Invitar a los referentes de las diversas agrupaciones políticas estudiantiles a sumarse al Proyecto y difundirlo entre sus militantes.

Sistematización y evaluación

La sistematización de cada una de las etapas del Proyecto posibilitará –como señalamos antes– registrar los procesos y resultados de la propuesta. Servirá para no perder el conocimiento generado a través de la implementación del Proyecto, compartirlo y difundirlo.

No se trata solo de *ordenar lo que conocemos*, sino de plasmar una *reflexión crítica* sobre ello, recuperando las experiencias de cada uno de los participantes en el proceso: aquí se intentará analizar las experiencias compartidas; construir nuevos conocimientos de forma participativa; registrar periódicamente todas las actividades (a través de relatorías, informes); explicar contradicciones, conflictos grupales y modos en que se solucionaron; explicitar cómo se realizó el trabajo; si se aprovecharon los recursos al máximo; si las actividades fueron adecuadas para alcanzar los objetivos y si los objetivos fueron útiles para la solución del problema.

El Proyecto contempla un proceso de evaluación integral y permanente para analizar los avances, identificar los obstáculos y pensar en la manera de superarlos, decidir qué modificaciones y cambios deben hacerse respecto del camino planteado inicialmente. Asimismo, prevé una evaluación final, que permita medir los

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

resultados de la intervención en relación con el logro de los objetivos propuestos. En esa instancia, se espera visualizar el aprendizaje de saberes, habilidades y actitudes, así como la experiencia del trabajo en equipo y las posibles reestructuraciones que demande el Proyecto. Durante el transcurso de las actividades deberán registrarse datos, experiencias e intercambios de ideas y reflexiones sobre la eficacia de las estrategias implementadas. También será necesario realizar reuniones periódicas para evaluar avances, corregir errores, resolver dificultades que surjan en la intervención e incluso hacer modificaciones en el Proyecto original.

Conclusiones

Las consecuencias del desequilibrio en la relación del hombre con la naturaleza se están haciendo sentir cada vez con más fuerza. En un contexto de crisis ambiental mundial, se abre paso un paradigma que nos acerca una nueva idea de la ciencia y nos instala en la complejidad del mundo real. Un paradigma holístico, ecológico y flexible que nos exige, en medio de la incertidumbre, una reforma de nuestros pensamientos, percepciones y valores: *una nueva conciencia*. La complejización del conocimiento se orienta hacia la comprensión del planeta como totalidad, donde el equilibrio se alcanza por la unidad de diversidades, bajo el principio de interdependencia. A descubrir estilos de vida diferentes. A tomar conciencia de la relación entre nuestros modos de ser y actuar y la calidad del mundo que habitamos. El tan nombrado *desarrollo sustentable*, que combina lo ambiental, lo social y lo económico, nos hace pensar en la continuidad que vincula nuestros actos del presente con las consecuencias del futuro. Este nuevo escenario mundial requiere de respuestas desde diversos ámbitos, pero especialmente desde el educativo. Exige pensar cómo incorporar la dimensión ambiental en las prácticas institucionales.

La Universidad es una organización inteligente, un organismo vivo en un proceso de continua transformación. Y es, además, una institución de referencia para la sociedad. Anclada en un espacio estratégico en el desarrollo social, tiene una especial responsabilidad en el diseño de estrategias ambientales alternativas. Introducir la Educación Ambiental en el ámbito universitario implica un enorme esfuerzo teórico y metodológico, que exige repensar el rol de la Universidad en nuestra comunidad.

La comunicación constituye un eje central en una reflexión sobre el vínculo educación superior/ambiente que nos permita construir una conciencia ética de respeto por todas las formas de vida con las que compartimos la Tierra.

Concebimos a la Educación Ambiental –un campo que en su evolución histórica, especialmente desde los años 90, ha logrado un creciente involucramiento de las instituciones universitarias– como *un acto político e ideológico* que apunta a formar ciudadanos con conciencia social y pensamiento crítico respecto de los modos de desarrollo de nuestras sociedades, sin desatender las causas de los problemas. Es, también, *un derecho y una oportunidad* para la transformación de actitudes, valores y habilidades de los sujetos en relación con su entorno inmediato y cotidiano, desde una mirada integradora, interdisciplinaria y relacional, orientada a lograr que nos reconozcamos como parte del ambiente.

En el recorrido de este trabajo encontramos que la Universidad Nacional de La Plata no está al margen de este nuevo paradigma y asume una responsabilidad cada vez mayor en la generación de soluciones.

Hay un optimismo generalizado sobre el futuro. Como explica el presidente de la UNLP, Fernando Tauber, hasta hace poco tiempo la Universidad estuvo centrada en sus funciones tradicionales: la enseñanza, la investigación y la extensión. En la actualidad, la gestión ambiental va dando sus primeros pasos.

Se observa un estado de conciencia que orienta la gestión hacia ese lugar. Y especialmente se advierte que esa nueva mirada va acompañada de una firme decisión política y un compromiso real de avanzar en estrategias sustentables para la institución, que va más allá del discurso y los documentos oficiales. No es un dato menor que unos 800 investigadores de la UNLP hoy estén trabajando en la problemática ambiental. Tampoco lo es la iniciativa de conformar un Consejo integrado por representantes de todas las facultades para analizar los temas ambientales de la región. La designación de la UNLP como sede del III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable habla también del posicionamiento que la institución viene consolidando en esta materia. Y posibilita además un espacio de discusión e intercambio para fijar criterios comunes y aunar las múltiples iniciativas que aún aparecen dispersas y fragmentadas.

Hay un gran movimiento, una profusión de actores y experiencias: lo que falta es unirlos en una política de gestión educativa-ambiental que canalice todo ese potencial. Para que eso suceda, todavía hay un largo camino por delante: la Universidad debe aprender a desarrollar *nuevas habilidades* para estar a la altura de los problemas que estos tiempos le imponen. Debe ser capaz de combinar la predisposición con una capacidad real de gestionar el ambiente. En ese desafío, la comunicación, la educación, la planificación estratégica y la gestión aparecen como piezas clave e inescindibles.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Frente al desconocimiento ambiental de muchos integrantes de la comunidad educativa, los canales de información y los espacios de capacitación pueden ser una herramienta de cierta utilidad. Pero lograr una transformación verdadera de los valores y de las prácticas requiere de instancias de diálogo y participación; de modelos de enseñanza-aprendizaje focalizados en los *procesos formativos*, en los actores y en los contextos, que posibiliten a los sujetos internalizar esas transformaciones. La particular dinámica de la institución, con un 80 % de población transitoria y diversa desde el punto de vista cultural y social, dificulta pero no impide construir buenas prácticas ambientales.

La UNLP ha hecho grandes avances en temas complejos, como la gestión de los residuos tóxicos, informáticos y patológicos. La inexistencia de un programa que sistematice el vínculo de la institución con el Municipio para el tratamiento de residuos sólidos como el papel, que representa el 80 % del volumen de basura generada por la Universidad, pone de manifiesto un tema que en el que todavía no se ha encontrado una solución efectiva.

La Facultad de Periodismo y Comunicación Social comparte con la UNLP las mismas inquietudes de cuidado ambiental. Con la reciente instalación de su edificio propio, se dan las condiciones para comenzar a apostar al mejoramiento de la calidad ambiental. Del diagnóstico situacional realizado en la institución se desprende que la mayor parte de la comunidad educativa tiene disposición al cambio. Sin embargo, consideramos que es preciso trabajar especialmente en la aceptación de las responsabilidades individuales: hay una tendencia a situar los problemas del ambiente *hacia afuera*. En la población estable –docentes, no docentes y autoridades– temas como la eficiencia energética, el uso racional del agua y del gas, la preservación del aire y el manejo de residuos requerirán de una tarea extensa de educación ambiental, que demandará tiempo. En el caso de la población transitoria –los estudiantes– la contaminación visual, la preservación del aire y el manejo de residuos aparecen como los ejes de trabajo prioritario.

Como señala el ex decano de la FPyCS Alejandro Verano⁵⁴, las líneas de investigación y extensión que se están desarrollando en los últimos tiempos y las nuevas generaciones de estudiantes, cada vez más implicadas en la temática ambiental, permiten imaginar con optimismo el futuro institucional.

⁵⁴ A la fecha de realización de la entrevista, marzo de 2010, el licenciado Alejandro Verano era decano de la FPyCS.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ESTRATEGIA DE CULTURA AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS SIGLO XXI.

Muñoz Escobedo JJ*, Chávez Ruvalcaba MI**, Maldonado Tapia CH**, Reveles Hernández RG**,
Moreno García MA**

*Investigador Docente, Instituto de Investigaciones Odontológicas, Unidad Académica de
Odontología. Universidad Autónoma de Zacatecas México. - munozej_01@hotmail.com

**Investigador Docente, Unidad Académica de Ciencias Biológicas. UAO/UAZ.
Cuerpo Académico de Biología Celular y Microbiología UAZ-103.

La sustentabilidad en la UAZ, Zacatecas, México y el mundo es uno de los mayores retos de nuestro momento histórico y de nuestra generación.

Objetivo: Consolidar la cultura ambiental para la sustentabilidad como una política institucional fundamentada en los lineamientos legislativos de la Ley Orgánica de la Universidad Autónoma de Zacatecas y transversal a la legislación del estado y del país, que tenga como fin la construcción de una cultura ambiental en la Universidad Autónoma de Zacatecas que impacte en la sociedad de Zacatecas.

Material y Métodos: Socialización de la estrategia, interacción de la educación formal y no formal en educación ambiental, aplicar un adecuado manejo de los Residuos, forestación y reforestación dentro del Campus Universitario UAZ Siglo XXI, registro de laboratorios de la UAZ, generar espacios 100% libres de Humo de Tabaco, implementar el Programa Administrativo Sustentable (PAS).

Resultados: El proyecto se difundió en los diferentes espacios académicos de la UAZ, se colocaron contenedores para separación de residuos en todo el campus universitario, 5 procesos de forestación, catalogo de Investigadores de la UAZ, el área de Ciencias de la Salud, CECIUAZ espacios 100% libres de humo de tabaco, censo de Laboratorios de la UAZ, inicio de manejo de residuos peligrosos, actividades de difusión en el sector académico y en la sociedad.

Palabras clave: Estrategia, Cultura-Ambiental, UAZ.

EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA FORMACIÓN
MEDIA DEL DISTRITO DE ENCARNACIÓN

Ibarra Ledesma OD.

General Díaz 1333, Encarnación, Itapúa, Paraguay - Te.00595 985 895159

david_ibarra@ingenieros.com

En el presente documento se podrán observar los resultados de la investigación realizada en 18 colegios de la ciudad de Encarnación utilizando una encuesta sencilla. Igualmente se establecen conclusiones, discusiones y recomendaciones para mejorar el sistema educativo ambiental y así aumentar el nivel de conocimiento y concienciación de los alumnos a favor de la conservación del medio ambiente.

En este documento se describen asimismo aspectos generales referentes a la Educación Ambiental desde sus orígenes hasta nuestros días, características y objetivos más importantes, subdivisiones de la misma, dentro de un contexto transversal. Se presentan en breves resúmenes los conocimientos relacionados a los principales impactos que se tienen dentro de dicha ciudad. Además se detallan las características más importantes de la educación paraguaya en lo referente a la Educación Ambiental desde el nivel inicial hasta finalizado la educación media.

Palabras Clave: Evaluación, situación actual, educación ambiental, formación media.

OBJETIVOS.

1 Objetivo General.

Establecer un diagnóstico general de la Educación Ambiental de alumnos de la formación media en el Distrito de Encarnación.

2 Objetivo Específico.

Determinar cuáles son las principales deficiencias, dificultades y fortalezas en el sistema educativo con relación a la Educación Ambiental en la formación media.

MÉTODOS

- a) La investigación es de tipo descriptiva.
- b) Etapas de la elaboración del documento:

Gabinete:

- a) **Revisión bibliográfica documental:** Búsqueda de toda información sobre el tema de interés: fue realizada una investigación bibliográfica en formato papel por medio de bibliotecas locales acompañadas de bibliotecas virtuales en universidades con carreras especializadas en el tema de educación ambiental.
- b) **Revisión de tesis de grado y posgrado:** fueron revisadas e interpretadas experiencias semejantes en tesis de grado y posgrado (Maestrías) en universidades locales e internacionales.
- c) **Elaboración de formato bibliográfico referencial:** fue elaborado un formato preliminar (índice) de la fuente primaria de observación, delineando probables acciones, estrategias de trabajo, objetivos, grupo meta a ser estudiado (encuestado), objetivos, metodología aplicable, costos emergentes, cuantificación y cualificación de grupos de trabajo (colegios y alumnos), etc.
- d) **Coordinación con Orientador y Asesores:** fue discutida la estrategia general del proceso de elaboración de tesis. Se ha recibido las orientaciones relacionadas al proceso de encuesta, evaluación y seguimiento de resultados, así como de las probables actividades vinculantes y actores/asesores al proceso.
- e) **Clasificación y codificación de la información:** clasificación de la información recolectada, elaboración de planillas y formatos de evaluación, verificación de asesores y coordinación de trabajos, elaboración de notas varias, etc.
- f) **Presentación de avances del proyecto de tesis:** corrección y aprobación.

Campo:

- a) **Realización de encuestas y entrevistas:** en 18 colegios seleccionados totalizando 196 alumnos encuestados.
- b) **Documentación bibliográfica, fotográfica y digital:**

c) Elaboración de planillas de resúmenes:

Gabinete

- a) Redacción preliminar de la Tesis de grado.
- b) Entrega y corrección de avances de la redacción.
- c) Elaboración y Análisis de resultados
- d) Conclusiones y Recomendaciones.
- e) Revisión: aporte de las recomendaciones de asesores y cuerpo docente
- f) Presentación del Documento final.
- g) Defensa de la Tesis de Grado.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Existe poco a escaso conocimiento de temas relacionados al medio ambiente por parte de los alumnos encuestados.

El conocimiento de la mayoría se genera, desarrolla, crece y formaliza a través de las informaciones recibidas por los medios de comunicación.

En colegios de menor nivel económico se percibe una mayor predisposición a “aceptar lo comunicado” sin una previa o posterior corroboración de la información.

Esta situación induce a creer que es “fácil influir en la conducta ambiental” de la población cuando se desee introducir estrategias dirigidas o particulares.

Esta tendencia de Influir fácil determina “modas que son adoptadas” por una mayoría, digitada por una menor de mayor conocimiento.

Indirectamente se asocia “al campo como un lugar inseguro, contaminante y desconocido”.

Los alumnos de nivel socioeconómico medio y alto son los que mejores están en la temática de la Educación Ambiental, con un leve porcentaje mayor los del status socioeconómico alto.

En algunos casos se pudo constatar la falta de interés de alumnos sobre estos temas, estos casos generalmente se dieron en colegios de bajo nivel económico.

También hubo casos de alumnos muy interesados en profundizar algunos temas, la mayoría en colegios privados y aquellos colegios técnicos. Un aspecto que llama la atención en que varios alumnos están bien informados sobre algunas problemáticas ambientales, pero no son conscientes de la situación.

Se pudo constatar la escasez de cursos y/o talleres referentes a la Educación Ambiental, tanto para alumnos como para los docentes, un factor que podría incidir notablemente en el aumento de la calidad educativa.

Se puede resaltar la efectividad que tuvieron la gran cantidad de anuncios publicitarios referentes a salud ambiental como es el caso del dengue y la fiebre amarilla, ya que Encarnación siempre una de las ciudades con menor índice de infestación.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

LA CULTURA AMBIENTAL EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y SU SUSTENTABILIDAD

LA CULTURA AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, ¿POR QUÉ? Y ¿PARA QUÉ?

Rivas Gutiérrez J.

Integrante del Cuerpo Académico: Biología Celular y Microbiología

Línea de Investigación: Política Educativa

Mucho se ha dicho referente al cambio climático y sus fatales e irreversibles consecuencias a nivel mundial; desafortunadamente en los hechos, poco se ha hecho por los gobiernos o la sociedad global en su conjunto sobre el tema y sus efectos. Bajo ese razonamiento se planteará la siguiente reflexión como posiblemente un punto más que puede servir para generar conciencia y por consiguiente acciones y compromisos para detener este genocidio, que dicho sea de paso, aún se puede atender y detener.

El primer punto a tratar tiene que ver con el nivel de conciencia que hay a nivel mundial sobre tal situación, el segundo será sobre el porqué casi no se ha hecho nada al respecto y el tercero versará sobre una propuesta para atender esta falta de cultura y conciencia que hay no solo en América Latina sino que en casi todo el mundo. Todo lo anterior lo centraré en la siguiente interrogante: ¿por qué? y ¿para qué? generar una cultura ambiental en América Latina por convicción y no por obligación.

Partiré estableciendo la siguiente hipótesis de que ni en América Latina ni en ninguna parte del mundo, de forma generalizada, existe una verdadera comprensión del problema climatológico que estamos viviendo, y haré la aclaración, que el problema sustancial deberá de ser comprendido en dos sentidos, el cambio climático y las consecuencias. Posiblemente la mayoría de las personas no entendemos cabalmente los aspectos técnicos ni científicos que tienen que ver con las reacciones naturales y sociales que están generando una alteración en el cambio climático en casi todo el mundo, lo que la sociedad en su conjunto puede ver de una forma más objetiva y palpable, y sobre todo que lo puede entender debido a que lo puede sentir y sufrir, son las manifestaciones y consecuencias que este cambio climático está generando en toda la geografía terrestre.

Palabras Clave: Cultura, Educación Ambiental,

LA CULTURA AMBIENTAL EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN EN MÉXICO Y SU SUSTENTABILIDAD.

Rodríguez González J.

Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

Cuerpo Académico de Biología Celular y Microbiología.

Los problemas ambientales actuales son el resultado de las políticas socioeconómicas y culturales que se han venido desarrollando, generado un deterioro ambiental y ecológico que se agrava durante los últimos años. El gobierno mexicano consciente de esta situación ha establecido en su Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 la sustentabilidad ambiental como eje transversal de las políticas públicas, se pretende crear una cultura ambiental en los sectores productivos y en la población en general a fin de concientizar y adoptar medidas de producción y consumo de manera responsable para el aprovechamiento y cuidado de los recursos naturales. En el aspecto educativo se han diseñado estrategias didácticas concretas que permitan educar a la población en edad escolar, en esta propuesta se incluye la capacitación del personal académico en el tema y el establecimiento de convenios con las Instituciones gubernamentales y de Educación Superior. Este análisis nos permite observar cómo las instituciones del sistema educativo mexicano han adoptado la educación ambiental en sus planes y programas de estudio, analizando las políticas educativas vigentes desde la educación básica (preescolar, primaria y secundaria), educación media superior y la educación superior para el establecimiento de una cultura ambiental en México.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

PROGRAMA ESTATAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA ZACATECAS, MÉXICO (2010-2017)

**Martínez Delgado M, Moreno García MA, Rodríguez Roble M, Krause y Perches A,
Esquivel Marin S, Ávila Gamboa ME.**

**Universidad Autónoma de Zacatecas, Av. López Velarde No. 326, Centro,
Zacatecas, Zac. México, C.P. 98000, Tel. 492-924-2016. mmd.08@hotmail.com**

No podemos resolver los problemas que hemos creado con la misma forma de pensar que los creó.

Albert Einstein

Comencemos a hacer preguntas y búsquedas más profundas, observando el para qué y el cómo de la forma en que vivimos.

Arne Naess

Se expone una síntesis de la primera versión del *Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental en Condiciones de Cambio Climático para Zacatecas (2010-2017)*. *Comunicación Educativa, Formación y Capacitación para la Sustentabilidad*; documento que se encuentra en proceso de validación social, previa publicación. El Programa es un lineamiento de política educativa estatal que, de manera fundamentada para este contexto específico, propone un conjunto de proyectos pertinentes y necesarios a desarrollarse de manera participativa en el seno de la sociedad. El objetivo principal es generar una nueva cultura ambiental que prepare a la población zacatecana para lograr una mejor calidad de vida ante los efectos locales de los fenómenos naturales, biológicos, sociales, económicos y culturales asociados al cambio climático global. Para su elaboración se evaluó el Plan anterior (2002-2010), se consultó a profesores, investigadores y responsables de instancias gubernamentales. El resultado fue un Programa que incluye 6 ámbitos de trabajo, 20 líneas estratégicas y 65 proyectos específicos. Se concluye que para lograr los objetivos propuestos se requiere la participación conjunta de los tres niveles de gobiernos y la colaboración e intervención de los diferentes sectores de la sociedad, organizados bajo una comunicación directa y con voluntad política incluyente y coordinada.

Introducción

En la actualidad vivimos un sinnúmero de transformaciones en el ambiente y, aunque no podemos anticipar fácilmente hacia dónde nos llevan en el largo plazo, tenemos información suficiente para reconocer la existencia de un fenómeno conocido como cambio climático y el consiguiente calentamiento del planeta. Cambio que incluye tanto los fenómenos naturales –sobre todo en el clima– que siempre han ocurrido en la Tierra, como los provocados por los modos de pensar nuestra relación con la naturaleza y de actuar frente a ella, debido a prácticas de producción y consumo asociadas a la “calidad de vida” que generan los avances científicos y tecnológicos; es decir: estamos frente a un cambio antropogénico suscitado por nuestra propia cultura.

Hoy se considera que el cambio climático está asociado a las altas concentraciones de gases que se acumulan en la atmósfera debido a un consumo de productos y servicios con una alta carga de carbono, que trae como consecuencia grandes emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Estudios e investigaciones científicas han encontrado que este problema se acrecentó desde el inicio de la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XIX, pues se han requerido grandes cantidades de combustibles fósiles para producir la energía que mueve al mundo. Por lo cual, aún cuando hay sectores de la sociedad escépticos en que el cambio climático exista como tal o que sea originado por las actividades del hombre, se considera que el calentamiento global y otros fenómenos asociados al cambio climático que estamos viviendo en gran parte son producto de la actividad humana. También se sabe que esos fenómenos afectan a varios sectores y campos de acción del ser humano como el económico, el biológico, el político; en aspectos tales como la salud, la producción agropecuaria, los recursos hídricos, el uso del suelo, la biodiversidad, el turismo.

Estamos ante un enorme desafío que se presenta en el plano social amplio, que reclama el compromiso y la decisión de actuar y de cuidarse, de generar una educación integral que potencie capacidades en los individuos y promueva la acción colectiva para vivir ahora y en el largo plazo en la Tierra. Reto que también necesita que la cultura y la educación ambientales sean una política transversal en todas las actividades de la vida social, económica y de gobierno. Lo que lleva a pensar en un proyecto cultural ambiental que vincule a todos los sectores de la sociedad en su búsqueda por comprender y generar alternativas para vivir en unidad y equilibrio con su medio. Que incida no sólo en los alumnos, estudiantes, profesores y profesionistas, sino en todos los ciudadanos, sean niños, jóvenes o adultos, sea cual sea su formación y el trabajo que

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

desempeñen: el ama de casa, el trabajador, el empresario, el político, el servidor público, el artista, el investigador, el científico. Podemos pensar entonces en una educación para la cultura ambiental y una cultura ambiental en la educación de todos y a lo largo de la vida. Requerimos una nueva revolución social, cultural, intelectual que nos permita darle un nuevo sentido a nuestra forma de habitar el mundo y convivir con la naturaleza.

Ante esta situación –sin desconocer que hay responsabilidades diferenciadas– es corresponsabilidad de todos los sectores sociales (agropecuario, industrial, de servicios; urbano, rural) y sus instituciones (familia, escuela, gobierno, partidos políticos) entender, enfrentar y tratar de resolver (tal vez sólo en términos de mitigación y adaptación) la problemática asociada al cambio climático, pues la situación rebasa al Estado, al sector productivo y al propio mercado; por tanto, se necesitan acciones consensadas colectivamente y de manera horizontal. Ya no es posible resolver el problema sólo con acciones gubernamentales, es un problema que nos atañe a todos y a todas las ciencias y las disciplinas, desde luego de manera directa a la educación y al currículum escolar en sus diferentes niveles. El reto es encontrar alternativas que nos permitan seguir viviendo en nuestras regiones sin apartarnos de nuestra cultura. El desafío es cómo cambiar las formas de pensar y de consumir; cómo lograr una cultura ambiental preventiva más que remedial, y actuar ahora, sin esperar un momento de crisis irreversible donde ya no haya salida.

Por ello, en el estado de Zacatecas, México, se realizan esfuerzos para entender y afrontar estos problemas, y para crear una cultura ambiental a través de la educación y la investigación. En 2001, por iniciativa de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y con la participación de diferentes sectores sociales se elaboró el *Plan Estatal de Educación Ambiental, Capacitación para el Desarrollo Sustentable y Comunicación Educativa. Zacatecas (2002)*. Plan que, al convertirse en un lineamiento de política educativa estatal, permitió dar cauce a muchos proyectos de educación ambiental y capacitación para el desarrollo sustentable.

Asimismo, entre los trabajos realizados, destacan los eventos internacionales sobre cambio climático que en los últimos años ha organizado el Gobierno del Estado de Zacatecas y la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) (junto con otras instituciones, dependencias y empresas nacionales y estatales): el primer y segundo foros sobre “Estrategias contra el cambio climático” (septiembre de 2009 y abril de 2010), y el primer y segundo “Congreso Internacional sobre cambio climático y desarrollo sustentable” (mayo de 2009 y abril de 2010), respectivamente. Eventos que, al reunir a investigadores, académicos, políticos e interesados en el estudio, comprensión y búsqueda de soluciones a los problemas generados por el cambio climático en el mundo, han creado condiciones apropiadas en Zacatecas para seguir trabajando en la consolidación de una cultura y educación ambientales. Por tanto, se podría decir que ha habido una gran participación académica sobre la discusión ambiental, lo que se requiere es implementar políticas públicas y acciones institucionales que den soporte en la realidad social a dichas agendas académicas y sociales.

En este conjunto de esfuerzos se ubica también la iniciativa de la SEMARNAT, a través del Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (CECADESU), para dar continuidad a los planes estatales de educación ambiental de todo el país –que habían sido publicados a partir de 2002–, y elaborar ahora un programa de educación ambiental con énfasis en cambio climático para el periodo 2010-2012. En Zacatecas, creímos importante introducir la cultura ambiental como eje articulador de este programa y pensarnos en un horizonte temporal mayor, por eso optamos por elaborar el *Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental en Condiciones de Cambio Climático para Zacatecas (2010-2017)*. *Comunicación Educativa, Formación y Capacitación para la Sustentabilidad* (o bien, de manera abreviada: Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental –PECEA).

De esta manera, el proceso para elaborar este Programa inició en noviembre de 2008 con la planeación de un Encuentro Estatal de Educadores Ambientales (que se realizó en enero de 2009) en el que, por una parte, se evaluó el *Plan Estatal de Educación Ambiental, Capacitación para el Desarrollo Sustentable y Comunicación Educativa. Zacatecas (2002)* y, por otra, se recuperaron la visión de los educadores ambientales sobre los problemas del medio ambiente en Zacatecas, sus necesidades de formación y apoyos, nuevos sentidos y propuestas⁵⁵ para diseñar un nuevo plan ante las condiciones de cambio climático.

Después, con la finalidad de involucrar a diferentes sectores y obtener mayor información sobre la situación que guarda el medio ambiente y la educación ambiental, se hicieron dos reuniones de trabajo: Un “Foro de consulta sobre la problemática ambiental en Zacatecas” (mayo de 2010) y una “Reunión de coordinadores de programas de educación ambiental en educación básica” (junio de 2010)⁵⁶. Enseguida la Delegación

⁵⁵ En este evento se aplicó un cuestionario a 104 participantes y se establecieron cinco mesas de trabajo.

⁵⁶ En el Foro se recibieron ponencias y en la Reunión se aplicó un instrumento para recibir propuestas de líneas de acción y proyectos específicos a 10 coordinadores de programas de educación ambiental en educación básica.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Federal de la SEMARNAT en Zacatecas suscribió un convenio con la UAZ para la elaboración de este Programa y, una vez que los coordinadores organizaron la información disponible y prepararon un documento base de trabajo –con fundamento en la *Guía para elaborar Programas Estatales de educación ambiental, comunicación educativa y capacitación para la sustentabilidad en condiciones de Cambio Climático*, del CECADESU de la SEMARNAT (2009)– convocaron al equipo de trabajo que elaboró este Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental. Cabe aclarar que este documento es una síntesis de una primera versión.⁵⁷

El punto de partida

La situación actual y tareas pendientes de la EA en Zacatecas

Aun cuando se han realizado esfuerzos por una educación ambiental en el estado de Zacatecas queda mucho por hacer. Al observar a los educadores en diferentes momentos y espacios de trabajo, pareciera ser un tema para recién llegados al campo de la educación ambiental: formación incipiente, carencia de información sobre lo que en éste sucede, falta de comunicación y organización colegiada en el gremio, irregularidad en la participación y consolidación de líneas de acción;⁵⁸ sin negar desde luego, los avances en educación ambiental formal en todos los niveles educativos, sobre todo en educación básica, ni los trabajos sobre cambio climático que realizan algunos investigadores en instituciones de educación superior. Situación similar guardan las tareas de educación ambiental no formal en la sociedad en general, y los programas en centros y parques que podrían realizar educación ambiental, también son muy escasas. Hace falta socializar una agenda ambiental pública con la participación de todos.

Puede decirse que en Zacatecas no hay un movimiento ambiental organizado que realice un trabajo constante en el conjunto de la sociedad. Los esfuerzos existentes, por lo general de instancias institucionales – SEMARNAT, SEC, escuelas de educación básica y media superior y universidades, así como algunas organizaciones civiles–, parecen insuficientes y desarticulados. No existe continuidad ni en los programas nacionales o estatales, ni en las propuestas de grupos sociales, y las pequeñas acciones individuales no trascienden para convertirse en acciones sociales de largo alcance.

Asimismo, no se ha logrado vincular la educación ambiental con los contenidos curriculares, lo cual denota una práctica incongruente situada entre el saber y el hacer. Por otra parte, dada la amplitud y complejidad de la educación ambiental –en su sentido más amplio–, se hacen intentos por desarrollarla de manera transversal en el currículum, sin embargo, no se hace un análisis de la problemática y los conceptos.

Se ha considerado que la ecología debe ser más que un contenido una herramienta, a partir de la cual la educación ambiental se sustente y detone la reflexión para ubicar la correspondencia entre el conocimiento de las diferentes disciplinas y su aplicación en la vida cotidiana. Sin embargo, una cuestión relevante que se encuentra en los discursos de los profesores, es que los conceptos tienden a manejarse de acuerdo con el nivel educativo, por ejemplo: los niveles básicos aluden sólo a la educación ambiental, en educación media superior prevalece la ecología y educación del medio ambiente y, hasta el nivel superior, se articulan y discuten los tres conceptos, integrándose el de desarrollo sustentable.

Se enfatiza también que el cambio climático es un problema de carácter político y económico, por lo que los profesores sienten que poco se puede hacer con acciones escolares. Se aspira a que el desarrollo sustentable no se constituya en un contenido más, sino en una actitud frente al mundo, por ello la necesidad de atender este concepto en el currículum de manera transversal. Y además hay que resignificar dicho concepto desde nuestro contexto regional.

A pesar de que la educación ambiental y la ecología se han incluido y retroalimentado formalmente en el discurso en los planes de estudio de bachillerato a nivel nacional –en la práctica la mayoría de los espacios escolares implementan estos contenidos– no existe un impacto contundente en el interés de los estudiantes e incluso en el de los mismos profesores. Se observa otro obstáculo, los perfiles de quienes encabezan los programas nacionales y estatales, así como los escolares, la mayoría de las veces, son ajenos a las nece-

⁵⁷ La Delegación Federal de la SEMARNAT en Zacatecas envió la primera versión del PECEA a diferentes organizaciones y dependencias de gobierno para su revisión y visto bueno antes de publicarlo. En este momento se están recibiendo observaciones y recomendaciones, mismas que se tomarán en cuenta para elaborar la versión definitiva.

⁵⁸ Por ejemplo, en las mesas de trabajo del Encuentro de Educadores Ambientales (2009) se observaron problemáticas concretas entre los participantes (en su mayoría profesores de preescolar hasta el postgrado), a saber: el lenguaje que utilizan, pese a sus perfiles profesionales; una ausencia evidente de conceptualización que impide ubicar y diferenciar los ámbitos de intervención y los sentidos de la educación; falta de formación teórica y metodológica sobre educación ambiental, ecología y desarrollo sustentable, lo cual provoca confusiones y contradicciones que impiden construcciones concretas en los proyectos curriculares y en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Tampoco existe un lenguaje conceptual compartido por las diversas comunidades epistémicas.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

sidades disciplinarias que demanda la educación ambiental. En el caso de la educación superior sigue pendiente la ambientalización curricular y la formación disciplinaria aún es incipiente; por lo que es preciso idear e implementar un plan y programa de acción de forma sistémica, estratégica, prospectiva, viable, y sobre todo, con un impacto en la formación ciudadana de los sujetos.

Por todo esto, los propios profesores solicitan la generación de programas formativos que atiendan las particularidades del entorno social, económico, cultural y geográfico, de tal manera que se atiendan las singularidades de los espacios y sus necesidades. Por lo que no se puede eludir una formación teórica, metodológica y epistemológica tanto entre profesores, como entre quienes se asumen como titulares de programas o áreas de conocimiento en el campo ambiental, ya que existe la necesidad de convertir a la educación ambiental en una práctica, pero antes es fundamental una sólida formación teórica y un quehacer investigativo, realizado por diferentes grupos de sujetos que tomen en sus manos las diversas tareas como educadores ambientales.

La situación ambiental y vulnerabilidad en Zacatecas

El estado de Zacatecas se localiza en el oeste del país, entre los 21° 03' y 25° 08' de latitud norte y los 100° 48' y 104° 21' longitud oeste; tiene una extensión de 75,040 km² y 1 491,000 habitantes; cuenta con una gran variedad de recursos naturales, regiones y climas que propician la existencia de numerosas especies de flora y fauna silvestres.

En el estado existen once subprovincias fisiográficas y 4 regiones hidrológicas (la captación total de agua es de 32,989 millones de m³ en 41 presas). En el estado de Zacatecas se distinguen 3 áreas climáticas: 1) El clima seco desértico (Bw) se localiza al noreste del estado, 2) El clima templado con lluvias en verano (Cw) se localiza al suroeste del estado y, 3) El clima seco estepario (Bs) se localiza en el resto del estado.

En Zacatecas se encuentra la vegetación de tres ecosistemas: templado-frío (bosques), tropical (selvas) y zonas áridas (árida y semiárida). Por su ubicación geográfica y debido a sus factores abióticos tiene una cobertura vegetal variada:

- En la Región Norte se encuentra un Clima Seco Desértico donde abundan los nopales, la palma, el mezquite, la gobernadora, la lechuguilla, la candelilla, la yuca, el guayule y el huizache.
- En la Región Norte existen dos Climas; el Semidesértico y el Templado Semiseco. La vegetación es variada pero predominan los matorrales y pastizales y también existen bosques de encinos y coníferas.
- La Región Sur es la región natural más grande, ahí se cuenta con varios climas: el Clima Seco Semidesértico, el Templado Semiseco y el Templado Subhúmedo, donde abundan los bosques de encinos, matorrales y pastizales.

Problemática ambiental específica

Los factores físicos, climáticos y topomórficos se encuentran estrechamente vinculados con la fisiografía existente en el estado de Zacatecas, dando como resultado una importante limitación del uso de los recursos naturales, por tanto el aprovechamiento de éstos es difícil ya que se encuentran en ecosistemas frágiles y vulnerables.

Debido a la carencia del agua, la poca vegetación existente y la grave contaminación de los principales ríos y de algunos mantos freáticos que se encuentran sobre explotados, además de la pérdida de la capa vegetal, la erosión, la pobreza (que afecta a millones de mexicanos), las carencias en salud y educación, la pérdida del potencial de autosuficiencia material y alimentaría, etc., Zacatecas es considerado como uno de los estados más afectados por la pérdida de su suelo, falta de agua y su pobreza entre otros problemas que no permiten que los zacatecanos tengan un nivel de vida de calidad.

En síntesis, en el estado de Zacatecas los principales problemas ambientales son:

1. En el sector minero hay 72 sitios abandonados que impactan la salud de la población por la presencia de plomo, arsénico, cadmio, mercurio y otras sustancias como bifenilos policlorados en localidades de diez municipios (Suelo).
2. Uso de plaguicidas y fertilizantes en las regiones agrícolas de temporal y de riego, y en presas que contienen lirio acuático (Agua-suelos).
3. El desequilibrio ecológico de las descargas de aguas residuales en todo el estado ocasiona que arroyos, ríos y cuencas estén contaminados con aguas residuales (Agua).
4. Las presas de jales que no cumplen con la normatividad (problema presente en cinco municipios del estado). Los residuos de Manejo Especial y Sólidos Urbanos requieren inversiones para aumentar la

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

infraestructura de tratamiento y disposición final con base en la normatividad (Suelo-residuos sólidos y peligrosos).

5. Las actividades del hombre se desarrollan sin planeación integral del uso y vocación de cada zona, propiciando un crecimiento urbano desordenado (Ordenamiento Territorial).
6. No se aplican ni dan seguimiento a las disposiciones básicas de mitigación de impactos ambientales para obras o actividades productivas, como es el caso de la producción de ladrillo artesanal, problema en todo el estado de Zacatecas (Gestión Ambiental).
7. No se cuenta con programas adecuados de cultura ambiental formal e informal que modifiquen los hábitos y conductas de la población (Educación ambiental).
8. En las actividades de regulación estatal no se han incorporado los conocimientos científicos y técnicos que permitan mejorar el desempeño ambiental de procesos productivos y de servicios que reduzcan al mínimo el impacto sobre el medio ambiente (Investigación científica ambiental).
9. No hay vinculación sectorial e intergubernamental, mucho menos con la sociedad civil, lo que genera pérdida de recursos y esfuerzos individuales poco efectivos (Gestión y Justicia en materia ambiental).
10. No se hace uso de la posibilidad real de obtener recursos económicos nacionales e internacionales al no contar con proyectos que permitan concursar por ellos (Gestión ambiental).
11. La falta de decisión política ha hecho que no se aplique ningún tipo de programa de verificación vehicular (Gestión y Justicia ambiental).
12. No se han puesto en marcha los instrumentos jurídico administrativos que permitan identificar la cantidad, tipo y destino de los residuos generados en todo el estado de Zacatecas por actividades de competencia del estado (Gestión y Justicia Ambiental).
13. De las áreas naturales protegidas existentes, ninguna cuenta con elaboración y/o seguimiento adecuado de sus planes de manejo (Gestión y Justicia ambiental).
14. No hay un programa de gestión integral de residuos sólidos que evite la proliferación de sitios incontrolados de disposición final, y que promueva proyectos de valorización de residuos (reciclaje), de mejora de los servicios municipales de recolección y de rellenos sanitarios (Gestión y Justicia ambiental, Residuos sólidos).
15. No existe la promoción ni operación de una campaña de cultura de la denuncia por daños ambientales (Educación y cultura ambiental, Gestión y Justicia ambiental).
16. No se tienen reglamentos derivados de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), normas técnicas estatales y/o instrumentos administrativos internos que eviten la discrecionalidad de las actuaciones de las autoridades a nivel estatal (Gestión y Justicia ambiental).

Un referente conceptual

El cambio climático

Por cambio climático se entiende: “todo cambio en el clima a través del tiempo resultado de la variabilidad natural o de las actividades humanas. Estos cambios pueden presentarse tanto en la intensidad y distribución de las lluvias a lo largo del año como en la temperatura tanto en tierra firme como en el mar, entre otros” (SEMARNAT, 2007, p. 156). Sin embargo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) es más contundente al poner énfasis en que el cambio climático es un “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera del planeta y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables” (Peralta, 2008: p. 2).

En efecto, la actividad humana –en particular el consumo de combustibles fósiles– ha hecho que la capa de gases de efecto invernadero (GEI)⁵⁹ que rodea a la Tierra sea cada día más “gruesa”; esto provoca un aumento de las temperaturas de todo el mundo y está alterando la compleja red de sistemas que hacen posible la vida en el planeta: como la cubierta de nubes, las precipitaciones pluviales, las pautas de los vientos, las corrientes oceánicas y la distribución de las especies vegetales y animales en su hábitat correspondiente.

⁵⁹ Los gases de efecto invernadero (GEI) son: Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Según el Instituto Nacional de Ecología (INE), el origen de estos gases es el siguiente: Energía 69%: Transporte 18%, generación de energía 24%, manufactura e industria de la construcción 8%, procesos industriales 8%, emisiones fugitivas 6%, otros consumos 5%. Cambio de uso del suelo y silvicultura 14%. Desechos 10%. Agricultura 7%.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Debido al efecto invernadero cada vez es más la energía solar que se ve atrapada en la atmósfera, al mismo tiempo que una mayor parte del carbono mundial (en forma de dióxido de carbono) se deposita en el aire, en vez de hacerlo en los árboles, el suelo y en los depósitos subterráneos.

Algunas consecuencias de este conjunto de fenómenos conocido como cambio climático son ya visibles y se manifiestan como sucesos meteorológicos extremos, por ejemplo lluvias torrenciales que provocan inundaciones en un lado y sequías en otro, huracanes de mayor intensidad, etc.; sin embargo, la complejidad del sistema climático hace que los pronósticos varíen enormemente y no haya certeza de lo que puede pasar en el futuro, lo que sí se sabe es que algunos cambios mínimos previstos, podrían significar frecuentes inundaciones de las zonas costeras, perturbaciones en la producción y suministro de alimentos y de agua, problemas graves de salud en los seres humanos debidos a “golpes de calor” o a transmisión de enfermedades por vectores, incendios forestales y la extinción de muchas especies. En síntesis, “los impactos y los procesos de adaptación esperados serán, sin duda, impresionantes y crecientes a lo largo del siglo [XXI] en diversas actividades económicas tales como el sector agropecuario, el sector hídrico, el cambio de uso del suelo, la biodiversidad, el turismo, la infraestructura y la salud de la población” (Galindo, s/f, p. 1).

Ante esta situación todos los sectores sociales han hecho un sinnúmero de esfuerzos para abatir la problemática, sin embargo, la crisis que hemos generado con nuestra cultura de producción y consumo ya tiene consecuencias graves y no se ve una solución para el planeta en el corto plazo, razón por la cual, ahora se pone énfasis en medidas para mitigar⁶⁰ los impactos ambientales y en la necesidad de adaptarnos⁶¹ a las nuevas condiciones del medio ambiente.

Cultura y educación ambiental para la sustentabilidad

Una de las dimensiones de la crisis actual en el mundo es el problema del cuidado del medio ambiente. Esta crisis, producto de una sociedad de consumo –consecuencia del modelo de desarrollo económico y socio-cultural: dispendio de los recursos naturales no renovables, emisión de gases y desechos altamente contaminantes– provoca y agudiza una degradación y agotamiento no sólo de los recursos naturales, sino también de los sujetos ligados a dicha problemática.

Aunque se han realizado esfuerzos significativos sobre el cuidado del ambiente, fue hasta la década de los setenta cuando se consideró que la educación ambiental era un proceso que podría resolver de manera importante la situación, sin embargo, esto hizo que se fuera parcializando el problema delegándolo principalmente a educadores, investigadores y a algunas personas que han sido sensibles al problema de la contaminación y pérdida de recursos materiales, pero dada la magnitud del problema –aún con los esfuerzos y propuestas de las instituciones educativas y organizaciones civiles– no se ha dado la atención a los problemas ambientales con la magnitud y el impacto que se requiere, por lo que hoy se buscan otros mecanismos más efectivos que generen los resultados esperados.

Es necesario incorporar otras estrategias que incidan en el cambio desde lo cultural, ya que es ahí donde se manifiestan los hábitos, costumbres, significaciones, de los diversos grupos humanos. En tal sentido, la cultura ambiental es entendida como una práctica comunitaria que si bien puede partir de una formación sólida y comprometida socialmente, tiene que trascender hacia la transformación de los significados sociales que inciden en la construcción de una nueva cultura que replantee formas originales de vivir, sentir y participar en congruencia con un mundo que debe ser pensado desde la sustentabilidad.

Se parte del concepto de educación ambiental, dado que otorga mayor cobertura a la intencionalidad de la transformación del quehacer del ser humano ante el mundo. En ese sentido la educación ambiental es un proceso pedagógico dinámico y participativo, que permite despertar ya no sólo entre los integrantes de las comunidades estudiantiles, sino en los grupos sociales en general, la búsqueda y uso de la información a partir de la cual se puede tomar conciencia de la problemática tanto en el ámbito mundial, como en el del contexto local en que tiene lugar la cotidianidad del individuo, ya que son las condiciones materiales y culturales de existencia, las que remiten a estructurar particulares formas de vida.

En tal sentido, hace falta reconocer las circunstancias en que se generan dichas prácticas, como formas de pensamiento y visión del mundo, en el caso particular de los mexicanos y zacatecanos; su reconocimiento

⁶⁰ Por mitigación se entiende “el conjunto de medidas para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos de algunas intervenciones antropogénicas” (IPCC citado por SEMARNAT, 2008, p. 25); lo que implica el establecimiento de medidas para reducir la emisión de GEI a la atmósfera y la captura de éstos en sumideros.

⁶¹ La adaptación al cambio climático se refiere a la capacidad de los seres humanos y los sistemas naturales para ajustarse, espontánea o de manera estudiada, a los impactos climáticos adversos, actuales y futuros; con la finalidad de tratar de controlar los daños y aumentar las oportunidades de beneficio a las poblaciones y garantizar los servicios ambientales de los ecosistemas (SEMARNAT, 2008).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

sirve para diseñar estrategias, programas y políticas que incidan en una atención inmediata a la larga lista de problemáticas ambientales que se hacen presentes y las que están por venir.

La educación ambiental también busca identificar las relaciones de interacción que se dan entre el medio ambiente y la actividad de los seres humanos, promueve una relación armónica entre el medio natural y las actividades propias de la sociedad actual, teniendo en cuenta un nuevo desarrollo sustentable.

Bajo esta perspectiva de la dimensión ambiental, el ser humano como ente cultural y la naturaleza se ven como un todo, pues se encuentran indisolublemente relacionados y entrelazados. Tal interrelación es condición de la actividad humana y como tal, posibilita pensamiento, acción y vida.

La cultura está implicada en todo lo que somos y hacemos: instrumentos de trabajo, tecnología creada, conocimientos y habilidades transmitidas de generación en generación, tradiciones y modos de vida expresados en la cotidianidad. Pero también cada cultura actúa e impacta en sus recursos naturales y su sociedad de una manera singular y los resultados de este proceso de transformación determinan el estado de su medio ambiente. Así la cultura ambiental debe ser una dimensión de la cultura general integral. El desarrollo de una *cultura ambiental* supone una transformación en cuanto a la concepción que el ser humano tiene sobre sí mismo y sobre el papel que juega en su comunidad y en el mundo, así como el lugar que ocupa lo humano en relación consigo y con la propia naturaleza.

Esta propuesta de cultura ambiental, tiende a recuperar las condiciones particulares del contexto social y natural, por medio de la organización de *círculos culturales*, comunidades de aprendizaje, grupos autogestivos que se propongan resolver ciertas cuestiones, asumiendo determinados compromisos de intervención. Esto sólo será posible en la medida en que se articulen significados que les sean comunes a los sujetos individuales y colectivos, y así establecer programas o estrategias con base en *redes o círculos culturales* de atención a problemas particulares según sean las necesidades del entorno natural y social.

El desarrollo de la cultura ambiental es un instrumento que contribuye a los cambios en la concepción del ser humano de sí mismo y de su lugar en el mundo y respecto a la naturaleza. Para ello se pretende generar una sinergia institucional que propicie la unión, la cooperación, la corresponsabilidad, el desarrollo y la solidaridad entre los diversos sectores y sujetos del estado de Zacatecas. Esto es, se pretende revitalizar y fortalecer la complementariedad entre el saber popular de nuestras ricas culturas y el conocimiento de los especialistas, para con ello, contribuir al enriquecimiento de un saber ambiental del estado de Zacatecas.

La cultura ambiental se entiende como el conjunto de significados, expectativas, prácticas, comportamientos y actitudes socialmente compartidos sobre la interacción del ser humano con el medio ambiente para su comprensión holística, uso armónico de los recursos naturales y de su cuidado. Lo anterior incluye la relación del ser humano consigo, con los demás y con el entorno. Este intercambio establece las relaciones sociales, las producciones simbólicas y materiales dentro de un contexto ubicado en un espacio y un tiempo.

Por tanto, pensar una cultura ambiental en la educación significa que ésta última no sólo convierte en objeto de estudio esos contenidos culturales, sino que colabora en su construcción, tratando de entender y criticar las actitudes y conductas de los actores sociales, sus racionalidades y conflictos con el ambiente. Tal como lo proponen Salvador Morelos y Concepción Velasco (2010) se necesita una re-educación de todos:

- Construir nuevas formas de pensar.
- Modificar nuestras pautas de comportamiento.
- Organizarnos para resolver los problemas que enfrentamos.
- Promover “nuevas formas de convivencia”.
- “Re-significar” los valores tradicionales y vivir conforme a nuevos valores.

Otro de los aspectos a considerar para los cambios esperados es la ambientalización del currículum, que consiste en volver lo ambiental un eje transversal e integrador de todos los contenidos, procesos y prácticas educativas e institucionales. Es decir, se trata de que la educación ambiental sea una práctica que cohesione la vida institucional, social y comunitaria. La ambientalización del currículum establece la cultura ambiental como eje rector holístico de la educación en general. Por lo tanto hay que promover estilos de vida que hagan acorde una ecología mental con una ecología ambiental, social, cultural política (Guattari, 2000).

Propósitos del Programa

Propósitos generales

1. Generar una nueva cultura ambiental en el estado de Zacatecas que prepare a la población para lograr una mejor calidad de vida ante los efectos locales de los fenómenos naturales, biológicos, sociales, económicos y culturales asociados al cambio climático global.
2. Favorecer la formación, la capacitación y el acceso a la información de calidad (fundamentada, pertinente, transparente) sobre el cambio climático y las medidas que pueden ser llevadas a cabo por los distintos actores de la sociedad zacatecana a fin de lograr, tanto la mitigación de los efectos producidos por el cambio climático, como la adaptación de los seres vivos a las nuevas condiciones del entorno.
3. Incidir en las políticas públicas –federales y estatales– para el Estado de Zacatecas sobre educación, capacitación y comunicación para la sustentabilidad, a fin de mejorar su capacidad propositiva y de respuesta. Ambientalizar las políticas públicas y generar un modelo único de las mismas con un enfoque ambientalista.
4. Contribuir al desarrollo de proyectos educativos, de comunicación y capacitación que concienticen y sensibilicen a la sociedad sobre las transformaciones sufridas en el medio ambiente como resultado de la actividad socio-económica del hombre, que mejoren la percepción de los problemas generados por el cambio climático, y que fomenten la participación activa de los diferentes sectores de la sociedad en el reconocimiento, comprensión y mitigación de dichos problemas.
5. Propiciar un diálogo abierto, directo, autogestivo y co-participativo que incluya la creación de espacios de reflexión social y la construcción de acciones y agendas consensadas por las diversas comunidades y sectores de la población del estado de Zacatecas.

Propósitos específicos

1. Fomentar el conocimiento del mundo en que vivimos y de las condiciones específicas del ambiente inmediato por regiones, del comportamiento de los fenómenos naturales, de la intervención del hombre en el clima y de los niveles de consumo que se tienen.
2. Implementar planes, proyectos y acciones encaminadas a promover una nueva cultura ambiental y una educación formal e informal que haga del medio ambiente un sujeto de derecho y potestad inalienables.
3. Hacer consciente la conducta socio-cultural de la ciudadanía zacatecana sobre el medio ambiente y sus cuidados, con el compromiso ético, político y moral de preservar y garantizar un entorno zacatecano habitable y sustentable para las generaciones futuras.
4. Fomentar un cambio en el comportamiento de los zacatecanos sobre la capacidad reflexiva y proactiva ante el uso y consumo de productos que impactan el medio ambiente.
5. Modificar hábitos y patrones de producción, distribución y consumo en la población zacatecana.
6. Favorecer que las comunidades rurales y urbanas se comprometan al cuidado de su medio ambiente, y se organicen para participar en procesos de autoformación a lo largo de la vida.
7. Fortalecer las capacidades de los zacatecanos para enfrentar los riesgos, efectos y consecuencias de los fenómenos asociados al cambio climático, con la intención de disminuir la vulnerabilidad de los distintos sectores sociales y su medio ambiente.
8. Consolidar la formación, profesionalización y capacitación ambiental de educadores, docentes, promotores ambientales, investigadores, líderes comunitarios, comunicadores y autoridades de los tres ámbitos de gobierno, a fin de responder a las demandas en materia de educación ambiental, comunicación educativa y sustentabilidad en condiciones de cambio climático.
9. Promover la participación conjunta de ciudadanos, de instituciones, de organizaciones sociales y de organismos públicos (eliminar barreras institucionales) en la implementación de acciones preventivas y correctivas que permitan la adaptación y mitigación de los efectos producidos por el cambio climático.
10. Impulsar la incorporación de la dimensión ambiental en condiciones de cambio climático, con un enfoque de sustentabilidad, en el currículum de todos los niveles educativos del estado de Zacatecas.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Ámbitos de trabajo, líneas estratégicas de acción y proyectos específicos

El Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental se desarrollará a través de seis ámbitos de trabajo, los que a su vez contienen 22 líneas estratégicas de acción (ver Cuadro No. 1). Cada una de las líneas estratégicas de acción está conformada por proyectos específicos; como ejemplo, en los cuadros No. 2 y No. 3, se enuncian los proyectos del ámbito de Educación formal y Educación no formal. Cada proyecto específico será coordinado por varias instituciones educativas y dependencias de gobierno del estado de Zacatecas.

Cuadro No. 1. Ámbitos y líneas estratégicas de acción.

Ámbitos	Líneas estratégicas de acción
1. Educación formal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa de formación de educadores ambientales 2. Fortalecimiento de la dimensión ambiental en el currículum de todos los niveles educativos 3. Producción editorial de libros de texto sobre educación ambiental 4. Fortalecimiento de planes ambientales en instituciones de educación media superior y superior
2. Educación no formal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fortalecimiento de las capacidades de los educadores ambientales 2. Fortalecimiento de las capacidades de la sociedad a través de los centros de educación y cultura ambiental (museos, bibliotecas, cineteca, fototeca) 3. Producción editorial y difusión de materiales educativos
3. Comunicación educativa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Creación de comunidades de aprendizaje y plataformas virtuales en torno a la educación ambiental 2. Estrategias de comunicación educativa a través de medios masivos 3. Formación de comunicadores
4. Capacitación en el sector industrial y rural	<ol style="list-style-type: none"> 1. Formación de asesores y consultores sobre el cuidado del medio ambiente en el sector industrial 2. Capacitación a trabajadores industriales 3. Formación de promotores y capacitadores del cuidado del medio ambiente en el sector rural 4. Capacitación a productores agrícolas y ganaderos
5. Fortalecimiento institucional	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fortalecimiento de las capacidades de gestión ambiental integral de funcionarios públicos y ciudadanos 2. Programa municipal de separación de basura 3. Legislación y normatividad
6. Investigación en cultura y educación ambiental en condiciones de cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigación diagnóstica de la problemática ambiental en Zacatecas 2. Sistematización y socialización de la información e investigaciones existentes sobre temáticas ambientales 3. Percepción e imaginario social del cambio climático 4. Intervención social, escolar y curricular 5. Fortalecimiento de los investigadores

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Cuadro No. 2. Líneas estrategias de acción y proyectos específicos del ámbito de la Educación formal.

Líneas estratégicas de acción	Proyectos específicos
1. Programa de formación de educadores ambientales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maestría en Educación Ambiental (para profesores y otros profesionistas encargados de educación ambiental). 2. Maestría en Ingeniería Ambiental y Cambio Climático (para profesionistas de las áreas de ingeniería y agropecuaria y de ciencias ambientales). 3. Diplomados en Educación Ambiental y Gestión para la Sustentabilidad en condiciones de Cambio Climático (para profesores en general y otros profesionistas). 4. Programa de educación continua para una cultura ambiental integral, en general y con enfoque de género (cursos, talleres, seminarios, mesas redondas, charlas, ciclos de conferencias, foros, encuentros, congresos (para profesores, alumnos, estudiantes, padres de familia y público en general).
2. Fortalecimiento de la dimensión ambiental en el currículum de todos los niveles educativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluación diagnóstica de los modelos de inclusión de la dimensión ambiental (o ambientalización) en el currículum de todos los niveles educativos. 2. Programa de intervención y reestructuración curricular para incluir la dimensión ambiental (cultura, contenidos y estrategias pedagógicas) por nivel educativo y tipo de institución.
3. Producción editorial de libros de texto sobre educación ambiental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de libros de texto sobre educación ambiental (diagnóstico ambiental, cambio climático y sus impactos, estrategias de intervención ambiental, etc.) por niveles de la educación básica: preescolar, primaria y secundaria. 2. Elaboración y publicación de libros y antologías especializados en la problemática ambiental en Zacatecas para nivel medio superior y superior.
4. Fortalecimiento de planes ambientales en instituciones de educación media superior y superior	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cursos y talleres sobre elaboración y evaluación de planes ambientales institucionales. 2. Establecimiento de planes ambientales y de manejo sustentable institucionales: políticas ambientales institucionales; formación de profesores; ambientalización curricular; hábitos y patrones de consumo, distribución y producción (agua, energía, otros consumibles, manejo de desechos, uso del suelo); vinculación con el entorno para estudiarlo y proponer alternativas de solución. 3. Encuentros bianuales de valoración de alcances y límites de planes ambientales de las instituciones de educación media superior y superior del estado de Zacatecas. 4. Cursos y talleres para el fortalecimiento de la cultura ambiental institucional. 5. Creación de unidades o programas institucionales de vinculación y extensión con temas ambientales y de cambio climático con los diferentes sectores de la sociedad. 6. Programas de reconocimiento al mérito ambiental para profesores, investigadores, directivos y estudiantes: institucionales, regionales y estatal.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Cuadro No. 3. Líneas estrategias de acción y proyectos específicos del ámbito de la Educación no formal.

Líneas estratégicas de acción	Proyectos específicos
1. Fortalecimiento de las capacidades de los educadores ambientales	1. Programa de educación continua, para una cultura ambiental integral, en general y con enfoque de género (dirigido a distintos sectores de la población): Cursos y talleres (presenciales y en línea), mesas redondas, charlas, y ciclos de conferencias para la formación, gestión e intervención cultural ambiental.
2. Fortalecimiento de las capacidades de la sociedad a través de los centros de educación y cultura ambiental (museos, bibliotecas, cineteca, fototeca)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa “Hogar verde y sustentable” en el estado de Zacatecas. 2. Programa de “visitas guiadas” y “clases fuera del aula” en empresas y organizaciones que tengan programas de cuidado del MA y de EA: Centros y parques ecológicos, plantas tratadoras de agua, etc. 3. Talleres de producción de alimentos urbanos, de huertos escolares y de traspatio (urbanos y rurales), elaboración de composta, lombricultura. 4. Cursos y talleres a nivel estatal para el consumo responsable, uso del agua, la energía, manejo de residuos sólidos (basura) y peligrosos. Talleres de reciclaje y elaboración de artesanías con productos de desecho. 5. Proyección de videos y películas sobre temas del medio ambiente. 6. Concursos bianuales (municipales y estatales) de fotografía y video sobre medio ambiente y educación ambiental. 7. Campañas de: reforestación, limpieza de lugares públicos, conservación y saneamiento de acuíferos (ríos, arroyos, presas, pozos, bordos), uso de bicicleta como medio transporte, vacunación de mascotas, etc. 8. Creación de centros de acopio de residuos sólidos y desechos de equipos electrónicos. 9. Programa de transporte escolar colectivo para y entre maestros y estudiantes (uso eficiente del transporte público –autobuses y taxis– y privado para asistir a la escuela y al trabajo).
3. Producción editorial y difusión de materiales educativos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revista de difusión sobre educación, medio ambiente y cambio climático. 2. Elaboración de materiales diversos sobre EA: Libros, folletos, trípticos y “acordeones” (tamaño tarjeta de crédito), material didáctico para escuelas, cuadernos para colorear, juegos de mesa, posters, videos, audios, etc.

Condiciones para la ejecución del Programa

Para lograr los propósitos del Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental se requiere tanto la participación conjunta de los tres niveles de gobiernos: federal, estatal y municipal, como la colaboración e intervención de los diferentes sectores de la sociedad: ciudadanos, empresarios, productores del campo, estudiantes, profesores, padres de familia, organizaciones no gubernamentales, instituciones educativas. Organizados todos bajo una comunicación directa y con voluntad política incluyente y coordinada. De la misma manera, la disposición para hacer sinergia con programas establecidos para conjuntar esfuerzos al emprender proyectos nuevos.

Para el logro de objetivos y metas de los proyectos aquí planteados se aprovecharán las capacidades humanas y la infraestructura disponible de cada dependencia, organismo, institución o empresa; para lo cual será necesario crear un grupo de trabajo que los coordine e integre. Se propone que este grupo se constituya con personas de varias instituciones educativas, dependencias de gobierno, de empresas y de organizaciones de la sociedad civil; asimismo, que su conformación sea multidisciplinaria.

De manera enunciativa, las principales funciones de este grupo de trabajo serían:

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- Establecer planes anuales de trabajo en los que integre objetivos, metas y acciones específicas de los diferentes sectores sociales, en torno a las líneas estratégicas de cada proyecto específico del Programa.
- Coordinar los proyectos específicos y vincular las acciones que diferentes instituciones, dependencias de gobierno, empresas, organizaciones no gubernamentales, cuerpos académicos y grupos de estudio, realicen, en torno al PECEA, sobre el cuidado del ambiente en Zacatecas.
- Gestionar recursos financieros para el cuidado del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático ante instancias estatales, nacionales e internacionales que los ofrezcan, a fin de ponerlos al servicio de los participantes en el desarrollo del PECEA.
- Desarrollar los proyectos de su responsabilidad según un plan operativo anual, así como aquellos que le sean solicitados.
- Dar seguimiento y evaluar el Programa Estatal de Cultura y Educación Ambiental.

Bibliografía consultada

Galindo, Luis Miguel (Coordinador) (s/f). *La economía del cambio climático en México. Síntesis* [versión electrónica], México, SHCP, SEMARNAT.

Guattari, Felix (2000). *Las tres ecologías*. Valencia, Editorial Pretextos.

Peralta, Oscar (2008). *Cambio climático y seguridad nacional*. México, Centro de Colaboración Cívica A. C. y Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente.

SEMARNAT (2007). *¿Y el medio ambiente? Problemas en México y en el mundo*. México, SEMARNAT.

**PROPUESTA PARA DESARROLLAR LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL 5° Y 6° AÑO DE PRIMARIA
EN LA CIUDAD DE ZACATECAS**

**Hernández Ayala PM, Cabrera Guardado PL, Bluhm Gutiérrez J, Núñez Peña EP,
Escalona Alcázar F de J, Valle Rodríguez S.**

**Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Ciencias de la Tierra. Licenciatura en
Ciencias Ambientales.**

pmha_23222@hotmail.com - jorgebg5@yahoo.com.mx

La necesidad de alimentos, de materiales para confeccionar ropa y para construir viviendas, así como la manera de consumir la energía, han definido buena parte de la relación de los humanos con el ambiente. Esto ha provocado grandes cambios en la naturaleza, algunos de los cuales pueden ser irreversibles e impedir los procesos naturales de recuperación, lo cual disminuye la diversidad biológica. Ejemplos de esto son la tala inmoderada de árboles, el desvío del cauce de los ríos y el desecho de materiales peligrosos en el mar o la atmósfera.

Los problemas ambientales se han convertido en una de las preocupaciones más acuciantes de la población, sobre todo a raíz de los eventos de emergencia ambiental que se han presentado en México en los últimos años.

Particularmente, las acciones que se puedan desarrollar en la escuela primaria resultan de gran valía, ya que es en este ciclo educativo en el que se adquieren las nociones básicas del conocimiento, así como en el que se promueven las actitudes fundamentales del ser humano ante la realidad en la que se encuentra inmerso.



AREA VI

ENERGÍA

DESARROLLOS E INNOVACIONES TECNOLÓGICAS, PARA TURBINAS EÓLICAS DE MULTI MEGA WATTS

Lassig J¹, Aparcian A¹, Mesquida C¹, Labriola C¹, Colman J²

¹ Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ingeniería; Buenos.Aires 1400 – (8300) Neuquén, Te: 54-299-4490322

² Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental, Universidad Nacional de La Plata, Calle 48 y 116 (1900) La Plata, Te. 54-221-423 6679

Para revertir el cambio climático por el aumento de los gases de efecto invernadero de origen antropológico, es necesario plantear innovaciones tecnológicas que cambien máquinas, sistemas y procesos que emiten ese tipo de gases, por otras máquinas, sistemas y procesos que no los produzcan. En el rubro generación eléctrica, la energía eólica tiene esas características. En la actualidad a nivel global aporta tan solo el 1% de la producción mundial de energía. Esto podría revertirse si se logran desarrollar turbinas eólicas del orden de los 20-30MW de potencia nominal. El presente trabajo hace un recorrido por las limitantes tecnológicas para alcanzar este logro, y describe algunos desarrollos innovadores que podrían plasmarse en los futuros aerogeneradores con potencias superiores a los 10MW.

INTRODUCCION

La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes. Por lo tanto es una fuente de energía limpia que no aporta al calentamiento global.

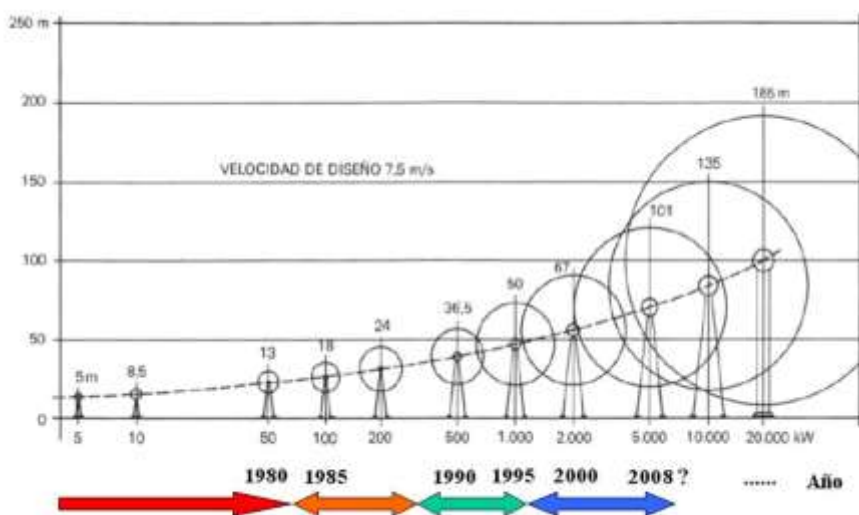


Figura 1:

Potencia generada en función del diámetro del rotor, altura del eje y evolución histórica.

El desarrollo tecnológico de este tipo de energía estuvo condicionado a las crisis petroleras (1973, 2002,

etc).

Se puede apreciar la evolución histórica y tendencia, del tamaño y la potencia de las turbinas eólicas a través de la siguiente figura.

La evolución tecnológica del rotor y la palas de las turbinas eólicas en las últimas dos décadas del siglo pasado, están bien descriptos por J.L.Tangler [1, 2000].

En la actualidad se está intentando desarrollar aerogeneradores Multi Mega Watt del orden de los 5 MW, aunque pareciera ser este un límite con la actual tecnología según varios investigadores, unos indicando que con el aumento del diámetro de los rotores, las tensiones desarrolladas en las palas están en el límite de los actuales materiales en uso, como Hiller et all [2, 2007]. Por otra parte, este aumento en el diámetro también produce un aumento de peso tanto del rotor como del generador eléctrico, y la tecnología de torres debería pasar de tubos de acero a torres de hormigón pre-tensado según Reinhard et all [3, 2007], u otras tecnologías. Por lo que para pasar a tamaños mayores, se deberá rever las tecnologías a utilizarse, no solo en nuevos materiales, generadores eléctricos, sistemas, y aerodinámica. A continuación se describen algunas tendencias de innovación en las cuatro áreas mencionadas.

MATERIALES

La altura de las torres está asociada a la capacidad de las turbinas. Mayor potencia implica un rotor de mayor diámetro y en consecuencia una torre más alta.

Inicialmente las torres de las turbinas eólicas se construyeron con reticulados de acero, que aun se siguen utilizando en algunos casos para generadores de baja potencia. Para aerogeneradores de gran potencia, una estructura reticulada en toda su altura es prácticamente inviable. El principal inconveniente técnico, radica en la complejidad de su ensamblaje y posterior montaje. Se requiere abulonar cientos de uniones, contar con el espacio necesario para hacerlo, y transportar las secciones desde el campo de ensamblaje hasta el lugar de emplazamiento, lo que se complica enormemente en tierras complejas. Estructuralmente, los nudos son susceptibles a la corrosión y las diagonales son muy sensitivas a las cargas de viento. Por otro lado, han dejado de usarse por motivos estéticos y de contaminación visual.



Figura 2:

Montaje de una torre tubular para turbina eólica moderna.

Las torres de acero tubulares reemplazaron a las anteriores debido a su atractivo diseño y a la facilidad de su montaje. Las más usuales son de forma levemente cónica, con el diámetro y el espesor de la pared aumentando gradualmente hacia la base. Constan de dos o tres segmentos prefabricados, que están preparados para ser ensamblados in situ con un sistema de pletinas y bulones. El diámetro, longitud y peso de los segmentos están acotados por la factibilidad de su transporte, siendo los valores máximos típicos de 4,3 m para el diámetro, 60 toneladas para el peso y aproximadamente 25 m de longitud.

Se están considerando nuevos diseños de las uniones para el ensamblaje de los módulos. Uno de ellos es a través de uniones friccionantes, con largas perforaciones acanaladas. Estas uniones se dimensionan para resistir las fuerzas de tracción inducidas por las cargas de diseño. Según Veljkovic y Husson, la innovación aumenta al doble la resistencia a la fatiga de las uniones. [4, 2009].

Como en todas las estructuras esbeltas de sección circular solicitadas por viento, estas torres son vulnerables a la fatiga. Cuando el viento fluye a través de las mismas, la curvatura de la sección ocasiona la separación de la capa límite a sotavento, generando un desprendimiento regular de vórtices. Estos vórtices producen una fuerza periódica sobre la torre en dirección perpendicular al viento incidente. Si la torre tiene bajo amortiguamiento y la frecuencia de desprendimiento de vórtices coincide con la frecuencia natural de la estructura, se producen vibraciones de alta amplitud que ocasionan daños por fatiga y pueden conducir al colapso. Este fenómeno es bien conocido y ha sido estudiado durante muchos años, si bien aun no se ha encontrado un método exhaustivo para cuantificar las amplitudes de desplazamiento de la estructura.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Para estudiar la estabilidad de las torres se realizan ensayos en túnel de viento, modelizaciones en CFD y mediciones a escala real. A raíz de estos estudios, se ha comprobado que a partir de los 85 m, las torres de acero presentan inestabilidad lateral, por lo que no serían viables para turbinas multi-mega.

En ese caso Harte y Van Zijl [5, 2007] proponen las torres de hormigón pretensado, que se construyen con las mismas técnicas de encofrado utilizadas en las chimeneas y torres de enfriamiento industriales. El problema que puede presentarse en el hormigón es debido a su coeficiente de dilatación térmica. Las variaciones de temperatura pueden originar fisuras en la estructura, debilitando al material en ciertas zonas y consecuentemente reduciendo su rigidez. Estas cargas térmicas se consideran en el cálculo de la torre combinándolas con las demás solicitaciones estáticas y dinámicas a las que está expuesta.

Actualmente se están investigando numérica y experimentalmente soluciones tecnológicas para disminuir el riesgo de fatiga en las torres de acero y hormigón, que tienden al control pasivo o activo de las vibraciones. Entre los métodos de control pasivo más comunes Kumar, Sohn y Gowda [6, 2008] mencionan:

- El aumento de la amortiguación de la estructura mediante la colocación de juntas de materiales visco elásticos entre los miembros estructurales.
- La rigidización de la estructura para aumentar su frecuencia natural y evitar la resonancia.
- La modificación de la sección transversal de la estructura, colocando distintos tipos de dispositivos para llevarla a una forma aerodinámica que evite el desprendimiento de vórtices.
- Chapa helicoidal alrededor de la torre para afectar la capa límite evitando el desprendimiento de vórtices.
- Carenado perforado. Básicamente consisten en una malla cilíndrica metálica agujereada que se coloca alrededor del cilindro principal sosteniéndola con puntales.
- Colocación de cables enrollados helicoidalmente alrededor de la estructura, evitando la formación de vórtices en la zona de estela. Este método tiene la ventaja de reducir el arrastre además de las vibraciones.
- La modificación de la rugosidad superficial de la torre colocando carenados que modifican la separación de las líneas de flujo.

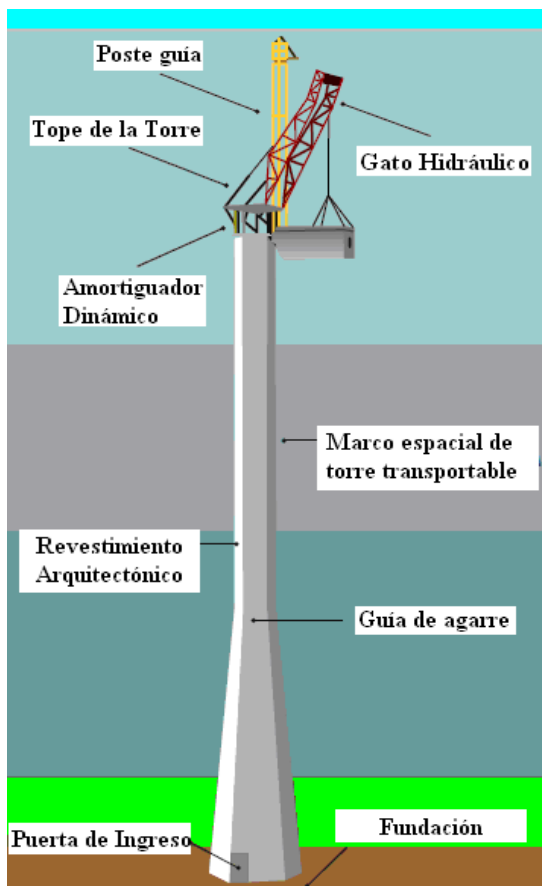


Figura 3:

Sistema de armado modular de la torre, en materiales compuestos realizado por Wind Tower Systems.

Para longitudes mayores a 100m, distintas empresas europeas están desarrollando torres híbridas de hormigón premoldeado y acero. Estas torres se componen de segmentos de hormigón premoldeado de alta resistencia en la parte inferior y secciones tubulares de acero en la superior. La parte de acero se ancla sobre el hormigón mediante uniones abulonadas. Además de la usual sección transversal circular, se construyen con secciones cuadradas o triangulares con las aristas redondeadas. Los segmentos inferiores se montan sobre fundaciones de hormigón. Para lograr la rigidez necesaria en la punta de la torre, se requieren diámetros mayores a 4 metros en la base. Esto dificulta el transporte de los segmentos de hormigón, por lo que generalmente son fabricados en el lugar de emplazamiento, utilizando hormigón elaborado in situ y pretensando toda la estructura con la ayuda de tensores externos. Las secciones superiores pueden ser transportadas en vehículos convencionales. Con estas estructuras de fácil montaje y mantenimiento, pueden lograrse adecuadas frecuencias para evitar la resonancia con la excitación producida por el viento.

Malcom [7, 2004] estudio otros tipos de torres híbridas, por ejemplo combinando secciones tubulares de acero, con reticulados y tensores de acero.

Otra innovación en estudio es el desarrollo de un sistema modular de armado de torre utilizando materiales compuestos (carbón-carbón) que reducen el peso de la torre, pudiendo resistir tanto cargas estáticas como dinámicas [8, 2011].

GENERADORES ELÉCTRICOS

La tecnología en los sistemas de generación eléctrica ha evolucionado drásticamente en la última década con el propósito de reducir peso y volúmenes para ser izados a las góndolas cada vez más altas de las turbinas eólicas en procura de mayor potencia instalada por unidad.

Inicialmente en el mercado se usaron las máquinas más simples y nobles que son las asincrónica o de inducción. Estas tenían un sistema de cambio del número de polos, así en bajo régimen de viento (6 á 7m/s) la máquina daba un cuarto o un tercio de la potencia nominal a la velocidad de diseño (10 á 12m/s). Estamos hablando de las máquinas de la década de los 1990s que eran de 400 á 700kW.

A fines de los 1990s la escalada fue pasar el MW de potencia por turbina. Las primeras fueron las NEG de 1MW que además constituyeron la primera granja off shore con 4MW instalados en un *polder* en Holanda. En 1997 NEG es comprada por MICON, el mayor instalador de turbinas Danés.

Paralelamente a esta tecnología de generadores, a fines de los 1980s y durante los 1990s ENERCON fue perfeccionando su sistema de generación síncrona de frecuencia variable con el viento que luego era convertido a CC y con inversores restablecido a CA de frecuencia fija. Este sistema elimina la caja multiplicadora ya que el generador síncrono es multipolar. Por esta razón el generador tendrá que soportar los embales del viento y por eso el generador se diseña al doble de la potencia nominal que se certifica en el molino. A pesar de ello, se han dado varios casos de incendio del generador con esta tecnología. Para fines del siglo XX aparecieron turbinas de 2 MW

Figura 4:

Parque eólicos off shore.



A partir de dichos tipos de generadores y sus accesorios se plantearon mejoras en los mismos. Para el caso de los asincrónicos VESTAS que había comprado a NEG-MICON, desarrolló el sistema OPTISPEED [9, 2005] que es un afinamiento con realimentación electrónica-eléctrica del sistema Stall ya que este una vez llegada a la potencia nominal, tenía unas variaciones a medida que la velocidad del viento crecía. De esta manera la máquina con un rotor bobinado se le inyectaban corrientes trifásicas en el rotor para mantener una velocidad constante y potencia de salida constante por el efecto del deslizamiento. Este refinamiento se desarrolló durante fines de los 1990s y ha sido de amplia aplicación a partir del 2000 ya que Vestas prácticamente domina el 40% del mercado internacional.

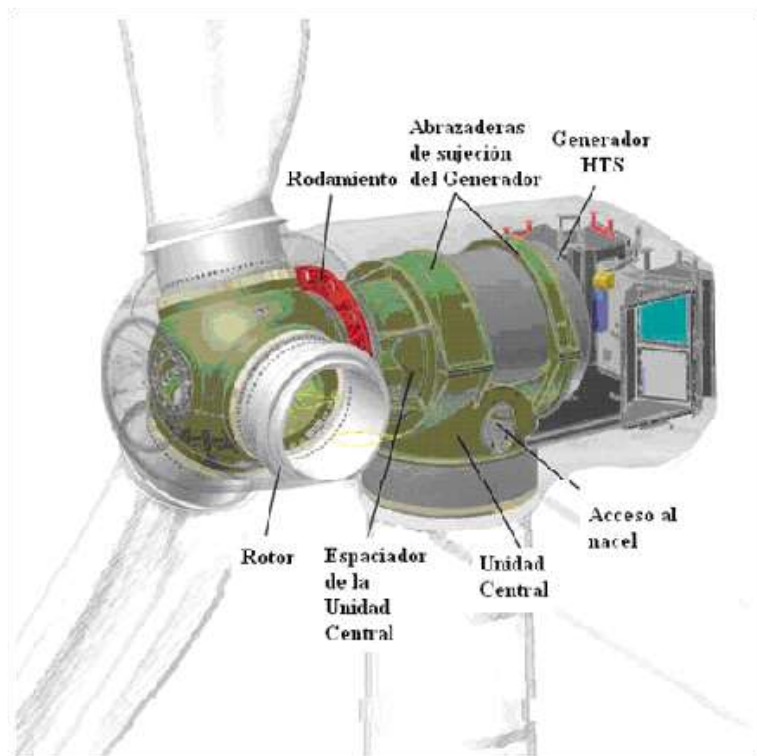


Figura 5:

Dibujo esquemático de la futura turbina eólica SEA TITAN de 10 MW (extraído de la referencia 10).

También a fines del siglo XX, ABB plantea turbinas de más de 2MW con sistema ENERCON pero con excitación rotórica mediante imanes permanentes. Estos imanes deberían ser de Neodimio que poseen un tamaño tres veces menor que los cerámicos y dan 1,5 veces más de magnetismo. Pero todavía en el 2000 no se había solucionado su desmagnetización por calentamiento ya que la temperatura de Curie era muy baja (80°C) y la temperatura normalizada de operación de las máquinas eléctricas es de 75°C.

Para el 2005 se solucionó ese problema y aparecieron en el mercado una familia de imanes de Neodimio con TC del orden de 120°C. Esto permitió que IMPSA desarrollara su turbina eólica con tecnología similar a ENERCON pero con excitación de IP obteniendo máquinas con 2MW de Potencia.

En el 2008 aparecieron prototipos de turbina eólica de 3MW que en el presente ya se comercializan.

Actualmente existen proyectos para construir prototipos de 6 y 8MW con la última tecnología.

Por último, para el caso de las máquinas asincrónicas, en EEUU se desarrollan en el MIT unas máquinas síncronas superconductoras por encargo de la Marina de los EEUU para propulsión de naves Guarda Costas [10, 2011]. Esto permite reducir tamaño y peso con el uso de superconductores de alta temperatura que trabajan a la temperatura del N₂ líquido (-130°C) en vez de la del helio líquido (-270°C). Este adelanto tecnológico permitió que durante 2009-2010 se desarrollara un prototipo de turbina eólica de 10MW con la posibilidad de ampliar a 30MW de generación por turbina.

SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN

En la actualidad la regulación de potencia se hace fundamentalmente a través de la aerodinámica de las palas, ya sea por el diseño de entrada en pérdida (Control Stall) de parte de las mismas o por la posibilidad de mover cada pala variando así el paso aerodinámico de ellas (Control Pitch). En los aerogeneradores de mediana potencia también se utilizan dispositivos aerodinámicos como frenos y spoilers para lograr el con-

tol y la regulación. Como se mencionó en la sección anterior, también existen variantes combinadas aerodinámicas-eléctricas para lograr este control.

Algo innovador para regular o controlar la velocidad de rotación del aerogenerador en función del viento, será usar frenos con fluidos magnetoreológicos (FMR) que puedan controlar la velocidad de giro del rotor del aerogenerador, y amortiguar y/o regular la orientación del mismo ante las componentes turbulentas del viento. Todo esto mediante la aplicación de campos magnéticos sobre el FMR.

El estudio de nuevos materiales puede orientarse hacia dos ramas: los materiales inteligentes, cuya respuesta es proporcional al estímulo externo, y los nanos materiales, cuya estructura microscópica está diseñada específicamente. Los fluidos magnéticos presentan ambas cualidades, dado que los mismos son diseñados y su respuesta es proporcional a la excitación externa y de la manera deseada.

Se denominan fluidos magnetoreológicos (FMR) a aquellos fluidos compuestos por partículas ferromagnéticas, de tamaño nano o micrométricas, dispersas en un líquido portador, que poseen propiedades viscoelásticas controlables mediante campos magnéticos externos [11, 2005], [12, 2006].

La proporción y calidad de los componentes de una emulsión, suspensión o dispersión, junto con el protocolo de creación de la misma, se ha indagado hasta el presente mediante exhaustivas experimentaciones [13, 2005], [14, 2005].

Numerosas aplicaciones se han propuesto para los fluidos magnetoreológicos, desde embragues y amortiguadores [15, 2007], válvulas [16, 2005] y sellos hasta aplicaciones biomédicas [17, 2005] en las cuales al fluido MR se lo trata como un film o una espuma.

Otra aplicación en estudio es el diseño de dispositivos de freno líquido con FMR, cuya característica de disipación sea variable.

Para cada aplicación particular, debe desarrollarse un FMR que responda a todas las necesidades, de la mejor manera posible, para las cuales el fluido es diseñado.

Entre las características que se pueden buscar en un fluido magnetoreológico, podemos enunciar: mayor tiempo de sedimentación posible, alta perdurabilidad de las propiedades físico-químicas, alta estabilidad (no agregación en ausencia de campos magnéticos externos), viscosidad acorde a la aplicación, grado de agregación por campo magnético externo según la aplicación, bajo magnetismo remanente, alta reversibilidad, alta susceptibilidad magnética, químicamente inerte, económico y liviano.



Figura 6: Esfuerzo cortante τ versus velocidad de deformación dy/dt .



Figura 7: Viscosidad dinámica μ versus velocidad de deformación dy/dt .

Es importante, en el diseño de un FMR, caracterizar el campo magnético, cualitativa y cuantitativamente, y la emulsión. En la Figura 6 puede verse la variación del esfuerzo cortante versus la velocidad de deformación impuesta al fluido. La pendiente de las curvas es representativa de la viscosidad del fluido. Se observa que para velocidades de deformación entre 2 s^{-1} y 102 s^{-1} (1rpm-60rpm), el esfuerzo cortante en presencia del campo crece entre 5 y 14 veces frente a la misma emulsión en ausencia de campo magnético externo. La emulsión presenta un comportamiento pseudo plástico, independientemente de la presencia del campo [18, 2010]. La Figura 7 presenta resultados de mediciones de viscosidad dinámica versus velocidad de deformación [18, 2010]. Se aprecia el notable incremento de la viscosidad de la emulsión en presencia del campo. El orden del incremento oscila entre 8 y 25 veces.

La elección de los elementos es crucial. Elegir un aceite de baja viscosidad refleja mayores efectos magnetoreológicos y por ende, menores pérdidas por rozamiento a la hora de construir un freno. Esto redundaría en

un menor gasto de energía para generar el campo magnético. Por otra parte la distribución en el espacio y la intensidad del campo magnético influye notablemente sobre los resultados.

Resumiendo, los aerogeneradores producen corriente eléctrica que son función de la velocidad de giro del generador eléctrico, que a su vez depende de la intensidad del viento, entonces si aumenta la corriente eléctrica y esta la realimenta en un campo magnético que actúa sobre un ferrofluido, este incrementa su viscosidad y pudiendo reducir (frenar) la velocidad del rotor eólico, y así controlarlo.

AERODINÁMICA

Desde el punto de vista de la aerodinámica de las palas de rotores, la búsqueda de la mayor eficiencia depende, fundamentalmente, de dos factores: el mejor diseño aerodinámico posible y la reducción del peso de las mismas.

Respecto del peso, hay muchos intentos en reducirlo, como por ejemplo el de construir aspas biplanas [19, 2007].

Otro camino, en la búsqueda del mejor diseño aerodinámico, es tratar de producir más potencia a igual tamaño, mereciendo citar en esa línea de trabajo las investigaciones de Jeppe Johansen and Niels N. Sørensen [20, 2006] consistentes en colocarles en el extremo de la punta de pala dispositivos winglets.

Esta problemática, la de la optimización aerodinámica, resulta muy compleja de tal manera que los investigadores no pueden resolver todos los problemas aerodinámicos juntos, vinculados a las palas de los rotores, a saber: perfiles aerodinámicos más adecuados; evolución de los mismos a lo largo del radio de la pala, es decir, cálculo y optimización de la "planta alar" de la/s palas; comportamiento de las mismas ante grandes ángulos de ataque (cuestión que se da en más del 80% del tiempo en que el viento al soplar mueve las mismas); peso y distribución del mismo según el radio; resistencia estructural; turbulencia del viento, con características locales importantes (no es lo mismo en llanura que a sotavento o barlovento de sierras o montañas); etc.

En todo ese complejo contexto, los investigadores han sabido aproximarse a la "solución" de alguno de dichos problemas, a saber, elegir "familias" de perfiles aerodinámicos que presentan adecuadas "polares" (C_l vs. α ; C_l vs. C_d ; $C_{mc/4}$ vs. α ; C_l / C_d), siendo C_l , C_d , $C_{mc/4}$, α los coeficientes de sustentación, resistencia, momento de cabeceo respecto del cuarto de cuerda y ángulo de ataque, respectivamente, y C_l / C_d la *eficiencia aerodinámica*. Precisamente, el *ángulo de ataque* (α) es el ángulo que forma la "velocidad local del viento" en la zona de la pala con la *cuerda* de la misma, siendo esta última la distancia entre el borde de ataque y el de fuga que, en un buen diseño aerodinámico, variará según el radio de la pala, desde un valor relativamente pequeño en el eje del rotor hasta ir incrementándose a medida que se aleja del eje (hasta un cuarto del radio, aproximadamente) para luego ir disminuyendo hasta un mínimo en la punta.

Cuando mencionamos más arriba "adecuadas polares", nos referimos a las mejores prestaciones aerodinámicas del perfil, su eficiencia aerodinámica, etc, en el rango de velocidades del viento correspondientes a la zona donde se emplazará la *turbina eólica*.

Esta problemática, la de la optimización *aerángulo de ataque* (α) es el ángulo que forma la "velocidad local del viento" en la zona de la pala con la *cuerda* de la misma, siendo esta última la distancia entre el borde de ataque y el de fuga que, en un buen diseño aerodinámico, variará según el radio de la pala, desde un valor relativamente pequeño en el eje del rotor hasta ir incrementándose a medida que se aleja del eje (hasta un cuarto del radio, aproximadamente) para luego ir disminuyendo hasta un mínimo en la punta.

Cuando mencionamos más arriba "adecuadas polares", nos referimos a las mejores prestaciones aerodinámicas del perfil, su eficiencia aerodinámica, etc, en el rango de velocidades del viento correspondientes a la zona donde se emplazará la *turbina eólica*.

Respecto del ángulo de ataque, precisamente la torsión que caracteriza a cada pala, a lo largo del radio, es para garantizar en lo posible que cada sección transversal de la pala (esto es, normal a la coordenada radial r o su forma adimensional $x = r/R$, siendo R la longitud (radio) de la pala), tenga el *óptimo ángulo de ataque* correspondiente al perfil aerodinámico a usar. Pero este diseño preliminar se basa en presuponer un valor y dirección del viento constantes. Sabemos que el viento turbulento en el que están inmersas las turbinas eólicas y, obviamente, las palas de las mismas, en el mejor de los casos tendrá una velocidad media preponderante en una dirección, pero también ráfagas que pueden alcanzar mayores-menores valores que la media y, además, en direcciones variables. En estas condiciones, como las palas se verán sometidas a ángulos de ataque que cambiarán la mayor parte del tiempo, aunque hayamos cristalizado un muy buen diseño aerodinámico preliminar, las mismas se verán en varias ocasiones en *situación de pérdida* (stall condition). El ángulo de pérdida estática es el ángulo mínimo para el que, en un perfil alar *estacionario* expuesto a una corriente uniforme comienzan a manifestarse los fenómenos de pérdida de sustentación. Partiendo de pequeños ángulos de ataque la sustentación crece normalmente en forma lineal con el aumento del ángulo

de ataque, hasta alcanzar un máximo. A partir de dicho máximo de sustentación, que se corresponde con el máximo ángulo de ataque, si se incrementa ligeramente el mismo, la capa límite sobre el ala (en nuestro caso la pala) se desprenderá (boundary layer separation) y, consecuentemente, disminuirá sensiblemente la sustentación: se trata de la entrada en pérdida. Veamos con detalle el campo de flujo: Partiendo de grandes ángulos de ataque con flujo aún adherido, a medida que sigue aumentando la incidencia comienza a aparecer sobre el borde de ataque del perfil flujo recirculante, formando parte de un vórtice contenido dentro de una corta *burbuja de recirculación*. Mientras este patrón re-circulatorio sea pequeño no producirá apartamientos importantes de la relación lineal sustentación-ángulo de ataque. Pero para ángulos de ataque suficientemente grandes, con tamaños de burbuja de recirculación crecientes se aprecia el comienzo del proceso de separación. Cuando un perfil alar es orientado bruscamente según un ángulo de ataque suficientemente grande con respecto a una corriente puede ocurrir un proceso denominado pérdida dinámica (double stall).

Diferentes tipos de pérdida han sido identificados en el pasado (McCullough & Gault, 1951 [21, 1951]; (McAlister & Carr [22, 1979]; (Currier & Fung [23, 1992]. El tipo de pérdida que más se está estudiando actualmente es el que ocurre a altos números de Reynolds en la región ubicada sobre el borde de ataque de modernos perfiles delgados. (Currier & Fung [23, 1992], Acharya & Metwally [24, 1992], Shih et al. [25, 1992], [26, 1995].

La pérdida de borde de ataque es habitualmente consecuencia de la separación de una capa límite laminar en las cercanías de la nariz del perfil alar. La separación es parte de un proceso fuertemente interactivo en el cual la capa límite se desprende e irrumpe en el flujo en forma de un esbelto chorro de fluido que puede ser considerado como capa de corte. El primero en identificar detalladamente el comienzo de este proceso fue Van Dommelen & Shen [27, 1980], [28, 1982] siendo posteriormente descrito por otros investigadores: Cowley [29, 1983]; Elliott et al. [30, 1983]; Peridier et al. [31, 1991].

Esta problemática del complejo flujo en el entorno de las palas, requiere de parte del investigador y diseñador de las mismas el aporte de ideas que lleven al empleo de dispositivos y/o mecanismos de *control del flujo* sobre las mismas. Por control del flujo entendemos todo dispositivo y/o mecanismo que cambie el patrón de flujo en el entorno y a sotavento de las palas respecto del que se tendría sin dicho mecanismo y/o dispositivo. Esa constituye una de las líneas de investigación y desarrollo más modernas de la mecánica de los fluidos y aerodinámica, en particular, en el rango de los bajos números de Reynolds que es donde se desenvuelven las palas de las turbinas eólicas, tanto las de pequeña y mediana potencia como las más grandes. A los efectos, el número de Reynolds se evalúa con la velocidad media del viento aguas arriba de las palas y la cuerda media de las mismas.

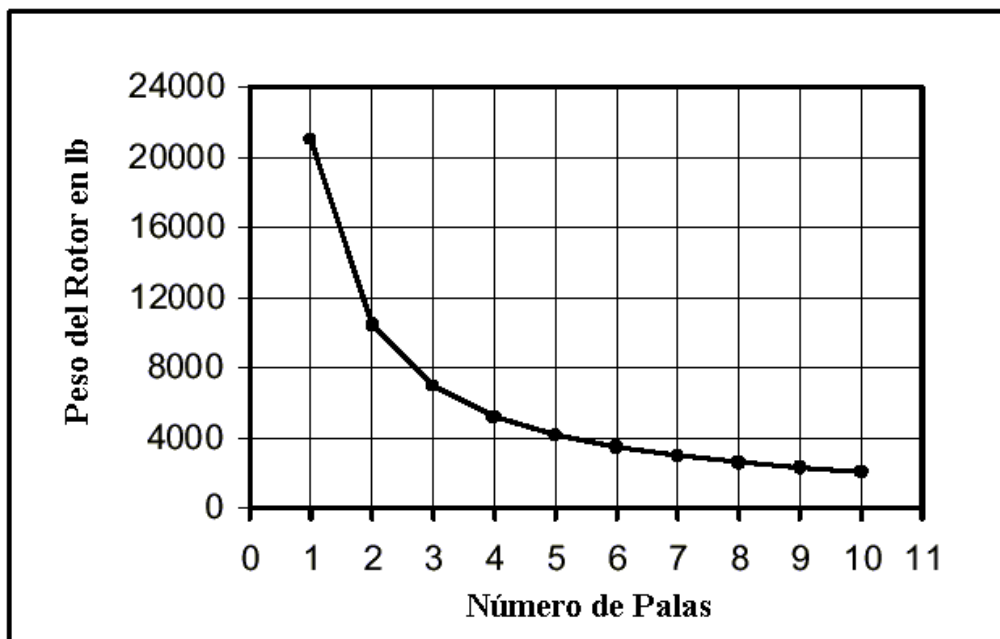
Los dispositivos y/o mecanismos de control de flujo pueden ser *pasivos y/o activos*, necesitando estos últimos el aporte de energía externa para que funcionen [32, 33, 34, 35, 36, 37]. Algunos de los dispositivos empleados de manera pasiva y/o activa son los mini-flaps Gurney, a ubicar en parte de las palas sobre la superficie opuesta a donde incide el viento, cerca del borde de fuga. Con ello se busca incrementar la sustentación y/o retrasar la entrada en pérdida de las mismas. Cuando se recurre a ellos de manera activa, debe proveerse de algún sistema electromecánico y/o electromagnético que permita al mini-flap oscilar verticalmente entrando y saliendo de la pala, en lo posible dentro de la capa límite en la zona cerca del borde de fuga. Las oscilaciones deben "ajustarse" a la estructura de la estela de tal manera que se vea incrementada la circulación alrededor de la pala y, consecuentemente, la sustentación. Conceptualmente, dichos dispositivos logran un leve "corrimiento" de la condición de Kutta (punto de remanso posterior del perfil) hacia la superficie inferior y, con ello, se incrementará la circulación, esto es, la sustentación, con muy poco incremento de la resistencia. Así se alcanzan mayores eficiencias aerodinámicas.

Otra forma, pasiva, de buscar mayor eficiencia aerodinámica es la colocación de pequeñas aletas o "winglets" en las puntas, en un plano vertical o casi vertical al plano medio de la pala. Dichas aletas actúan, desde el punto de vista aerodinámico, en dos fenómenos, a saber: a) Aumentan la envergadura de las palas, es decir, su longitud, y con ello su alargamiento (R^2 / S , donde R y S son la longitud y "proyección" de la pala en un plano, respectivamente); b) Proveen de un "empuje" adicional que se "suma" al que puede efectuar la pala sin el winglet. En la situación a), el aumento del alargamiento va acompañado de una mejora en la eficiencia aerodinámica y, en el b), el aumento del empuje redundará en el incremento del rendimiento de las mismas, pues el torque o reacción seguirá sin cambios significativos.

Si bien el winglet configura una forma pasiva de control de flujo, precisamente al no necesitar de aporte externo de energía lo hace más sencillo de implementar, siendo su mantenimiento prácticamente el mismo que el mantenimiento general que debe hacerse a las palas aunque no tuvieran dicho dispositivo.

Por último, otra forma de reducir el peso de los rotores eólicos, es utilizar más palas con la misma solidez. Cheney [38, 1999] realizó estudios de cómo se reducía el peso del rotor en función del aumento del número de palas. La figura 8 lo ejemplifica.

Figura 8:
Peso del rotor en función del número de palas a igual solidez, extraído de la referencia 38.



Pero no se puede aumentar indiscriminadamente el número de palas, pues el alargamiento de las mismas crece y hace muy esbelta la estructura de las aspas, haciendo imposible (con los actuales materiales) su construcción.

Por lo tanto, con la tecnología actualmente disponible y algunos desarrollos tecnológicos por venir, es posible que las grandes mega turbinas incorporen mas palas en los rotores: 4 ó 5 aspas.

CONCLUSIONES

Realizar turbinas eólicas de más de 10 MW de potencia nominal, hoy en día es todo un desafío. Se necesitaran innovaciones que puedan materializar este objetivo.

Los desafíos están fundamentalmente en la reducción del peso Rotor-Góndola, y esto se podrá logra muy posiblemente con:

- 1) el aumento del número de palas de los rotores,
- 2) el uso de materiales súper conductores en los generadores eléctricos.

El aumento del diámetro de las turbinas eólicas (y su peso) conducen a tener que innovar en el diseño y construcción de las torres. Muy posiblemente en los próximos años veremos torres soporte en hormigón pretensado y otras fabricadas en materiales compuestos.

El control de velocidad y potencia seguramente será cada día mejorado, y una posible innovación será la utilización de nuevos materiales como el caso de los fluidos magnetoreológicos. Como también se verán nuevos dispositivos aerodinámicos sobre las palas (controladores de flujo y vórtices tanto pasivos como activos).

La conclusión que se puede obtener es que, en un futuro cercano se dispondrán de turbinas de 30MW, por lo que la instalación de una súper granja eólica de unos 2100MW de potencia instalada (necesitarían de unas 70 turbinas de 30MW), pudiendo estar operando a los 6 meses la primera turbina, y prácticamente se instalarían a razón de una por semana, podemos decir que en 1,5 á 2 años se instalarán los 2100MW.

Si lo comparamos con el tiempo de instalación de generación térmica de ciclo combinado (necesitará 4 años en instalarla) y centrales Hidráulicas grandes (5años) a un precio similar por MW instalado, hace muy competitiva la tecnología eólica sobre las demás tradicionales.

Aunque subsistirá el problema de la imprevisibilidad del comportamiento del viento para realizar un despacho de generación a más de 72hs en el futuro. Por lo que el pronóstico meteorológico de vientos, es de las áreas a desarrollar e innovar en el futuro cercano, para hacer realidad la instalación de parques eólicos en gran escala en el mundo y así contribuir muy activamente en reducir la emisión de gases de efecto invernadero en la generación de electricidad en el planeta.

Referencias

- [1] Tangler, J.L.; "The Evolution of Rotor and Blade Design"; NREL/CP-500-28410; National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA, July 2000.
- [2] Hillmer B., Borstelmann T., Schaffarczyk P A, and dannenberg L; "Aerodynamic and Structural Design of MultiMW Wind Turbina Blades beyond 5MW"; *Journal of Physics: Conference Series* 75 (2007); IOP Publishing.
- [3] Reinhard Harte, Gideon P, and .A.G. Van Zijlb; "Structural stability of concrete wind turbines and solar chimney towers exposed to dynamic wind action"; *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 95 (2007) 1079–1096, Ed. Elsevier.
- [4] Veljkovic,M. and Husson,W.; "High-strength wind turbine steel towers"; Elforsk rapport: 09:11; Stockholm januari 2009.
- [5] Harte,R. and Van Zijl,G.; "Structural stability of concrete wind turbines and solar chimney towers exposed to dynamic wind action"; *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 95 (2007) 1079–1096, Ed. Elsevier.
- [6] Kumar,R.A., Sohn,C.H., and Gowda,B.; "Passive Control of Vortex-Induced Vibrations: An Overview"; *Recent Patents on Mechanical Engineering*, 2008, Vol. 1, No.1, pp1-11; Bentham Science Publishers Ltd.
- [7] Malcom,D.J.; "WindPACT Rotor Design Study: Hybrid Tower Design"; National Renewable Energy Laboratory , Golden, Colorado, NREL/SR-500-35546, April 2004.
- [8] <http://www.windtowersystems.com/> ; fecha: 12/05/2011.
- [9] *OptiSpeed®; "Manual de Mantenimiento Vestas V90-1.8 MW", Stocolmo, 2009.*
- [10] Fischer,M.; "A Giant of a Generator Superconducting Seatitan Shows a New Path to 10 MW"; *Renewable Energy World*; September 2010, pp7-11.
- [11] Holm,C., and Weis, J.J.; "The structure of ferrofluids: a status report"; *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, Vol. 10, pp. 133-140, 2005.
- [12] Hong,R.Y., Zhang,S.Z., Han,Y.P., Li,H.Z., Ding,J. and Zheng,Y.; "Preparation, characterization and application of bilayer surfactant-stabilized ferrofluids"; *Powder Technology*, Vol. 170, pp 1–11, 2006.
- [13] Melle,S., Rubio, M. A., and Fuller, G. G.; "Time Scaling in Aggregation of Magnetic Dipolar Particles: Scattering Dichroism Results"; *Physical Review Letters*, Vol. 87 - Number 11, 2005.
- [14] Domínguez-García,P., Melle,S., Calderón,O.G., and Rubio,M.A.; "Doublet Dynamics of Magnetizable Particles under Frequency Modulated Rotating Fields"; *Colloids and Surfaces A*, 2005.
- [15] Olabi,A.G., and Grunwald,A.; "Design and application of magneto-rheological fluid"; *Materials and Design*, Vol. 28, pp. 2658–2664, 2007.
- [16] Carlos Rinaldi, Arlex Chaves, Shihab Elborai, Xiaowei (Tony) He, Markus Zahn; "Magnetic fluid rheology and flows"; *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, Vol. 10, pp. 141-157, 2005.
- [17] Elias, F., Bacri,J.C., Flament,C., Janiaud,E., Talbot,D.,Drenckhan,W., Hutzler,S. and Weaire,D.; "Magnetic soap films and magnetic soap foams"; *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, Vol. 263, pp. 65–75, 2005.
- [18] Mesquida,C.D., Lässig,J.L., "Diseño y caracterización de un fluido MR aplicado a frenos de aeronaves"; II Congreso Argentino de Ingeniería Aeronáutica, 2010, Córdoba, Argentina.
- [19] Torres Martínez, M.; Solicitud de Patente. Oficina Española de Patentes y Marcas. 2007.
- [20] Jeppe Johansen and Niels N. Sørensen; "Aerodynamic investigation of Winglets on Wind Turbine Blades using CFD"; Risø-R-1543(EN); Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark, February 2006.
- [21] McCullough,G.B. and Gault,D.E.; "Examples of three representative types of airfoil section stall at low speeds", Technical Report, TN 2502 NACA, 1951.
- [22] McAlister,K.W. and Carr,L.W., "Water tunnel visualizations of dynamic stall". *Journal of Fluids Engineering* 101, 367-380, 1979.
- [23] Currier,J.M.and Fung,K.Y., "Analysis of the onset of dynamic stall"; *A.I.A.A., Journal* 30, 2469-2477, 1992.
- [24] Acharya,M. and Metwally,M.H., "Unsteady pressure field and vorticity production over a pitching airfoil", *A.I.A.A. Journal* 30, 403-411, 1992.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- [25] Shih,C., Lourenco,L.M. and Krothpalli,A. , “Investigation of flow at leading and trailing edges of pitching-up airfoil” *A.I.A.A. Journal* 33, 1369-1376, 1995.
- [26] Shih,C., Lourenco,L.M., Van Dommelen,L.L. and Krothpalli,A., “Unsteady flow past an airfoil pitching at constant rate”, *A.I.A.A. Journal* 30, 1353 – 1161, 1992:.
- [27] Van Dommelen,L.L. and Shen,S.F., “ The spontaneous generation of singulariry in separating boundary layer”, *Journal of Computational Physics* 38, 125-140, 1980.
- [28] Van Dommelen,L.L. and Shen,S.F., “The genesis of separation”, Symposium on Numerical and Physical Aspects of Aerodynamic Flows, Editorial T. Vebeci, págs. 293-311, 1982.
- [29] Cowley,S.; “Computer extension and analytic continuation of Blasius expansion for impulsive flow past a circular cylinder”, *Journal of Fluid Mechanics*, 135, 389-405, 1983.
- [30] Elliott,J.W., Cowley,S.J. and Smith,F.T., “Breakdown of boundary layers on moving surfaces; in semi-laminar flor; in fully unsteady flow”, *Geophysical, Astrophysics and Fluid Dynamics Journal*, 25, 77-138, 1983.
- [31] Peridier, V. J., Smith, C. R. & Walter, J. D. A., 1991: “Vortex-induced boundary layer separation. Part1. The unsteady limit problem” *Journal of Fluid Mechanics*, 232., 91-131.
- [32] Neuhart, D.H., Pendergraft, O.C., “A water tunnel study of Gurney flaps,” NASA TM-4071, 1988.
- [33] Bloy, A.W., Durrant, M.T., “Aerodynamic Characteristics of an aerofoil with Small Trailing Edge Flaps,” *Wind Engineering*, Vol. 19, No.3, 1995, pp 167-172.
- [34] Storms, B.L., Jang, C.S., “Lift Enhancement of an Airfoil Using a Gurney Flap and Vortex Generators,” *Journal of Aircraft* Vol. 31, No. 3, 1994, pp 542-547.
- [35] Giguére, P., Lemay, J., Dumas, G., "Gurney Flap Effects and Scaling for Low-Speed Airfoils," AIAA Paper 95-1881, 13th AIAA Applied Aerodynamics Conference San Diego, 1995.
- [36] Bacchi, F., Marañón Di Leo, J., Delnero, J. S., Colman, J., Martinez, M., Camocardi, M., Boldes, U., “Determinación experimental del efecto de mini flaps Gurney sobre un perfil HQ-17” *Fluidos-2006 IX Reunión Sobre Recientes Avances En Física de Fluidos y sus Aplicaciones*, Mendoza, Argentina, 2006.
- [37] Boldes, U.; Delnero, J.; Marañón Di Leo, J.; Colman, J.; Camocardi, M. & François, D. “Influencia en la sustentación, de los vórtices de la estela de un perfil con miniflap tipo Gurney”. *Actas 1er Congreso Nacional de Ingeniería Aeronáutica*. La Plata. Dic. 2008.
- [38] Cheney, M.C.; “Analysis and Test of Pultruded Blades for Wind Turbine Rotors”, NREL/SR-500-25949, Boulder, Colorado, USA, Julio 1999.

ENERGÍA LIMPIA EN BASE A HIDRÓGENO

Andreasen G, Ramos S, Barsellini D, Triaca WE.

Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata-CONICET, C.C. 16, Suc. 4, (1900) La Plata, Argentina. - wtriac@inifta.unlp.edu.ar

La producción de energía mediante la combustión térmica convencional de fuentes fósiles presenta serias desventajas, ya que es un método indirecto e ineficiente que implica una etapa intermedia de conversión de calor en trabajo mecánico con un límite de eficiencia intrínseca impuesto por el ciclo de Carnot. Así, por ejemplo, una máquina térmica que opera entre 350 °C y 100 °C tiene una eficiencia máxima intrínseca de 40% y, en la práctica, existen otras pérdidas de energía extrínsecas, tales como disipación de calor a los alrededores, calor generado por fricción en las partes móviles, combustión incompleta, etc., que disminuyen aún más el rendimiento. De este modo, en los motores de combustión interna, la eficiencia práctica es del 15 % al 20 %, esto es, se desperdicia más del 80% de la energía química contenida en el combustible. Además, como productos de la combustión se arrojan al ambiente principalmente agua y dióxido de carbono, que contribuye al calentamiento global, y otros contaminantes, tales como monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), hidrocarburos no saturados, material particulado, etc., que provocan desequilibrios ecológicos (lluvias ácidas, reducción de la capa de ozono, formación de smog, etc.) y/o dañan la salud. Por otra parte, debido a la baja eficiencia de conversión del método, se desaprovechan las limitadas reservas de combustibles fósiles, que han tardado millones de años en formarse.

Para resolver estos problemas se han desarrollado sistemas para el aprovechamiento integral de fuentes primarias de energía limpias y renovables que puedan sustituir a los combustibles fósiles, tales como energías solar, eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, etc. [1].

Si bien se puede imaginar un escenario futuro donde las fuentes primarias renovables, principalmente energías eólica y solar, ocupen un lugar predominante en la matriz energética sustituyendo a los combustibles fósiles, existen problemas relacionados con el almacenamiento y el transporte de la energía primaria y la facilidad de su conversión de acuerdo a la demanda. En este aspecto, debe señalarse que, en el lugar de consumo final, sólo el 25 % de la energía primaria se usa como electricidad y el 75 % restante como combustible. Por lo tanto, las energías primarias renovables deben usarse tanto para generar electricidad como para manufacturar combustibles. Es en este escenario donde aparece el hidrógeno como combustible ideal para el reemplazo de los combustibles fósiles fluidos (gases y líquidos), ya que puede obtenerse fácilmente por electrólisis del agua a partir de fuentes primarias renovables. El hidrógeno electrolítico, convenientemente almacenado, ya sea como gas comprimido, líquido a bajas temperaturas o en estructuras sólidas bajo la forma de hidruro metálico, puede transportarse al centro de consumo donde su combustión produce energía útil.

CICLO DEL HIDRÓGENO

El hidrógeno se encuentra en abundancia en la naturaleza, principalmente como constituyente del agua. Además, almacena mayor cantidad de energía por unidad de peso (33,3 kWh/kg) que cualquier otra sustancia y su combustión produce agua, sin contaminar el ambiente. Por otra parte, puede almacenarse fácilmente como gas comprimido (~200 bar), como líquido a bajas temperaturas (-253 °C) o como hidruro metálico formando estructuras sólidas. Recientemente, se han desarrollado nanoestructuras de carbono (nanofibras de grafito y nanotubos de carbono), que permiten almacenar aparentemente grandes cantidades de hidrógeno, entre 10 % y 20 % en peso, aunque los resultados son todavía controversiales [2]. El hidrógeno es también fácilmente transportable por tuberías y se puede usar directamente en quemadores o motores produciendo calor por combustión limpia, o convertir directamente su energía química en electricidad en dispositivos electroquímicos, conocidos como celdas de combustible, en un proceso de alta eficiencia.

Puesto que el hidrógeno no se encuentra libre en la naturaleza, se debe gastar energía para producirlo, tal como en el caso de la electricidad. El hidrógeno no es una fuente energética sino un intermediario entre la fuente primaria y el dispositivo de conversión de energía donde se lo utilice, *i.e.*, es un vector o portador de energía. Por tanto, para una utilización masiva del hidrógeno en sistemas sostenibles de energía se lo debe producir a bajo costo.

En sistemas sostenibles de energía, la necesaria complementación de dispositivos de funcionamiento intermitente, tales como convertidores solares fotovoltaicos o turbinas eólicas, puede lograrse en base a la producción de hidrógeno mediante electrólisis de agua fuera de las horas de pico, esto es, en base a la conversión de energía eléctrica en energía química del hidrógeno. El hidrógeno producido y convenientemente almacenado, en alguna de las formas ya descritas, puede posteriormente transportarse al centro de consumo, donde su combustión térmica produce calor y agua, aunque también se genera algo de NO_x si se

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

utiliza aire como comburente, o alternativamente, alimentar a celdas de combustible produciendo directamente electricidad y agua, que vuelve al ambiente, sin emisión de contaminantes. De este modo, el ciclo del hidrógeno constituye un sistema cerrado, a diferencia del ciclo de combustibles fósiles, ya que el combustible se regenera. Cabe también señalar que, alternativamente, con el excedente de electricidad se pueden cargar baterías electroquímicas de tecnología de avanzada, cuya energía puede utilizarse cuando sea necesario.

Para alcanzar alta eficiencia de conversión y máxima velocidad de drenaje de corriente en los dispositivos electroquímicos, se requiere minimizar las pérdidas de energía de los procesos involucrados. De ahí, la necesidad de desarrollar nuevos materiales de electrodo de composición y estructura superficial adecuadas para optimizar los procesos de conversión y almacenamiento de energía. Actualmente, se desarrollan a nivel mundial programas de investigación sobre sistemas avanzados de conversión y almacenamiento de energía en base a tecnologías de hidrógeno, que comprenden su producción, almacenamiento y combustión.

PRODUCCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE HIDRÓGENO

Existen diversos métodos de producción de hidrógeno: reformado de gas natural, alcoholes y productos de gasificación de la hulla, electrólisis del agua, termólisis y procesos termoquímicos, fotoquímicos y fotobiológicos. De todos ellos, la electrólisis del agua y el reformado de gas natural son los únicos métodos que han alcanzado un alto grado de desarrollo y competitividad para aplicarse a la producción de hidrógeno en gran escala.

El reformado de gas natural es, al presente, el método más económico para la producción de hidrógeno, pero tiene la desventaja, anteriormente mencionada, de la emisión de dióxido de carbono, el cual debe ser removido por procedimientos complejos. Sin embargo, si el proceso global incluye la combustión electroquímica en celdas de combustible del gas rico en hidrógeno producido, se logra reducir a un tercio la emisión de contaminantes.

Las tecnologías avanzadas de electrólisis del agua, ya sea a baja (75-85°C, electrolito alcalino o de polímero sólido) o a alta temperatura (1000°C, electrolito de óxido sólido), son procesos limpios con rendimientos superiores al 85-90%. Las investigaciones actuales se orientan hacia nuevos conceptos en diseños de electrodos y mejoras en los materiales de celda, para bajar costos y aumentar la eficiencia, confiabilidad y durabilidad del proceso.

El costo de producción de hidrógeno es, al presente y según la fuente primaria utilizada, aproximadamente dos a tres veces superior al de la gasolina. Debe recordarse que al costo de producción debe sumarse u\$s 6-8 por GJ de energía producida por los gastos adicionales de compresión, almacenamiento, transporte y distribución local de hidrógeno gaseoso. Sin embargo, si se tiene en cuenta que la eficiencia de conversión de hidrógeno a electricidad en celdas de combustible es, al menos, tres veces mayor que la correspondiente a la combustión térmica de la gasolina, surge que el hidrógeno sería competitivo en costo con los combustibles actuales, tales como gasolina y gasoil. Esta situación resulta más favorable al hidrógeno si se tiene en cuenta el costo del daño ambiental derivado del uso de combustibles fósiles fluidos.

Se ha señalado anteriormente que en sistemas sostenibles de energía en base a hidrógeno, este combustible debe almacenarse para cubrir las diferencias diarias y estacionales entre la disponibilidad de la fuente primaria de energía y la demanda. Los tanques de acero clásicos permiten almacenar hidrógeno comprimido usualmente a aproximadamente 200 bar. El uso de cilindros de aluminio reforzado con fibras de carbono posibilita aumentar la cantidad de hidrógeno almacenado de 1% a 4% con respecto al peso del recipiente. También se han desarrollado materiales compuestos reforzados con fibras de carbono que permiten fabricar tanques que soportan presiones superiores a 450 bar [2].

El almacenamiento de hidrógeno como líquido resulta particularmente atractivo para algunas aplicaciones (transporte aéreo y espacial) por la mayor densidad de energía volumétrica (2,4 kWh/l) respecto a la del hidrógeno comprimido (0,6 kWh/l a 170 bar). El almacenamiento criogénico presenta, sin embargo, la desventaja que el proceso de licuefacción del hidrógeno (temperatura de condensación -253°C a 1 bar) y su mantenimiento insumen 35-40% de su contenido energético. De ahí, que se hayan desarrollado nuevas técnicas de licuefacción y sistemas de almacenamiento a baja temperatura superaislados, particularmente para la tecnología espacial.

Otro procedimiento que ha recibido atención preferente es el almacenamiento del hidrógeno en aleaciones metálicas bajo la forma de hidruro. Las reacciones de hidruración/deshidruración son procesos reversibles que permiten absorber y desorber hidrógeno por variación de la temperatura y presión. El interés de este método de almacenamiento se basa en que ciertos metales y aleaciones pueden acomodar intersticialmente más átomos de hidrógeno que los correspondientes al mismo volumen de hidrógeno líquido. Así, el hidruro de composición LaNi_5H_6 tiene una densidad de energía volumétrica de 3,3 kWh/l que supera a las del hi-

drógeno líquido e hidrógeno comprimido, como así también a la del metano a 170 bar (1,7 kWh/l), aunque es más baja que los 8.8 kWh/l que provee la gasolina. Para algunas aplicaciones donde el espacio disponible para el tanque de combustible está limitado, como en el caso de los automóviles, el almacenamiento de hidrógeno como hidruro metálico en estructuras sólidas constituye, de este modo, una alternativa confiable y segura.

Las investigaciones cooperativas en esta área entre grupos de trabajo del INIFTA y el Centro Atómico Bariloche de la Comisión Nacional de Energía Atómica, han permitido el diseño y preparación de compuestos intermetálicos en base a LaNi_5 y ZrCr_2 , capaces de absorber y desorber hidrógeno a presiones cercanas a 1 atm y temperatura ambiente [3-5]. En este aspecto, se debe señalar que se ha diseñado y construido un prototipo de almacenador, que utiliza 500 g de una aleación tipo AB_5 , cuyo hidruro tiene una presión de equilibrio apta para su uso como fuente de alimentación confiable de una celda de combustible, ya que puede ser cargada directamente con el hidrogeno producido en un electrolizador sin necesidad de compresión adicional [6]. La capacidad nominal del almacenador es de 80 litros de hidrógeno, que en condiciones normales equivale a 3 h de operación de un sistema de celdas de combustible de 30 W. El contenedor de hidruro cuenta con superficies extendidas internas (discos) y externas (aletas) de aluminio para favorecer la transferencia de calor. El diseño del prototipo permite el monitoreo de la presión interior y de las temperaturas del centro y de la pared exterior del almacenador, para distintos caudales de descarga.

Por otra parte, resulta también de interés para el almacenamiento de hidrógeno desde la fase gaseosa el empleo de hidruro de magnesio o de alguno de sus compuestos intermetálicos preparados mediante el aleado mecánico hasta la escala de nanopartículas, con fases catalíticas que permiten disminuir la temperatura de desorción a un valor del orden de los 200 °C o aún menor, con las correspondientes presiones de equilibrio mayores que la presión atmosférica. También, los hidruros complejos, tales como LiBH_4 con 18 % de hidrógeno en masa, son promisorios como nuevos compuestos almacenadores con altas densidades gravimétrica y volumétrica de hidrógeno.

COMBUSTIÓN ELECTROQUÍMICA DE HIDRÓGENO

La forma más eficiente para utilizar la energía química del hidrógeno es su conversión directa a electricidad en celdas de combustible [7]. Estos dispositivos operan con alta eficiencia de conversión no limitada por la restricción de Carnot, ya que no existen etapas intermedias de conversión de calor a trabajo mecánico. En una celda de combustible, los reactivos (hidrógeno y oxígeno del aire) alimentan a los correspondientes electrodos, constituidos por materiales porosos catalizados que se encuentran en un electrolito adecuado, estableciéndose una diferencia de potencial que mantiene un flujo de electrones, esto es, una corriente eléctrica, que puede efectuar trabajo útil.

En la celda se genera también una cierta cantidad de calor debido al cambio entrópico ($T\Delta S$) asociado a la reacción de combustión electroquímica del hidrógeno, por lo cual la eficiencia teórica de conversión a electricidad es algo inferior al 100 %. De este modo, para la celda de combustible de hidrógeno-oxígeno, la eficiencia máxima intrínseca es de 91 % a 150 °C. En la práctica, cuando se drenan corrientes apreciables existen otras pérdidas de energía, que se manifiestan como calor liberado, conocidas como sobrepotenciales, asociadas a la irreversibilidad de las reacciones que ocurren en la celda, esto es, procesos de transferencia de carga y reacciones asociadas y de transporte de materia, y a caídas óhmicas, que disminuyen la eficiencia práctica a valores de 50-70 %, según las condiciones de operación. Estas características determinan que las celdas de combustible sean útiles también como sistemas de cogeneración de electricidad y calor, alcanzándose en este caso eficiencias totales de 80-85 %. El otro producto es agua, que no contamina el ambiente. Además, las celdas de combustible carecen de partes móviles, por lo que funcionan silenciosamente y sin desgaste mecánico.

Los distintos tipos de celda de combustible de hidrógeno-oxígeno actuales se clasifican por el tipo de electrolito empleado, que define la temperatura de operación de la celda. Así, existe un amplio espectro de celdas que utilizan distintos electrolitos: membrana de intercambio de protones (60-80 °C), álcali acuoso (80 °C), ácido fosfórico (190-200 °C), carbonato fundido (650 °C) y óxido sólido (700-1000 °C). Cabe destacar que en los últimos años se ha prestado una atención preferente a las celdas que utilizan alcoholes, tales como metanol y etanol, como combustible. Estos alcoholes son sustancias parcialmente oxigenadas con alto contenido de hidrógeno que poseen densidades de energía que alcanzan el 50-60% de la correspondiente a la gasolina, y que al ser líquidas a temperatura ambiente constituyen una forma de almacenamiento de hidrógeno segura y de fácil manejo, muy atractiva para aplicaciones en el transporte vehicular. En este trabajo se hará sólo referencia a las celdas de temperaturas bajas e intermedias, que son las que han alcanzado mayor grado de desarrollo.

Para las reacciones electródicas de interés en la conversión de energía a temperaturas bajas e intermedias se requieren electrocatalizadores para aumentar la velocidad de la reacción de transferencia de carga. Para la mayoría de estas reacciones los mejores electrocatalizadores son metales nobles, tales como platino,

rutenio, paladio y otros. De ahí, que se realicen esfuerzos para encontrar sustitutos adecuados de estos materiales de bajo coste, aunque los resultados hasta ahora no son completamente satisfactorios. Por lo tanto, se ha tratado de utilizar más eficazmente a los metales nobles preparándolos en formas que presenten una mayor actividad catalítica. Así, se han desarrollado distintos métodos para la preparación de electrocatalizadores de tamaño de partícula del orden del nanometro, de modo de ofrecer una alta área superficial, que se dispersan sobre soportes adecuados y que han permitido obtener altos rendimientos en reacciones de conversión de energía a valores de carga de electrocatalizador tan bajos como $0,05 \text{ mg/cm}^2$. Estudios recientes han mostrado la influencia, entre otras variables, de la nanomorfología del electrocatalizador metálico, del tamaño de la cristalita del metal y de las interacciones metal-soporte sobre la actividad de los electrocatalizadores altamente dispersados [7,8]. Consiguientemente, se debe prestar atención a las condiciones de preparación de los electrodos y a la selección adecuada del soporte.

Con respecto al estado del arte a nivel mundial en esta área, en los últimos años se han producido avances importantes en el desarrollo de celdas de combustible de hidrógeno/oxígeno y de metanol/oxígeno que emplean la tecnología de membrana de intercambio de protones (PEM), con la cual se alcanzan altas eficiencias de conversión y densidades de potencia. Entre estos avances se deben destacar: i) el desarrollo de membranas fluorsulfónicas; ii) la reducción de 10 a 100 veces de la carga de platino en los electrodos mediante la utilización de nanopartículas soportadas en carbón de alta área específica y el impregnado de la capa activa del electrodo con electrolito de conducción protónica para extender la zona de reacción; iii) la optimización de la estructura del ensamble electrodo-membrana-electrodo [8], que ha permitido alcanzar altas densidades de corriente superiores a 1 A/cm^2 . Estas mejoras han posibilitado una sustancial reducción del costo por kilovatio de potencia, lo cual permite la aplicación de las celdas PEM como fuente de potencia para vehículos eléctricos y una amplia variedad de sistemas portátiles.

Sin embargo, existen todavía pérdidas de energías importantes asociadas a problemas de electrocatálisis de las reacciones electrónicas que disminuyen la eficiencia de conversión a electricidad. Para reducir estas pérdidas se requiere el desarrollo de electrocatalizadores selectivos con estructuras superficiales de alta actividad catalítica que permitan minimizar las pérdidas de energía relacionadas con los sobrepotenciales de electrodo, principalmente los correspondientes a la electroreducción de oxígeno y a la electrooxidación de metanol y de etanol, y así conducir los procesos de conversión de energía a velocidad y eficiencia máximas. Se ha producido en este aspecto un gran salto adelante mediante estudios combinados de cinética electroquímica y ciencia de la superficie, que han permitido la comprensión de procesos electroquímicos a nivel atómico y posibilitado establecer la correlación entre la estructura superficial y la composición química del catalizador con su actividad y selectividad para una reacción particular [7]. En la preparación de electrodos de alta tecnología, uno de los mayores desafíos consiste en depositar sobre soportes adecuados nanopartículas del electrocatalizador altamente dispersadas con la estructura superficial requerida para un óptimo comportamiento en operación.

Se debe señalar en esta línea de trabajo un desarrollo reciente de nuestro grupo de trabajo del INIFTA que permite obtener nanopartículas de platino facetadas sobre soportes conductores mediante la aplicación de electrólisis pulsante a alta frecuencia en soluciones conteniendo complejos del metal [9]. Los estudios de caracterización de los electrodepositos de platino mediante las técnicas de microscopía de efecto túnel, microscopía electrónica de transmisión, microscopía electrónica de barrido y voltamperometría cíclica revelaron la presencia de nanopartículas de platino altamente facetadas con orientación cristalográfica preferente (111), las cuales mostraron una actividad catalítica para la reacción de electroreducción de oxígeno que era superior a la de nanopartículas de platino policristalino soportadas sobre carbón comerciales.

Por otra parte, el estudio del comportamiento a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ de una celda de combustible PEM de hidrógeno/oxígeno que utilizaba electrodos porosos de difusión de gas con nanopartículas de platino facetadas tipo (111) incorporadas en el cátodo mostró un rendimiento superior a la de una celda con nanopartículas de platino policristalino altamente dispersadas sobre soportes carbonosos [9,10]. El mejor comportamiento en operación de la celda de combustible con nanopartículas de platino facetadas tipo (111) se debe a que la presencia de este tipo de nanopartículas en el cátodo disminuye el bloqueo de la superficie del electrodo por intermediarios peroxídicos, producidos durante el proceso de electroreducción de oxígeno, favoreciendo de este modo el proceso global de conversión de energía. A través de las investigaciones realizadas se han podido establecer bases racionales para el diseño y construcción de electrodos de alta tecnología para uso en celdas de combustible de avanzada.

En otra línea de investigación más aplicada, se han diseñado y construido en INIFTA prototipos de celdas de combustible de hidrógeno/oxígeno de módulos múltiples ("stack"), usando membranas de intercambio de protones como electrolito y electrodos de platino-carbón-PTFE. Se ha evaluado el comportamiento de los prototipos bajo distintas condiciones de funcionamiento en un banco de prueba, construido en el laboratorio, con sistemas electrónicos de control y medición de las variables operativas de celda (potencial, corriente, presión y caudal de gases, temperatura, etc.), alcanzándose densidades de potencia (aproximadamente $0,5$

W/cm^2 a $1,2 A/cm^2$) del orden de las que se han informado internacionalmente para las mejores tecnologías [11].

APLICACIONES DE LAS TECNOLOGÍAS DE HIDRÓGENO

Generación descentralizada

Las plantas descentralizadas de generación de electricidad en base a fuentes primarias de energía renovables (eólica, solar, hidráulica, etc.) pueden tener aplicaciones de alto impacto económico-social en algunos países de la región latinoamericana de gran extensión territorial, particularmente Argentina, Brasil y México, como sistemas de abastecimiento de electricidad en zonas rurales o aisladas, distantes de las centrales eléctricas de base, si se tienen en cuenta las pérdidas de energía y el alto costo de capital asociados con la transmisión y distribución de electricidad por líneas de alta tensión. Pero cualquier diferencia diaria o estacional entre la generación de electricidad y su demanda ocasiona la necesidad de disponer de sistemas de almacenamiento de electricidad adecuados. De ahí, que las plantas generadoras de electricidad deben complementarse, como se ha señalado anteriormente, con baterías recargables avanzadas o bien derivando parte de la energía producida durante los periodos de baja demanda para electrolizar agua generando hidrógeno, el cual puede posteriormente reconvertirse en electricidad en celdas de combustible de alta eficiencia durante las horas de alta demanda, falta de luz o ausencia de viento. De este modo, las tecnologías de hidrógeno permiten resolver el problema del almacenamiento de las energías primarias y equilibrar el desfase entre generación y consumo.

Alternativamente, para generación dispersa, la tecnología de celdas de combustible puede utilizarse para cogeneración de electricidad, calor y vapor de agua, ya sea con fines industriales o para uso doméstico. En este caso, se admite el uso de otros combustibles, aparte del hidrógeno, tales como gas natural, biogas, metanol, etanol, cortes livianos de petróleo, los cuales deben ser previamente reformados. Al respecto, se debe señalar que en Argentina aproximadamente 250.000 viviendas carecen de estos servicios esenciales. En particular, en el interior de la provincia de Buenos Aires, existen aproximadamente cien mil personas en zonas rurales que no poseen electricidad proporcionada por el sistema interconectado nacional, lo cual resulta crítico en el caso de escuelas rurales. Dado que las distribuidoras de energía del interior de la provincia de Buenos Aires no están obligadas a energizar sin rentabilidad a poblaciones rurales, difícilmente el poblador de estas zonas pueda acceder a una educación y calidad de vida equivalentes a las del habitante de centros urbanos al faltarle los medios y equipamientos apropiados. Las energías renovables constituyen en este aspecto, alternativas limpias y eficientes para la generación de electricidad y calor en zonas rurales y/o aisladas.

Transporte vehicular

Es un hecho bien conocido que en ciudades densamente pobladas, una de las principales fuentes de contaminación ambiental está constituida por las emisiones (gases tóxicos y material particulado) provenientes de los escapes de los motores de combustión interna de los vehículos de transporte. Cada 160.000 km, el automóvil a gasolina promedio emite 1.300 kg de contaminantes orgánicos gaseosos, 1.250 kg de monóxido de carbono y 85 kg de óxidos de nitrógeno, más cantidades apreciables de material particulado. En este aspecto, la introducción gradual de sistemas de celdas de combustible de tecnología de avanzada para el reemplazo de los motores de combustión interna en la propulsión de vehículos, ofrece las ventajas de un alto rendimiento, funcionamiento silencioso y emisión nula de contaminantes (el producto de reacción es generalmente agua), contribuyendo así a la preservación del medio ambiente. Cabe también mencionar que la alta eficiencia de conversión de las celdas de combustible permite un aprovechamiento máximo de la energía química contenida en los combustibles (hidrógeno, biocombustibles, gas natural, etc.), asegurando de este modo el uso racional de los recursos.

La tecnología PEM de celdas de combustible se aplica ya en diversos vehículos eléctricos prototipo sin emisión de contaminantes fabricados por las principales compañías que dominan el mercado de automotores mundial. Si bien las celdas de combustible PEM han alcanzado un alto grado de desarrollo, la principal limitación para su aplicación masiva en el transporte vehicular está relacionada con el sistema de almacenamiento de hidrógeno. En el transporte vehicular no sólo importa la energía específica (kWh/kg) y, en este caso, la del hidrógeno es tres veces mayor que la de los hidrocarburos líquidos que constituyen la gasolina, sino también la densidad de energía volumétrica (kWh/l), ya que interesa el tamaño del tanque de combustible frente al tamaño total del vehículo. De ahí, que además de fabricarse modelos que usan como combustible hidrógeno comprimido a distintas presiones se ha ensayado también el empleo de hidrógeno líquido y de hidruros metálicos que poseen densidades de energía volumétrica mayores.

Alternativamente, se ha planteado el uso como combustible de alcoholes líquidos con alto contenido de hidrógeno, ya que, por ejemplo, el metanol tiene una densidad de energía volumétrica de $4,4 kWh/l$ frente a los $8,8 kWh/l$ de la gasolina, esto es, se requiere un tanque de almacenamiento sólo dos veces mayor. Por

otra parte, si el metanol, previo reformado, abastece una celda de combustible, la mayor eficiencia de conversión de este dispositivo, aproximadamente tres veces mayor que la de un motor de combustión interna, hace que para igual autonomía de recorrido sin recarga de combustible, el tanque de almacenamiento de metanol sea del orden o menor que el tanque de gasolina. Así, el vehículo prototipo Nekar 5 (con tecnología PEM de Ballard), desarrollado hace unos años, utiliza un sistema de celdas de combustible de 75 kW abastecidas con hidrógeno proveniente del reformado a bordo de metanol, y alcanza una velocidad máxima de 150 km/h. El tanque de almacenamiento de metanol es de sólo 40 litros, proporcionando una autonomía de 450 km, superior a la de un vehículo de combustión interna a gasolina. Por otra parte, emite menos del 10 % de las emisiones tóxicas de los motores de combustión interna.

De todos modos, para evitar algunos problemas asociados al uso de un reformador de metanol a bordo, otros fabricantes han privilegiado el desarrollo de vehículos eléctricos impulsados por celdas de combustible de muy alta eficiencia y alimentación directa con hidrógeno comprimido a alta presión. Al respecto, uno de los vehículos eléctricos que al momento exhibe el mejor rendimiento, es el Honda FCX, prototipo totalmente calificado para uso en ruta. Pesa 1.670 kg, su autonomía es de 430 km (hidrógeno a 350 bar) y desarrolla una velocidad máxima de 150 km/h. La fuente de potencia es una celda de combustible de 50 kW, con un volumen de 33 litros y un peso de 48 kg. El excelente rendimiento alcanzado se debe al empleo de una nueva membrana de electrolito tipo C-H con grupos sulfonato, con una conductividad eléctrica que es el doble de la de la clásica membrana de Nafion® a -20 °C. El bajo peso de la celda de combustible se ha logrado mediante la fabricación de placas separadoras de metal estampado que ofrecen una menor resistencia de contacto (1/4) y pesan un 20 % menos que las placas de carbón convencionales.

En la temporada 2008-2009 Honda ha lanzado al mercado, en California, una versión certificada de línea de producción, denominada FCX Clarity, que se puede arrendar por 3 años a u\$s 600/mes. La fuente de potencia es una celda de combustible de 100 kW de 57 litros de volumen y 67 kg de peso que proporciona una autonomía de 410 km y una velocidad máxima de 160 km/h. El vehículo también posee una batería de ion litio como fuente suplementaria de potencia para capturar la energía de la desaceleración y del frenado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT), a la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC PBA) y a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) por la financiación recibida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Q. Schiermeier, J. Tollefson, T. Scully, A. Witze y O. Morton, *Nature*, **454**, 816 (2008).
2. A. Züttel, *Materials Today, Review Features*, **24-23** (2003).
3. W. E. Triaca, H. A. Peretti, H. L. Corso, A. Bonesi y A. Visintin, *Journal of Power Sources*, **113**, 151 (2003).
4. D.R. Barsellini, A. Visintin, W.E. Triaca y M.P. Soriaga, *Journal of Power Sources*, **124**, 309 (2003).
5. A. Visintin, H.A. Peretti, F. Ruiz, H.L. Corso y W.E. Triaca, *Journal of Alloys and Compounds*, **428**, 244 (2007).
6. M. Melnichuk, N. Silina, G. Andreasen, H.L. Corso, A. Visintin y H.A. Peretti, *International Journal of Hydrogen Energy*, **35**, Issue 11, 5855, (2010)
7. S. Srinivasan, *Fuel Cells: From Fundamentals to Applications*, Springer, New York (2006).
8. J.P. Meyers, *Interface*, **17**, 36 (2008).
9. S.G. Ramos, M.S. Moreno, G.A. Andreasen y W.E. Triaca, *International Journal of Hydrogen Energy*, **35**, Issue 11, 5925, (2010)
10. G. Andreasen, D. R. Barsellini, A. Visintin y W.E. Triaca, *World Hydrogen Technologies Convention 2007, Proceedings WHTC 2007, Montecatini, Italia*.
11. C. Tori, M. Baleztena, C. Peralta, R. Calzada, E. Jorge, D.R. Barsellini, G. Garaventa, A. Visintin, y W.E. Triaca, *International Journal of Hydrogen Energy*, **33**, 3588 (2008).

GENERACIÓN DISTRIBUÍDA: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

Barbero S, Alvarez R.

IITREE-LAT FI-UNLP, Calle 48 y 116 B1900AMF La Plata, Argentina, Tel.: +54 221 425 0804

1. Introducción

La crisis energética promovió la adopción de diversas estrategias con el fin de paliar el déficit. Entre las medidas adoptadas al corto plazo destaca el empleo de generación de valores pequeños en distintos puntos de la red, también conocido como Generación Distribuida (GD).

En el contexto internacional, al principio las empresas eléctricas ofrecían una oposición férrea a la instalación de generación distribuida, aún en el caso de que solo se tratara de auto-generación, es decir generación que se emplea exclusivamente dentro de las instalaciones del usuario. No obstante la presencia de apagones, especialmente la serie de contingencias que se produjeron en Estados Unidos, Italia e Inglaterra para fines del 2003, con sus consiguientes pérdidas económicas en ese momento más los costos legales posteriores, ha cambiado en gran medida la forma de pensar de las empresas eléctricas.

De acuerdo con datos de la CIGRE [1], en diversos países del mundo se ha incrementado el porcentaje de la potencia instalada de GD, en relación con la capacidad total instalada. Así, en países como Dinamarca y Holanda, alcanza valores de hasta el 37%, y en otros, como Australia, Bélgica, Polonia, España y Alemania, tan solo del 15% y en el caso de Estados Unidos, del 5%.

2. La Generación Distribuida

No existe una definición única y común acerca del concepto de GD y muchos autores manejan diferentes esquemas, así como intervalos de trabajo, para caracterizar servicios que pueden caer en el margen de la GD.

La GD es la utilización, de forma integrada o individual, de pequeños generadores, desde los cientos de kW hasta los 10 MW, por parte de compañías eléctricas, clientes eléctricos o terceros, en aplicaciones que benefician al sistema eléctrico, a usuarios eléctricos específicos o a ambos.

Algunas definiciones de la GD son:

- *DPCA (Distribution Power Coalition of America) la define como, cualquier tecnología de generación a pequeña escala que proporciona electricidad en puntos más cercanos al consumidor que la generación centralizada y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte o distribución.*
- *IEA (International Energy Agency) la define como la producción de energía en las instalaciones de los consumidores o en las instalaciones de la empresa distribuidora, suministrando energía directamente a la red de distribución.*
- *Esco Vale Consultancy (especialista del sector del Reino Unido), amplía el rango de potencias hasta 100 MW, limitando a 10 MW la potencia máxima para instalaciones basadas en fuentes de energía renovable.*

Frecuentemente es utilizado como sinónimo de otros términos como: autogeneración, generación on-site, cogeneración y generación "dentro del recinto". Nuestra definición incluye el almacenamiento y la tecnología para la autogestión de la demanda interna.

Otra característica de la GD es su naturaleza no despachable. Es decir que no se puede saber con exactitud cuanta energía podrá entregar. Esta característica se hace evidente en aquellas fuentes no convencionales donde la energía producida depende fuertemente de condiciones ambientales (generación fotovoltaica, eólica, etc.).

2.1. Aplicaciones posibles de la GD

Dentro de las aplicaciones más usadas de la GD se encuentran:

- *Carga base: La tecnología de GD se utiliza para cubrir parte de la demanda en base de electricidad. El equipo está funcionando permanentemente y reduce el consumo de electricidad de la red.*
- *Cobertura de picos de demanda: La GD se usa para alisar picos de demanda eléctrica.*
- *Cogeneración: Se produce calor/frío además de producir electricidad.*
- *Backup: Aplicación de stand-by que asegura el suministro de electricidad de forma ininterrumpida. Funciona únicamente cuando se produce un corte en el suministro.*

- *Calidad de Suministro: Si la calidad del suministro está por debajo de las necesidades del cliente, esta aplicación proporciona la calidad requerida, eliminando fluctuaciones.*
- *Soporte a la Distribución: Las distribuidoras o los grandes clientes utilizan esta aplicación para evitar y resolver congestiones en la red de distribución.*

2.2. Tecnologías de la GD

El éxito de la difusión y fomento de la GD radica en la existencia de tecnologías de punta que permiten, para potencias pequeñas, generar energía eléctrica en forma eficiente, confiable y de calidad.

Las tecnologías de generación se dividen, a su vez, en convencionales y no convencionales. Las primeras incluyen a las turbinas de gas, motores de combustión interna y microturbinas [2]. Las segundas se refieren a las energías renovables, como la minihidráulica, geotérmica y biomasa, las turbinas eólicas, celdas de combustibles y celdas fotovoltaicas.

Las tecnologías de almacenamiento comprenden a las baterías de acumuladores, los volantes de inercia, las bobinas superconductoras, imanes y almacenamiento a base de hidrógeno.

2.3. Localización de la GD

Para las fuentes convencionales, como los combustibles fósiles, la generación distribuida no posee ventajas inherentes a la localización.

En cambio para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales como eólica, residuos de biomasa y cogeneración, el biodiesel, la GD tiene ventajas significativas por localización.

Para el caso de la energía eólica, en algunos casos se puede aprovechar la red existente de distribución de media tensión para proyectos de GD, si esta se encuentra en la cercanía de sitios adecuados para el aprovechamiento eólico

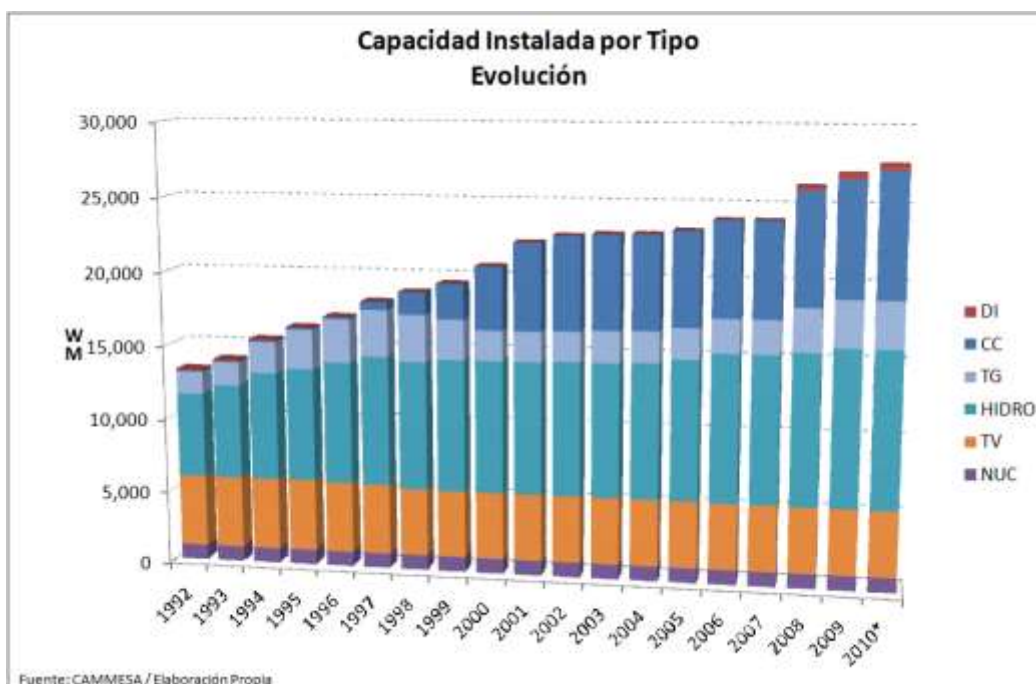
Para la cogeneración, la GD es la única alternativa, ya que necesariamente debe situarse la generación eléctrica en el mismo sitio de la generación de vapor.

Para la generación con residuos de biomasa, la GD es la mejor alternativa, ya que el transporte de los mismos es económicamente prohibitivo, debiendo quemarse en sitios lo más próximos posible al lugar de su producción.

3. Panorama actual en Argentina

Argentina es en gran medida, un país hidrocarburo-dependiente. El petróleo (41,5 %) y el gas natural (48,8 %) explican en conjunto el 90,3 % de la oferta de energía primaria. El suministro eléctrico depende en un 55 % de centrales térmicas, abastecidas mayormente con gas natural. En la fig. 1 se detalla el parque generador existente a lo largo de los años hasta el 2010.

Fig. 1



Desde el año 2003 se ha registrado un sostenido aumento del consumo eléctrico, presentándose en marzo de este año el récord de consumo (20913 MW). Este crecimiento sin embargo, no ha sido acompañado con mejoras en la infraestructura del sistema eléctrico. Pese a que se han desarrollado obras (financiadas principalmente por el estado), en la actualidad la red eléctrica se encuentra exigida al máximo de su capacidad.

Si se considera una tasa de crecimiento del 5 % anual de la demanda de energía eléctrica, será necesario instalar antes del año 2017 alrededor de 30000 MW de nueva capacidad de generación.

La oferta de gas tampoco ha acompañado la demanda energética nacional, los motivos van desde el agotamiento del recurso en las cuencas sedimentarias productivas, la falta de inversión en materia de desarrollo y exploración y los límites en la capacidad de transporte.

Debido a la fuerte dependencia de los hidrocarburos, los costos de la electricidad son considerablemente altos y altamente variables. Sin embargo, debido a los subsidios en la tarifa, los usuarios no aprecian el verdadero costo de la energía eléctrica. Es así como en invierno del 2010 se registraron costos de generación del orden de los 1600 \$/MWh, mientras que el precio de mercado (el precio de venta) se encuentra fijado en 120 \$/MWh [3].

En este escenario, la Argentina se encuentra bajo la gran dificultad de no poder garantizar el futuro incremento de la demanda. Se presenta sin embargo, una oportunidad única para el desarrollo de la GD como una acción complementaria para revertir el escenario energético actual.

3.1. Medidas para paliar el déficit

Se ha establecido un plan energético que comprende diferentes pautas estratégicas, entre las cuales se destacan:

- Ley Nacional 26.190

Art. 1: *“Objeto - Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad.”*

Art. 4: *“Definiciones - A efectos de la presente norma se aplicarán las siguientes definiciones:*

- a) Fuentes de Energía Renovables: son las fuentes de energía renovables no fósiles: energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás, con excepción de los usos previstos en la Ley 26.093.*
 - b) El límite de potencia establecido por la presente ley para los proyectos de centrales hidroeléctricas, será de hasta TREINTA MEGAVATIOS (30 MW).*
 - c) Energía eléctrica generada a partir de fuentes de energía renovables: es la electricidad generada por centrales que utilicen exclusivamente fuentes de energía renovables, así como la parte de energía generada a partir de dichas fuentes en centrales híbridas que también utilicen fuentes de energía convencionales.”*
- **Programa GENREN:** En el año 2009 se llamó a licitación pública para la provisión de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales. El programa arrojó como resultado la adjudicación de casi 900 MW de generación a partir de fuentes renovables: (750 MW eólico, 20 MW fotovoltaico, 110 MW térmico con biocombustible, 10 MW pequeñas hidroeléctricas).
 - **Programa Generación Distribuida I y II:** Fue desarrollado en dos etapas que contemplaban la instalación y puesta en marcha de 27 centrales ubicadas en distintas provincias del territorio nacional, totalizando una potencia de 600 MW. Para ello se recurrieron a generadores transportables de bajopotencia (del orden del MW), ya sea mediante motores alternativos o turbinas a gas.
 - **Construcción grandes centrales térmicas:** En adición a la construcción de los ciclos combinados en Campana y Rosario, se están construyendo actualmente las centrales Brigadier Lopez (Santa Fe) y Ensenada Barragán (Buenos Aires). Todas estas centrales son capaces de operar con gas natural o combustibles líquidos.

En este contexto, las medidas adoptadas aportan en cierta medida a paliar el déficit energético, sin embargo acentúan la dependencia de los hidrocarburos y en consecuencia implicarán en un futuro precios más altos para la energía.

El programa GENREN es el primer paso a la integración de fuentes de energías renovables al sistema eléctrico, sin embargo está orientado a grandes grupos generadores conectados al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) y no considera la instalación de pequeñas unidades generadoras que permitirían descon-

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

gestionar y aliviarlas redes de distribución eléctrica. Tampoco existen todavía políticas que fomenten la instalación de GD a nivel domiciliario.

4. Oportunidades de la Generación Distribuida

La implementación de políticas que incentiven la instalación de GD, permitiría aprovechar las ventajas que presenta este tipo de tecnologías.

- La GD reduce la utilización de las redes de transporte de energía y las pérdidas globales del sistema por kWh consumido efectivamente; por lo tanto se reduce la necesidad de inversión en activos fijos en las redes de transporte de energía.
- Reduce las pérdidas en las redes de distribución de energía.
- Incrementa la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.
- Puede utilizarse para la regulación de tensión en distribución.
- Permite generar energía limpia utilizando fuentes renovables en un muy amplio segmento de inversión.
- En caso de utilizarse fuentes renovables, se reduciría los factores de emisión asociados a la generación eléctrica.

5. Marco legal-regulatorio en Argentina

No existe un claro marco legal que contemple a la GD en su totalidad. En la concepción tradicional, las redes de distribución están pensadas únicamente para conectar demanda y no tienen en cuenta la posibilidad de conexión de generación a ellas. Es por ello que tradicionalmente las regulaciones no contemplan la GD. Sin embargo, la figura del generador distribuido se promulgó en la Resolución 269/2008, de la Secretaría de Energía, en la cual se dispone:

“Establécese la figura de Autogenerador Distribuido, consistente en un consumidor de electricidad que además genera energía eléctrica, pero con la particularidad que los puntos de consumo y generación se vinculan al Sistema Argentino de Interconexión (SADI) en diferentes nodos de conexión.”

Esta resolución incorpora la figura de autogenerador, pero considera sólo a los grandes usuarios. Actualmente, la regulación no permite a los usuarios residenciales instalar algún sistema de GD que inyecte potencia a la red de distribución. La instalación de la GD sería posible sólo para reducir la carga base del usuario. Es decir, le permitiría consumir menos energía eléctrica de la red, pero no podría entregar al sistema el excedente generado. De hecho, el sistema de GD no puede estar conectado a la red de distribución, sino que debe operar como un sistema aislado o también conocido como en “isla”.

Debido a los bajos precios de la tarifa residencial (subsidiadas por el estado), esta opción no es económicamente atractiva ya que los costos asociados a la instalación de la GD son considerablemente mayores.

Previamente a la resolución 269/2008, la ley 25019 declaraba de interés nacional a la generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales:

Art. 1: “Declárase de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional”

Art. 5: “Remunerar en hasta UNO COMA CINCO CENTAVOS POR KILOVATIO HORA (0,015 \$/kWh) efectivamente generados por sistemas de energía geotérmica, mareomotriz, biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás, a instalarse que vuelquen su energía en los mercados mayoristas o estén destinados a la prestación de servicios públicos”

Como se puede observar, el precio establecido por la ley 25019 quedó obsoleto al compararlo con los precios actuales. Esta ley intentó promover el uso de energías renovables, pero no tuvo éxito. Su fracaso se debió en parte a que cuando se salió del régimen de convertibilidad la remuneración se devaluó y no fue actualizada.

Uno de los agentes más beneficiados con la implementación de GD son las empresas distribuidoras, ya que les permite reducir la congestión en ciertos nodos de la red, mejorar la calidad de suministro en puntos lejanos, etc. Sin embargo, de acuerdo a la regulación vigente, las distribuidoras no están habilitadas a instalar unidades generadoras en sus instalaciones.

6. Interconexión de los sistemas de GD a los sistemas eléctricos de potencia

El sistema de interconexión está formado por una serie de equipos que permite realizar la conexión física del generador distribuido y los equipos de almacenamiento con la red eléctrica (normalmente, la red de dis-

tribución local) y con las cargas locales (consumidores). Proporciona acondicionamiento y conversión de la energía (en caso necesario), protección, monitorización, control, medida y despacho de la unidad de GD.

Entre los principales aspectos a ser considerados para la conexión de la GD a los sistemas existentes, se destacan:

- *Aplicación y coordinación de los dispositivos de protección*
- *Control de la tensión*
- *Configuración de los transformadores*
- *Medición*
- *Calidad de la energía*
- *Operación en isla*
- *Normativas nacionales e internacionales: IEEE 1547*

6.1. Problemática de la interconexión

Al interconectar un sistema de GD aparecen una serie de cuestiones, relacionadas fundamentalmente con:

- *Desempeño del sistema de protección*
- *Confiabilidad durante la operación*

A diferencia de los sistemas de generación tradicionales, la GD no dispone de sistemas exhaustivos que minimicen los efectos contraproducentes durante su conexión. Además, la diversidad de opciones tecnológicas empleadas en la GD es otra preocupación adicional. Existen ciertos aspectos principales a los que se debe prestar especial atención al momento de considerar la instalación de GD.

6.1.1. Coordinación del sistema

Como en todo sistema eléctrico, al agregar elementos en una barra se modifica en cierto grado la potencia de cortocircuito de dicho punto. Cuando el elemento que se adiciona es un generador, la potencia de cortocircuito (Scc) se incrementa, por lo tanto debería verificarse que los elementos de protección son capaces de soportar la nueva condición de falla.

6.1.2. Dispositivos de protección

La instalación de GD puede causar una operación no deseada de protecciones cercanas al punto de conexión. Por este motivo, es fundamental realizar un estudio para determinar el comportamiento de las protecciones con el agregado de la GD. Puede ser necesario realizar nuevos ajustes e incluso reemplazar elementos de protección por otros que resulten adecuados para las nuevas condiciones de falla[4].

A modo de ejemplo, la GD puede causar una operación incorrecta de protecciones cuando ocurre una falla próxima a un equipo, como se muestra en la Fig. 2.

6.1.3. Control de tensión

El valor eficaz de la tensión suministrado debe tener un valor bien determinado con cierta tolerancia. Para ello, en las redes de distribución, las empresas distribuidoras asignan determinados equipamientos para el control de tensión, por ejemplo utilizando transformadores con cambio en la relación de transformación (taps). Se configuran de forma tal que el flujo va la de la subestación hacia la carga.

Es decir que en estos casos debe considerarse el aporte de la GD para no reducir o invertir el flujo de potencia hacia el alimentador (Fig. 3).



Fig. 2

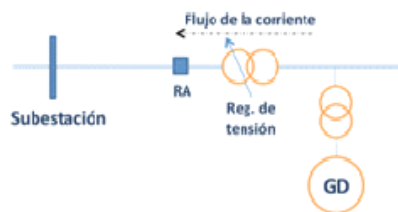


Fig. 3

6.1.4. Transformador de conexión

El tipo de transformador a emplear determinará como la GD interactuará con el sistema y viceversa, especialmente durante los casos de fallas.

Por lo general el grupo de conexión empleado es delta/estrella con puesta a tierra (PAT).

Por otra parte, es de destacar que sin un correcto grupo de conexión del transformador, en condiciones de falla se incrementa la probabilidad de que la GD y las cargas que estuvieran conectadas directamente a ella, queden en isla.

6.1.5. Funcionamiento en isla

El funcionamiento en isla es una condición de operación de la GD en la cual ésta última abastece (o no) una determinada porción de carga separadamente al resto del sistema.

Se deben estudiar cuales serán las condiciones de funcionamiento del sistema aislado, considerando principalmente el nivel de tensión aportado, los niveles de cortocircuito y de pérdidas.

Deben considerarse los aspectos de seguridad de los operarios; ya que podría asumirse que una porción de la red que no está conectada al sistema está por lo tanto desenergizada, cuando está en realidad, se encuentra funcionando en isla, abastecida por la GD.

6.1.6. Calidad de la energía

La instalación de GD afecta de varias formas a la calidad de la energía. Entre los principales se destaca la generación de armónicas en el caso de emplear electrónica de potencia para la conversión de energía. Esta tecnología es de uso común en fuentes de energía no convencionales. En el caso de paneles fotovoltaicos, su uso es prácticamente obligatorio, ya que las celdas generan en corriente continua y mediante conversores, es que se logra la inyección de potencia en la red.

La presencia de armónicos complica la operación de los dispositivos reguladores de tensión, incrementa el riesgo de presencia de ferresonancia, introduce flicker, modifica la operación de las protecciones contra sobrecorrientes, etc.

6.1.7. Perturbaciones

Si bien la GD debería aumentar la confiabilidad del sistema, aún aparecen casos en donde el agregado de GD han aumentado el número de salidas de servicio. Como se mencionó anteriormente, otro aspecto a tener en cuenta es la inyección de armónicos que surge fundamentalmente en los casos de GD con inversores de frecuencia.

Otro aspecto a considerar es la respuesta de la GD ante huecos de tensión. Se denomina hueco de tensión, a la reducción transitoria de la tensión entre un 10 y 90 % de su valor eficaz nominal, con duración que puede variar entre milésimas de segundo y minutos. Se debe prestar especial atención a la respuesta de la GD ante este tipo de perturbaciones, ya que podría agravar la situación de falla.

7. Regulación Técnico-Normativa

A nivel nacional no hay normas específicas que regulen las condiciones técnicas de la conexión de la GD. El operador del sistema (CMMESA) tiene establecido procedimientos técnicos que deben cumplirse en orden de conectar un generador al SADI:

Al conectarse una nueva generación o demanda en el SADI, o realizarse una ampliación del Sistema de Transporte en Alta Tensión, Distribución Troncal y/o de los Prestadores Adicionales de la Función Técnica de Transporte, debe verificarse que este ingreso no producirá efectos adversos en el sistema.

Estos estudios deben reunir:

- *Estudios de flujos de cargas.*
- *Cortocircuito*
- *Estabilidad Transitoria*
- *Requerimientos del Transporte*
- *Estudios de pequeñas perturbaciones*
- *Estudios de Flicker, armónicos, variaciones bruscas de carga, etc.)*

Estas especificaciones están orientadas a generadores de gran potencia, conectados en puntos del sistema que son regulados por CMMESA y no consideran los aspectos particulares de la GD mencionados anteriormente.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

A nivel internacional existe una normativa reconocida que es la IEEE 1547 [5]. Esta norma está compuesta por seis secciones, de acuerdo al detalle de la Fig. 3.

Fig. 3



A su vez, la norma IEEE 929 [6] define lineamientos para asegurar la compatibilidad operacional de los sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribución. Incluye requisitos técnicos relacionados con la seguridad, sistemas de protección, calidad y operación.

Los requisitos establecidos por IEEE 1547 cubren los aspectos mencionados anteriormente en el apartado 6 y pueden agruparse en tres grupos: *Generales; Protección y Calidad.*

- **Requisitos generales:** enfocan los aspectos relacionados con la regulación de tensión, frecuencia y el sincronismo. La interconexión de la GD a un sistema, no debe provocar variaciones en los niveles de tensión: deben respetarse los niveles de tensión admisibles.
En sistemas integrados la variación de frecuencia debe ser limitada en un rango establecido entre 59,3 y 60,5 Hz (IEEE 929) para sistemas de baja capacidad.
- **Requisitos de protección:** de acuerdo a IEEE 1547, cuando un sistema de GD es sometido a variaciones de tensión provenientes de la red, el mismo deberá interrumpir el abastecimiento de energía a dicho sistema en un tiempo establecido. En la Tabla I se resumen los valores establecidos.

Tabla I

Variación de la tensión	Tiempo máx. de actuación
<50	0,16
50<V<88	2,00
110<V<120	1,00
V>120	0,16

Por otro lado, cuando un sistema de GD es sometido a variaciones de frecuencia provenientes de la red, el mismo deberá interrumpir el abastecimiento de energía a dicho sistema en un tiempo establecido.

En la Tabla II se indican los valores normalizados. Ante un determinado disturbio, el sistema de GD debe cortar el abastecimiento de energía, y permanecer aislado el tiempo suficiente (hasta 5 min) hasta que se hubiera despejado la anomalía en la red (59,3 Hz a 60,5 Hz).

El sistema de interconexión de la GD debe detectar la situación de funcionamiento en isla e interrumpir el suministro de energía dentro de un período inferior a los 2 s.

Tabla II

Rango de potencia	Frecuencia [Hz]	Tiempo de actuación [s]
≤ 30 kW	> 60,5	0,16
	< 59,3	0,16
> 30 kW	> 60,5	0,16
	< 59,8 a 57,0	0,16 a 300
	< 57,0	0,16

- *Requisitos de calidad: se consideran los armónicos, fluctuaciones de tensión y el aporte de la corriente de cortocircuito.*

Los límites permitidos de distorsión armónica total de la tensión se indican en la Tabla III.

La GD no deberá provocar fluctuaciones de la tensión en la red de distribución.

Los equipamientos de GD, de acuerdo a lo establecido en IEEE 1547, no deben inyectar a la red corriente continua superiores al 0,5% de la corriente nominal de operación.

Tabla III

Orden Armónica	h<11	11<h<17	17<h<23	23<h<35	35<h	Distorsión demanda total (DDT)
Porcentual (%)	4,00	2,00	1,50	0,60	0,30	5,00

8. Conclusiones

El Sistema Eléctrico Argentino se enfrenta a una importante crisis de oferta/demanda como consecuencia de escasa planificación y el gran crecimiento de la demanda en los últimos años.

En este escenario se presenta una oportunidad inmejorable para el desarrollo de la GD. Sin embargo, no se evidencian acciones claras que incentiven el desarrollo de esta tecnología.

Existen desafíos técnicos y legislativos que dificultan la instalación de estas tecnologías en la red de distribución. Desde los estamentos oficiales, se debería dar un tratamiento regulatorio al tema con una estructura tarifaria adecuada que refleje los costos y beneficios reales de la GD.

Las decisiones políticas debieran ir acompañadas por la normalización y un sustento técnico adecuado. Cuando esta normalización se reglamente y sea puesto en práctica, las reglas de juego quedarán claras tanto para proyectos directamente impulsados por el distribuidor como y fundamentalmente, para promotores independientes de GD que deseen conectarse a la red.

La normativa IEEE 1457, es hasta el momento, la única referencia en la cual se tratan la mayoría de cuestiones relacionadas con la conexión de la GD a los sistemas eléctricos.

REFERENCIAS

- [1] **CIGRE**, International Council on Large Electricity Systems, <http://www.cigre.org>.
- [2] **CAMMESA**, Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico, <http://portalweb.cammesa.com>.
- [3] **Distributed Generation The Power Paradigm for the new millennium**, Anne-Marie Borbely, CRC press 2001.
- [4] **“Aspectos técnicos necesarios para la conexión de equipamiento de generación distribuida en los sistemas eléctricos de potencia”**; M. D. Teixeira, R. A. Peniche, C. A. Medeiros. XII ERIAC – Encuentro regional Ibero-Americano de Cigre. Foz do Iguazú, Brasil – 20/24 de Mayo de 2007.
- [5] **IEEE Std 1547™**, IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems.
- [6] **IEEE Std 929**, IEEE Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) System.

IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UN MUNICIPIO DEL SURESTE DE ESPAÑA (MURCIA)

Molina Ruiz J⁽¹⁾, Tudela Serrano MI⁽¹⁾, Ortiz Escribano IM⁽²⁾

(1) Departamento de Geografía. Facultad de Letras. Campus de La Merced. Universidad de Murcia. 30001 Murcia (España). jmolinar@um.es , mtudela@um.es,

(2) Licenciada en Ciencias Ambientales - imaria.ortiz@um.es

El concepto de desarrollo sostenible en el mercado energético quiere asegurar una sostenibilidad del mismo, para lo cual es necesario fomentar las energías renovables como política municipal, tanto en su dimensión económica, como social y medioambiental. En este trabajo se analiza el estado actual de implantación de energías renovables en el municipio de Blanca (Murcia), valorando la incidencia de la legislación sectorial energética, al respecto, y obtener la huella de carbono derivada del consumo de energía eléctrica en comparación con las emisiones de CO₂ de otras fuentes energéticas. Igualmente, se estudiará el consumo de electricidad del municipio en el mismo período bianual distribuido por sectores: residencial, municipal e industrial.

ABSTRACT

The concept of sustainable development led to the energy market wants to ensure sustainability of it, for it is necessary to promote renewable energies such as municipal politics, both in its economic, socially and environmentally. This paper reviews the current state of implementation of renewable energies in the town of Blanca (Murcia), assessing the impact of the energetic sector legislation, respect, and get the carbon footprint of electric energy consumption in comparison with the CO₂ emissions from other energy sources. It will also study electricity consumption of the municipality in the same period biannual distributed by sectors: residential, municipal and industrial.

Palabras clave/Keywords: Energías renovables, huella de carbono, emisiones CO₂, sostenibilidad. Renewable energy, carbon footprint, CO₂ emissions, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

El modelo de desarrollo económico actual, basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil, provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que obligan a definir un nuevo modelo de desarrollo sostenible. Con la excepción del transporte, que prácticamente en su totalidad está vinculado al petróleo, el "mix" energético usado en el resto de sectores presenta distinta composición por regiones, dependiendo de factores de desarrollo económico, políticos, sociales y demográficos.

Los cambios en el uso del suelo y otras actividades liberan gases de efecto invernadero cuyo "forzamiento radiativo" se miden en términos de equivalencia de CO₂. Si bien cada tonelada de dióxido de carbono tiene el mismo peso, la contabilidad global revela grandes variaciones en las contribuciones al total de las emisiones desde diferentes fuentes. Todas las actividades, todos los países y toda la población quedan registrados en las cuentas mundiales de carbono, en las llamadas "huellas ecológicas o huellas de carbono". Mientras la huella agregada del mundo en desarrollo se vuelve más profunda, la responsabilidad histórica de las emisiones "deuda de carbono" es claramente asunto del mundo desarrollado.

Una relación entre energía y creación de riqueza que sea sostenible debe apoyarse necesariamente en modelos de desarrollo en los que se prime el uso racional de la energía (ahorro energético y eficiencia energética) y el aprovechamiento de las energías renovables (Eudel-Eve, 2003).

En España, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) ha coordinado un estudio de investigación⁶² denominado "Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad" que cuantifica los problemas medioambientales de la producción eléctrica y del correspondiente coste económico ocasionado por kWh generado mediante diferentes tecnologías (IDAE, 2005).

Los resultados del mismo, expresados en ecopuntos de impacto medioambiental por Terajulio de

⁶² El estudio de investigación *Evaluación económica de los impactos medioambientales de la producción eléctrica* ha sido coordinado por el IDAE. En este estudio, desarrollado por el Grupo de Economía Ambiental de la Universidad de Alcalá de Henares y PERTEGAZ, S.L (consultora especializada en medio ambiente y energía), han participado 14 Gobiernos regionales, UNESA y la Asociación de Productores de Electricidad con Energía Renovable (APPA). Este trabajo se ha realizado sobre la base de un estudio previo, publicado en el año 2000, bajo el título *Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica: Análisis de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica*.

electricidad producido (un Terajulio equivale a 278 Megawatios hora (MWh)), demuestran que el lignito, el petróleo y el carbón son las tres tecnologías más contaminantes superando los mil ecopuntos, en un segundo grupo figuran la nuclear y el gas entre doscientos y mil ecopuntos, mientras que la eólica y la minihidráulica, ambas renovables, forman un tercer grupo con una cantidad muy inferior de impactos, menos de cien ecopuntos. Los resultados son claramente favorables para las tecnologías de generación eléctrica que utilizan fuentes renovables (Fig. 1).

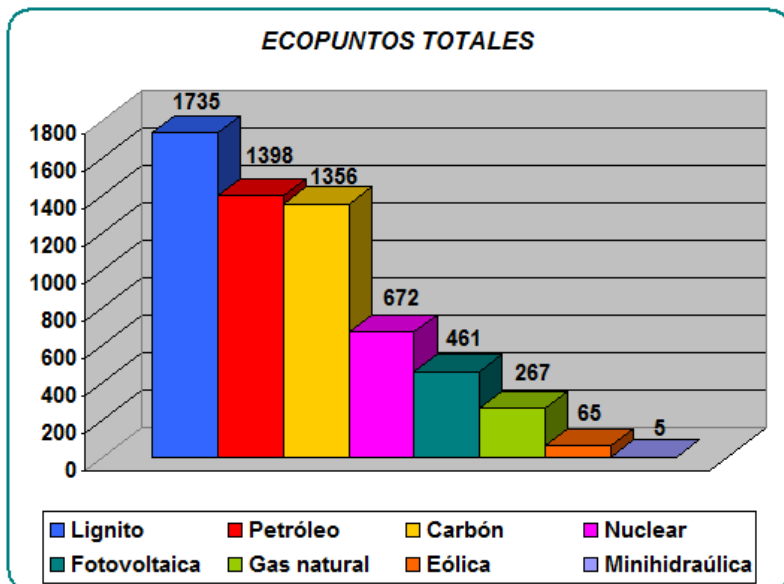


Fig. 1.

Ecopuntos de impacto medioambiental en ocho tecnologías de generación eléctrica.

Fuente: Fundación gas natural, 2001. Elaboración propia

En una Era en que las políticas municipales modernas son cada vez más sensibles a las cuestiones medioambientales y a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, las autoridades locales han de estar bien situadas frente a estas preocupaciones contando con una política energética apropiada que se enmarque dentro de una Estrategia de Desarrollo Sostenible

Los Ayuntamientos, como gestores del desarrollo municipal y grandes consumidores de energía, deben conocer las diferentes posibilidades de actuación que en materia energética se pueden ofrecer. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el estado de implantación de energías renovables en el municipio de Blanca perteneciente a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en el Sureste de España. Se ha elegido este municipio debido a la notable implantación de energías renovables en un corto periodo de tiempo, valorando la incidencia de la legislación sectorial energética; finalmente se ha realizado una aproximación para la obtención de la huella de carbono derivada del consumo de energía eléctrica en comparación con las emisiones de CO₂ en otras fuentes energéticas. Igualmente, se ha estudiado el consumo de electricidad del municipio en el mismo periodo distribuido por sectores: residencial, municipal e industrial.

II. METODOLOGÍA

Se ha obtenido del registro municipal del Ayuntamiento de Blanca toda la información relativa al emplazamiento y potencia de las instalaciones fotovoltaicas, en funcionamiento y en proyecto, de los años 2007 y 2008.

Con los datos suministrados se lleva a cabo el estudio comparativo de producción de energía fotovoltaica de ambos años, calculando el impacto que ha tenido la implantación de las instalaciones fotovoltaicas en el municipio respecto a la energía total consumida, obteniendo valores de emisión de distintos gases y considerando distintas fuentes de producción de electricidad.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ derivada del consumo de electricidad que habría sido generado con energía fotovoltaica, se han tomado como referentes los datos suministrados por el Instituto Estadounidense World Watch (Santamarta y Serrano, 2009). Para el estudio de la huella de carbono debida exclusivamente a la electricidad, se han considerado dos posibles situaciones:

- Huella de carbono derivada del consumo de electricidad del municipio, considerando que la producción de esta energía ha sido en una central térmica, a partir de combustibles fósiles (carbón o petróleo). Se han calculado las tec (toneladas equivalentes de carbono) y tep (toneladas equivalentes de petróleo)

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

asociadas al consumo municipal, así como las toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera. Para ello se han utilizado las correspondientes equivalencias, según datos del Plan de Energías Renovables en España.

- Huella de carbono derivada del consumo de electricidad del municipio, a partir de una factura de electricidad de la empresa suministradora (Iberdrola), teniendo en cuenta el "mix" de producción en el Sistema Eléctrico Español en 2007. Esta factura, con fecha 8 de Abril del 2009, pertenece a una vivienda tipo en la que se detallan las emisiones de dióxido de carbono (media nacional) expresada en kg por kWh.

Por último, se calcula la huella de carbono derivada de la electricidad teniendo en cuenta los datos de consumo en los años 2007 y 2008 para el sector residencial del municipio de Blanca, comparando los datos obtenidos con la media nacional.

III. RESULTADOS

1. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO₂ EN EL MUNICIPIO DE BLANCA (MURCIA)

Para calcular la huella de carbono debida al consumo de electricidad en el municipio de Blanca se han calculado las toneladas equivalentes de carbón (tec) y toneladas equivalentes de petróleo (tep) en los años 2007 y 2008 (Cuadros I y II), siguiendo el desarrollo metodológico expuesto. A partir de los datos obtenidos se calculan las toneladas de CO₂ producidas al año, para ello utilizamos el factor de emisión para centrales de carbón, que según REE (Red Eléctrica Española) es de 0,95Ton CO₂ por Mwh producido. .

Cuadro I. Toneladas equivalentes de carbón, petróleo y CO₂ derivadas del consumo municipal en 2007.

	Consumo (MWh)	tec	tep	tCO ₂ producidas
Residencial	8.203,680	1.007,9	705,86	7.793,5
Industrial	30.385,937	3.733,4	2.614,5	28.886,6
Servicios	10.378,663	1.275,2	893	9.859,7
Total	48.968,280	6.016,6	4.213,3	46.519,8

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia)

Cuadro II. Toneladas equivalentes de carbón, petróleo y CO₂ derivadas del consumo municipal en 2008.

	Consumo (MWh)	tec	tep	tCO ₂ producidas
Residencial	9.559,450	1174,5	822,5	9081,5
Industrial	24.436,805	3002,5	2102,6	23.214,9
Servicios	10.618,168	1304,6	913,6	10.087,3
Total	44.613,349	5481,5	3838,7	42.382,7

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia)

Se observa que la emisión a la atmósfera de CO₂, ha aumentado en los sectores residencial y servicios, no así en el industrial: el sector residencial ha pasado de un 17% a un 21% de consumo energético, y el sector servicios de un 21% a un 24%, aumentando sus emisiones en 1.288 y 227,6 toneladas de CO₂, respectivamente. El sector industrial es el que muestra un consumo de electricidad equivalente a un 62% de la energía total consumida en 2007 y a un 55% de la consumida en 2008⁶³. En comparación, es el sector de

⁶³ El mayor consumo del año 2007 frente al año 2008 del sector industrial es coyuntural, debido al cierre de varias empresas de la zona este

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

mayor contribución a la huella de carbono del municipio, quedando por detrás el sector servicios y el sector residencial.

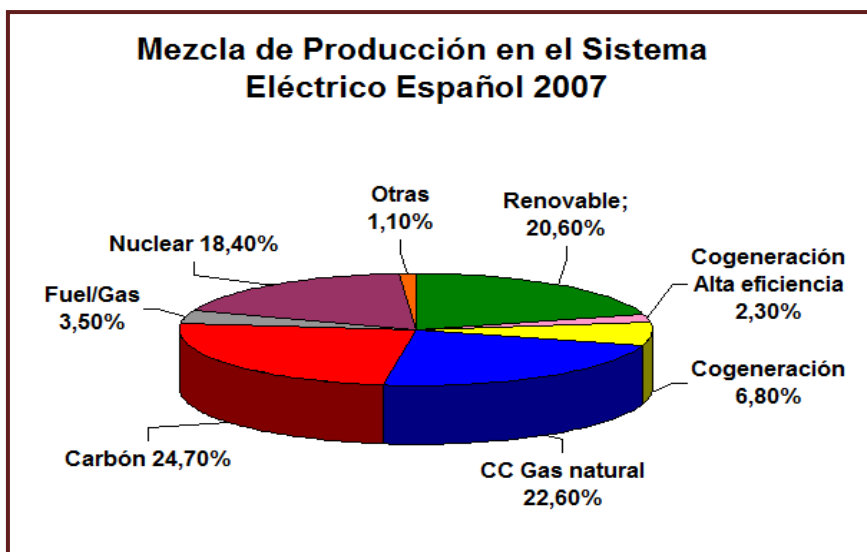
A partir de los datos extraídos de una factura de electricidad de la empresa suministradora (Iberdrola) en el municipio de Blanca, con fecha 8 de Abril del 2009, se obtiene la figura 2 donde se distribuyen en porcentajes las distintas fuentes de energía que integran el sistema de producción en España. De esta misma factura se obtiene un coeficiente que representa la media nacional de emisiones de dióxido de carbono expresado en kg por kWh producido, cuyo valor es de 0,40 y que permite calcular la huella de carbono del municipio a partir del consumo de electricidad para el año 2007 y 2008, teniendo en cuenta el “mix” de producción eléctrica (Cuadro III).

Si la producción de electricidad fuese 100% renovable la cifra de emisiones de CO₂ evitadas aumentaría considerablemente.

Fig. 2.

Mezcla de producción en el sistema eléctrico español en el año 2007

Fuente: Iberdrola Comercial (Elaboración propia).



Cuadro III. Consumo municipal distribuido por sectores y emisiones de CO₂ asociadas para los años 2007 y 2008.

	2007		2008	
	Consumo (MWh)	tCO ₂ producidas	Consumo (MWh)	tCO ₂ producidas
Residencial	8.203.680	7.793,5	9.559.450	9.081,5
Industrial	30.385.937	28.886,6	24.436.805	23.214,9
Servicios	10.378.663	9859,7	10.618.168	10.087,3
Total	48.968.280	46.519,8	44.614.423	42.382,7

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

2. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y SU CONTRIBUCIÓN A PALIAR LAS EMISIONES DE CO₂ EN EL MUNICIPIO DE BLANCA (MURCIA)

El consumo energético del municipio de Blanca en el año 2007 fue de 48.968 MWh. Antes de la entrada en

último año (en torno a un 7%) por la crisis de los mercados nacionales e internacionales.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

vigor del nuevo Decreto 1578/2008 que baja la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, había en proyecto un total de 15 instalaciones acogidas al Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Con una superficie total de 648.147,2 m², una potencia nominal de 27,34 MWh y una producción de 46.150 MWh al año, el 94% del total de energía consumida en el municipio hubiera sido renovable.

Para calcular la emisión que supondría la generación de electricidad con este porcentaje de renovables se ha realizado una corrección del factor de emisión del "mix" al aplicar el 94,2% de energías renovables, obteniendo un valor de 0,089 kg de CO₂ emitido por kWh producido. Aplicando este factor, obtenemos un valor de de emisiones de CO₂ de 4.366,6 toneladas. Las emisiones de CO₂ del consumo municipal en el 2007 considerando que la producción de electricidad se obtuviera con combustibles fósiles, sería de 46.519,8 toneladas de CO₂.

Si tenemos en cuenta que este estudio se basa solo en energía fotovoltaica y considerando que las emisiones de CO₂ de este tipo de energía son de 5,9 toneladas por GWh producido (Santamarta, y Serrano, 2001), el total de emisiones quedaría reducido a 288,9 Toneladas de CO₂ (Cuadro IV).

Cuadro IV. Emisiones de CO₂ del consumo municipal considerando las instalaciones previstas.

Origen de la electricidad	Emisiones de CO ₂ (Toneladas)
Combustibles fósiles	46.519,8
"mix" energético (94,2% renovables)	4.366,6
Energía fotovoltaica	288,9

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

Las instalaciones finalmente construidas en Blanca en 2007 representaron un 59,3 % del consumo de energía en el municipio, lo que se tradujo en un total de emisiones a la atmósfera de 6.936,5 toneladas de CO₂. Estas emisiones se han obtenido mediante una corrección del factor de emisión del "mix" al aplicar el 59,3% de energías renovables. Dicho factor quedaría reducido a 0,14 kg de CO₂ emitido por kWh producido (Cuadro V).

Cuadro V. Emisiones de CO₂ del municipio teniendo en cuenta la participación de las instalaciones fotovoltaicas reales.

Consumo Municipal 2007	Factor emisión con un 59,3% renovables	Emisiones de CO ₂
48.968.280 kWh	0,14 Kg de CO ₂ *kWh	6.936,5 toneladas

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

Si se hubieran realizado en 2007 todas las instalaciones fotovoltaicas previstas, el municipio en 2008 sería prácticamente sostenible teniendo en cuenta la huella de carbono derivada de la electricidad, ya que la energía consumida por el municipio de Blanca para este año 44.614.423 kWh (ver Cuadro I) sería totalmente cubierta por energía renovable. Las instalaciones fotovoltaicas finalmente en funcionamiento en 2008 supusieron un 65% de este consumo. El total de toneladas de CO₂ que se emitieron suponiendo en el "mix" de producción un 65% de renovables, fue de 5.799,7 toneladas de CO₂. Se generaron mediante energías no renovables 15.579.569 kWh (ver Cuadro I).

3. LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL MUNICIPIO DE BLANCA (MURCIA)

Según datos ofrecidos por la Oficina Española de Cambio Climático en la inauguración del III Seminario Internacional sobre Cambio Climático, el consumo energético anual de cada familia española provoca la emisión de 5 toneladas de CO₂ a la atmósfera. De ellas, dos toneladas corresponden al consumo de

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

energía eléctrica (Rubio, 2003).

Para calcular las toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera por una familia tipo del municipio de Blanca formada por 3 miembros, se han recogido los datos de consumo de electricidad del sector residencial para el año 2007 y 2008. La emisión de CO₂ del consumo de electricidad del sector residencial se ha obtenido utilizando los datos de conversión suministrados por la empresa proveedora de electricidad (Iberdrola) en el municipio. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro VI, y como se observa las familias del municipio de Blanca se encontrarían por debajo de la media española de emisiones de CO₂ debidas al consumo energético, por lo que la huella de carbono derivada de la electricidad en Blanca es menor a la media del país.

Cuadro VI. Huella de carbono para el municipio de Blanca. Años 2007 y 2008.

	2007	2008
Población (habitantes)	6119	6226
Consumo energético residencial (MWh año)	8.203,68	9.559,5
Consumo energético por familia (MWh año)	4	4,6
Emisión CO ₂ a la atmósfera: sector residencial (Toneladas año)	3.281,47	3.823,8
Emisión CO ₂ a la atmósfera por familia (Toneladas año)	1,6	1,8

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

Si consideramos que la energía producida por las instalaciones fotovoltaicas en el municipio de Blanca, fuese destinada al consumo residencial, la cifra de la huella de carbono debida a la electricidad en el sector residencial disminuiría considerablemente.

Si tenemos en cuenta que para los años 2007 y 2008 el consumo de electricidad en el sector residencial fue respectivamente de 8.203,68 MWh y 9.559,5 MWh, éste se vería totalmente cubierto por las instalaciones fotovoltaicas previstas y reales (Cuadro VII).

Cuadro VII. Huella de carbono del sector residencial considerando las instalaciones fotovoltaicas.

		Emisión CO ₂ a la atmósfera por familia (Toneladas año)				
		Instalaciones fotovoltaicas				
	Hab.	Consumo residencial (MWh año)	Consumo por familia (MWh año)	Proyectos previstos	Proyectos reales	"mix" de REE
2007	6119	8203,68	4	0,023	0,023	1,6
2008	6226	9559,45	4,6	0,027	0,027	1,8

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

IV. CONCLUSIONES

La entrada en vigor del Real Decreto 1578/2008 sobre retribución de la actividad de producción de energía

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, que modifica el R.D. 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial ha supuesto un impacto negativo en el desarrollo de la energía fotovoltaica en el municipio de Blanca, debido principalmente a la reducción de la prima fotovoltaica.

Las instalaciones fotovoltaicas previstas antes del 30 de Septiembre de 2008 hubieran cubierto totalmente el consumo de electricidad del municipio de Blanca para el año 2008 y hubiese sido un municipio sostenible energéticamente. Sin embargo, en la actualidad, las instalaciones fotovoltaicas en funcionamiento cubren un 65% del consumo del municipio de Blanca, por lo que aún no puede considerarse un municipio sostenible energéticamente.

Los resultados obtenidos en el análisis energético muestran que el consumo del sector residencial en el municipio de Blanca para los años 2007 y 2008 presenta una huella de carbono derivada de la electricidad por debajo de la media española.

El ámbito de actuación municipal en materia energética de este trabajo representa una llamada de atención para que el municipio de Blanca retome la senda del desarrollo sostenible en materia energética y así poder obtener la calificación de "Municipio Sostenible".

V. BIBLIOGRAFÍA

- EUDEL-EVE (2003): Guía municipal de sostenibilidad energética 2003. Asociación de municipios del Gobierno Vasco. <http://www.eve.es/pdf/guiamunicipalsosteenerg.pdf>.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), (2005): *Plan de energías renovables en España 2005-2010*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España, Madrid. <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos>.
- RUBIO DE URQUIA, J. (2003): *Tercer seminario internacional sobre cambio climático: "Los ciudadanos españoles y el cambio climático"*. Ministerio de Medio Ambiente. Oficina Española de Cambio Climático. Madrid.
- SANTAMARTA, J. (2001): *Eólica, una energía de futuro. Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad*. <http://www.sappiens.com>.
- SANTAMARTA, J. y SERRANO i JIMÉNEZ, LL. (2009): "Las emisiones de gases de invernadero en España (1990-2008)". *World Watch*, nº 30, pp.: 1-43.

LA ENERGÍA GEOTÉRMICA COMO FUENTE DE REDUCCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO.

***Hernández C, Cadenas R, Bonales J.**

***Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Mújica s/n Col. Villa Universidad.
CP. 58060. Morelia, Michoacán, México Tel: 52 (443) 3165131 Ext. 1
claudia.hernandez04@hotmail.com**

**Comisión Federal de Electricidad. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos.
Alejandro Volta #630 - Col Electricistas. C.P. 58290. Morelia, Michoacán, México.
Tel: 52 (443) 3227000 - roberto.cadenas@cfe.gob.mx**

**Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales.
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo - Francisco J. Mújica s/n Col. Villa Universidad.
CP. 58060. Morelia, Michoacán, México. Tel: 52 (442) 3165131 Ext. 5
jbionales@gmail.com**

Este documento muestra cómo la Comisión Federal de Electricidad (CFE), principal productor de energía eléctrica en México, y de igual manera, uno de los más importantes generadores de Gases Efecto Invernadero (GEI) del país, puede participar en la mitigación del riesgo que representa el Calentamiento Global a través del uso de energía geotérmica. El Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán, el segundo productor geotérmico en México, busca a través del proyecto denominado Azufres III, la sustitución de 7 centrales con más de 20 años de operación y baja producción, con 2 centrales de 50 MW y 25 MW respectivamente, de alta eficiencia productiva. Este proyecto logra una reducción equivalente a 164, 262 tCO₂, condición que lo ubica como un excelente prototipo generador de electricidad a través de procesos alternativos, contribuyendo con la reducción de GEI a la atmosfera que representa uno de los más importantes riesgos no solo para la economía sino para la permanencia de todas las especies en el planeta.

INTRODUCCIÓN

La Geotermia es una de las formas de producción eléctrica más limpias que existen. Países como Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, Italia, Japón, Nueva Zelanda, Islandia, Costa Rica y El Salvador, cuenta ya con la producción eléctrica a través de este proceso y en total se genera a nivel global 10,717 MW instalados⁶⁴, en donde México ocupa el cuarto lugar global con una instalación de 958 MW. Sin embargo, dependiendo de la infraestructura, tiempo de vida de los equipos, y eficiencia productiva, el proceso productivo emite GEI aunque en menor medida comparado con los descargados por los combustibles fósiles.

El Campo Geotérmico Los Azufres (CGLA) produce anualmente 14 millones de toneladas de vapor endógeno, de los cuales aproximadamente el 3% (420,000 tCO₂) son desechados a la atmósfera. Si a través de la optimización de alguna etapa de su proceso productivo, se lograra la reducción de las emisiones actuales; además de mejorar la eficiencia de su producción, se evitaría la emisión de GEI causantes del Calentamiento Global, y se consolidaría como una empresa ambiental y socialmente comprometida con su comunidad.

1. La Geotermia en México

La energía geotérmica es aquella en donde energía calorífica proveniente del núcleo de la Tierra, se desplaza hacia arriba en el magma que fluye a través de fisuras en rocas y que alcanza niveles cercanos a la superficie. Este tipo de yacimiento está asociado a fenómenos volcánicos y sísmicos, cuyo origen común son los movimientos profundos que ocurren continuamente entre los límites de las placas litosféricas en las que se divide la porción sólida más externa del planeta (www.cfe.gob.mx). La composición del fluido geotérmico varía dependiendo del tipo de yacimiento que se trate.

Una de las grandes ventajas por la que la energía geotérmica se considera como una fuente "limpia", se debe a que la producción de electricidad a través de esta tecnología genera aproximadamente un sexto del CO₂ que producen las plantas que queman gas natural y prácticamente no producen óxidos de nitrógeno o de azufre. De acuerdo con información del Instituto de Investigaciones Eléctricas por cada 1,000 MWe generados con geotermia, se evita la emisión anual a la atmósfera de aproximadamente 3.5 millones de toneladas de CO₂ y 860 toneladas de diversas partículas contaminantes de las plantas que queman gas.

⁶⁴ Dato obtenido de la página www.geotermia.org.mx/geotermia/ en marzo de 2011.

Sin embargo, aunque las emisiones se reducen en gran volumen, el problema no está resuelto. Ya que las emisiones remanentes continúan descargándose directamente a la atmósfera y contribuyendo al cambio climático.

1.1. Campos Geotérmicos en México

Existen cuatro campos geotérmicos en funcionamiento: Cerro Prieto, Los Azufres, Los Humeros y Las Tres Vírgenes (Ver Fig. 1). Estos en conjunto producen 70.22 millones de toneladas de vapor endógeno al año⁶⁵, lo que significa que si tomáramos como base ejemplificativa que el 3% se descarga como gas de desecho a la atmósfera, estaríamos hablando de 2.10 millones de toneladas de emisiones por año, lo cual multiplicado por un precio 7 euros (precio del CER pactado para la Venta II, Oaxaca, México) equivaldría a casi 15 millones de euros, beneficio que se están dejando de ganar, ya que ninguno de los cuatro campos ha inscrito algún tipo de proyecto ante los organismos internacionales de participación en el Mercado de Carbono.



Fig. 1.

Campos Geotérmicos en México

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas. 2008

1.2. Campo Geotérmico Los Azufres

El Campo Geotérmico de Los Azufres (CGLA) se localiza en la Sierra de San Andrés, en el límite oriental del Estado de Michoacán, a 80 km al Oriente de la ciudad de Morelia y 250 km de la ciudad de México. Cuenta con dos caminos de acceso, construidos y preservados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE): uno al norte, entronca con la carretera federal No.12 Morelia-México, y el segundo, al sur, entronca con la carretera federal No.15 Morelia-Ciudad Hidalgo. Está enclavado en un complejo volcánico a una elevación promedio de 2800 metros sobre el nivel del mar. La zona es boscosa, considerada desde 1979 como una "Zona de Protección Forestal". El sector estudiado comprende un área de 56 km², con las siguientes coordenadas UTM: norte: 2'194,000; sur: 2'187,000; este: 328,000; oeste: 320,000 (Torres, 2007) (Fig. 2).

En 1982 inició la explotación comercial del campo, con la instalación y puesta en servicio las primeras 5 unidades turbogeneradoras a contrapresión, de 5 MW cada una, y se fue incrementando en forma gradual hasta el 2003, cuando fueron puestas en servicio 4 unidades de 25 MW.

Actualmente, la capacidad instalada es de 188 MW, constituido por 14 unidades distribuidas: cinco en la zona sur alimentadas por el vapor de un grupo de 18 pozos productores, dos unidades de ciclo binario utilizando la salmuera residual y siete unidades en la zona norte alimentadas por el vapor de 22 pozos.

Para mantener operando las unidades se produce anualmente 14 millones de toneladas de vapor endógeno, en promedio, y 6,9 millones de toneladas de salmuera que son inyectadas en el yacimiento a través de 6 pozos inyectoras, con la finalidad de recargar el mismo y además evitar impactos negativos en el medio ambiente. A la fecha se han perforado 80 pozos con una profundidad de 600 a 3500 m de los cuales se tienen en su mayoría productores, inyectoras, de monitoreo, entre otros (Ver tabla 1).

⁶⁵ Información obtenida del Área de Ingeniería de Yacimientos de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de la CFE. 2008

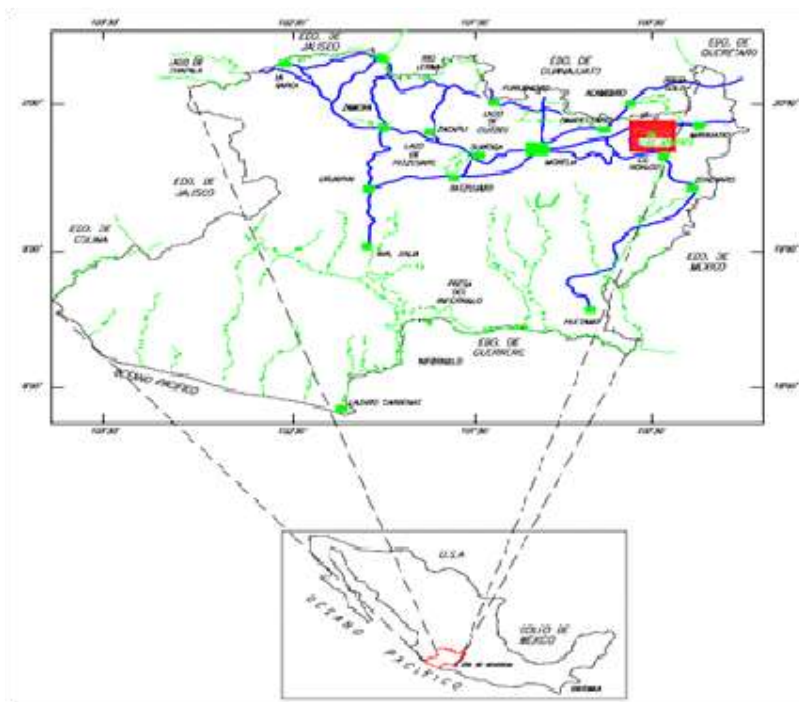


Fig. 2.

Localización del Campo Geotérmico Los Azufres, Michoacán

Fuente: Proyecto Azufres III, GPG, 2007.

Tabla 1. Pozos construidos en Los Azufres

<i>Productores integrados</i>	<i>Inyectores Integrados</i>	<i>No productores</i>	<i>Monitoreo</i>	<i>Exploratorios</i>	<i>Abandonados</i>
42	6	21	4	2	5

Fuente: Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos. 2007

Tomando en cuenta el equivalente a 420,000 t/año de las emisiones derivadas de los gases emitidos por el vapor geotérmico en este campo, la composición se conforma de la siguiente manera:

Tabla 2. Composición de gases incondensables del vapor endógeno

Gas	%	Cantidad (t/año)	GEI
Bióxido de Carbono (CO ₂)	97	407,000	Si
Acido Sulfhídrico (H ₂ S)	2.5	10.5	No
Amonio	1.3	5.5	No
Otros	1.2	5.0	No

Fuente: Elaboración propia con datos de GPG de la CFE. 2009

Este dato implica que el CGLA emite más de 400, 000 toneladas de bióxido de carbono que actualmente están contribuyendo a la contaminación ambiental y que son potencialmente reductibles.

2.1 Proyecto Los Azufres III

La Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG), entidad encargada de explorar y explotar el recurso geotérmico de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), realiza en el año 2007 un estudio (Torres, 2007), en donde se busca incrementar la eficiencia de producción del CGLA sin tener la necesidad de perforar nuevos pozos, ya que por razones presupuestales, no se contaría con el recurso, para lo cual se elaboró un proyecto denominado Azufres III.

En este proyecto, la GPG plantea el reemplazo de equipo obsoleto que lleva en operación desde el año 1982, 86, 90 y 92 (ver Tabla 3), lo cual representa a la fecha 27, 23, 19 y 17 años respectivamente en servicio continuo y a punto de cumplir su ciclo de vida útil, además, en todos los casos, éstas presentan un alto consumo específico de vapor endógeno para la generación de un MW, en comparación con equipos actualizados capaces de racionalizar la operación de los pozos y darle un uso más eficiente del vapor, y así, asegurar que el yacimiento suministre del vapor necesario por un tiempo de vida de 30 años más.

Es así como en este documento, se plantea la sustitución de un total de 7 unidades de 5MW a contrapresión de alto consumo específico (13.7 t/MW), por 2 unidades a condensación de 50 MW y 25 MW respectivamente, de bajo consumo específico (7.2 t/MW). De esta manera, en la zona norte se sustituirán 4 unidades de 5 MW por una de 50 MW; mientras que en la zona sur se sustituirán 3 unidades de 5 MW por una de 25 MW. Esta acción reducirá el consumo específico de 13.7 a 7.2 t/h-MW, lo cual significa una reducción en la cantidad de vapor endógeno usado en la generación eléctrica en 47.4%, y un aumento en la generación eléctrica de 35 MW a 75 MW en la entrega al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

Tabla 3. Fecha de entrada en operación de las unidades del CGLA

UNIDAD	POTENCIA (MW)	CONSUMO DE VAPOR (t/h)	ENTRADA EN OPERACION	TIEMPO DE OPERACIÓN COMERCIAL
U-2	5	68	4-Ago-1982	27
U-3	5	65	10-Ago-1982	27
U-4	5	63	17-Ago-1982	27
U-5	5	68	26-Ago-1982	27
U-6	5	75	23-Dic-1986	23
U-7	50	440	12-Nov-1988	21
U-9	5	76	24-Abr-1990	19
U-10	5	75	14-Oct-1992	17
U-11	1.5	*	03-Jul-1993	16
U-12	1.5	*	7-Oct-1993	16
U-13	25	180	30-Ene-2003	6
U-14	25	180	7-Feb-2003	6
U-15	25	180	10-May-2003	6
U-16	25	180	2-Jul-2003	6

Fuente: Torres, 2007.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

De esta manera se evita el gasto generado por la perforación de nuevos pozos (Torres, 2007) para la alimentación de dichas plantas, cumpliendo con la demanda requerida.

Basados en el hecho de la intención de la GPG por mejorar la eficiencia de la generación eléctrica en este campo, esta operación puede utilizarse de igual manera para se puede establecer el potencial de reducciones emitidas a la atmosfera de GEI y en específico del bióxido de carbono (CO₂), situación no contemplada en el proyecto Azufres III.

A continuación se realiza todo el desarrollo de medición y cálculos para la estimación del número de emisiones reducidas potenciales que el CGLA tiene la posibilidad de establecer a través de seguir la metodología aceptada por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático.

2. Medición y Cálculo de resultados para el CGLA

Para poder realizar la estimación de la Reducción de Emisiones GEI, es necesario conocer la composición de los gases del yacimiento:

Zona	%w gases incondensables (promedio)	% CO ₂	% otros (H ₂ S, NH ₃)
Norte	2.7	97	3
Sur	10	97	3

Fuente: Elaboración propia con datos de la GPG. 2009

2.1 Determinación de las Emisiones Reducidas en el CGLA

Para determinar las ER, se propone calcular el potencial de ER de tCO₂ en base a la puesta en marcha de proyecto Azufres III. Para ello, y de acuerdo con los estatutos del Comité ejecutivo de la Convención Marco para el Cambio Climático (CMNUCC), deben realizarse dicho cálculo en base a una metodología consolidada y aprobada por dicha institución, a partir de una línea base de emisiones.

2.2 Metodología de la línea base

La metodología que se ajusta a las necesidades y objetivos del proyecto Los Azufres III y aprobada por la UNFCCC es la "Metodología consolidada de línea base para redes conectadas de generación de fuentes renovables, en su versión 9 (ACM0002). La cual se complementa con dos instrumentos denominados: "Herramienta para el cálculo del factor de emisiones para un sistema eléctrico" (EB 35/Anexo 12/V01.1); instrumento metodológico que determina el factor de la emisión del CO₂ para el desplazamiento de la electricidad generada por las centrales eléctricas en un sistema de la electricidad, calculando el margen de operación (OM) y margen de estructura (BM), así como el margen combinado. (CM); y la "Herramienta para calcular emisiones de CO₂ de salida del proyecto de la combustión de combustibles fósiles" (EB 41/Anexo 11/V2), instrumento que proporciona los procedimientos para calcular el proyecto y/o emisiones salida de CO₂ de la combustión de combustibles fósiles. Esto puede ser usado en casos donde las emisiones de CO₂ de la combustión de combustible fósil son calculadas basadas en la cantidad de combustible quemado y sus propiedades, en donde se determina las Emisiones de CO₂ de combustibles fósiles para un proceso "j", los cuales son calculados en base a la cantidad de combustible quemado y al coeficiente de emisión de CO₂ de ese combustible.

2.2.1 Identificación del escenario de la línea base

De acuerdo con la metodología (ACM0002) encontrada para desarrollar e identificar la línea base de la red nacional eléctrica, se deduce que de los tres escenarios que presenta dicha metodología, este corresponde a que:

- La actividad de proyecto es el reemplazo de una(s) central/unidad(es) de energía renovable ya existente, en el sitio del proyecto;

El reemplazo consiste en el hecho de reemplazar una o varias unidades existentes de la central eléctrica existente por una(s) nueva(s) central/unidad(es) de energía. La nueva de central/unidad de energía, tienen la misma o una capacidad superior de generación instalada de la central o unidad que fue reemplazada.

2.2.2. Límites del proyecto

La extensión espacial de los límites del proyecto incluye el proyecto de la central de energía y de todas las centrales de energía que están conectadas físicamente al sistema eléctrico al cual la planta de energía del proyecto MDL esté conectada. En otras palabras, para efectos de cálculo de línea base, el conjunto de elementos de referencia sobre el cual se realizarán las observaciones, será la red eléctrica nacional o el sistema interconectado nacional (SIN), ya que será el directamente afectado por efectos de las modificaciones que se realizarán en la central/unidad(es) de generación del campo geotérmico Los Azufres.

Las fuentes de emisiones se establecen de la siguiente manera:

- a) *Fuentes incluidas para la línea base:* El CO₂ como principal fuente de emisión de la red eléctrica nacional;
- b) *Fuentes incluidas de las actividades del proyecto:* las emisiones fugitivas de CO₂ como fuente principal de emisiones; y Las emisiones de CO₂ de la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad en centrales geotérmicas.

2.2.3. Factores de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad. Siendo que el tipo de factores que se buscan son para un proyecto geotermoeléctrico, éstos se consideran pertenecientes al grupo de “procesos energéticos”, en la rama de generación eléctrica a través de una fuente geotérmica, donde el factor de emisión, estará representado por la cantidad de CO₂ que se genera por MWh de electricidad generada para la red eléctrica. El factor de emisión de línea base es calculado a través de un margen combinado (CM), derivado de la combinación del margen de operación (OM) y el margen de construcción (BM). Es por ello, que a continuación se realiza la selección y cálculo de cada uno de ellos.

2.2.3.1. Margen de operación (OM)

Para este caso en particular el método escogido es el OM simple en la opción ex –ante, ya que se cuenta con la información necesaria, y la carga base está conformada por menos del 50 % de la generación total de la SIN.

La ecuación de cálculo para el factor Simple OM ex – ante es:

$$EF_{OMsimple} = \frac{\sum_{i,j} EG_{i,j,y} * COEF_{i,j}}{\sum_j EG_{j,y}} \quad (1)$$

Donde:

- EF_{OMsimple,} = Factor de emisión de CO₂ de margen de operación simple en el año y (tCO₂/MWh)
- EG_{m,y} = Generación neta liberada a la red por la energía de la central m en el año y (MWh)
- m = Todas las unidades de energía que sirven a la red eléctrica en el año y excepto las que conformen la carga base (low-cost / must-run)
- y = Los tres años más recientes en los que se tenga la información disponible al tiempo de remitir el MDL-PDD, en la opción ex – ante, ex – post).

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Las eficiencias de conversión de las centrales de energía fueron tomadas de los reportes internos oficiales de la CFE. Información con la cual fue obtenido el promedio pesado de las eficiencias netas para cada combustible. La siguiente tabla muestra un extracto de la original obtenido del PDD del OM calculado para la Venta II, habiendo tomado este dato justificado por que los limites del proyecto fueron exactamente los mismos que para el tomado para este caso del CGLA; es decir se trata de misma red eléctrica nacional y el periodo para el cual fue calculado no se consideran cambios importantes respecto a la generación entregada.

Tabla 4. Factor OM Simple ex-ante

	Fuente de energía	MWh 2005-2003	NEC (%)	tCO ₂ e
15%	Carbón	29,664,595	33.05	29,960,588
31%	Ciclo combinado de gas natural	60,513,582	45.85	25,134,510
0%	Aire	4,957	0.00	
1%	Geotermia	1,503,031	0.00	
12%	Hidro	24,146,988	0.00	
5%	Nuclear	10,166,783	0.00	
5%	Ciclo simple de Gas Natural	9,651,782	28.96	6,346,893
1%	Diesel	1,783,210	26.10	1,803,753
30%	Aceite residual combustible	58,554,996	33.00	48,930,938
	Total	195,989,924		
	Bajo costo/arranque obligado	35,821,759		
	Total Bajo costo/arranque obligado	160,168,165		112,176,682
	Importaciones	7427.2		
	OM=	0.700368154		

Fuente: PDD de La Venta II: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/>

2.2.3.2. Factor de emisión de margen estructural (BM).

Es el factor de emisión del promedio pesado de generación (tCO₂/MWh) de todas las centrales o unidades de energía m durante el año más reciente y para lo cual los datos de la energía generada están disponibles, y están calculados como se muestra a continuación:

$$EF_{gridBM,y} = \frac{\sum EG_{m,y} EF_{EL,m,y}}{\sum_m EG_{m,y}} \quad (2)$$

Donde:

$$EF_{grid,BM,y} = \text{Factor de emisión de CO}_2 \text{ del margen de construcción en el año y (tCO}_2\text{/MWh)}$$

$$EG_{m,y} = \text{Cantidad neta de electricidad generada y liberada a la red por la central de generación m en el año y (MWh)}$$

$$EF_{EL,m,y} = \text{Factor de emisión de CO}_2 \text{ de la central de energía m en el año y (tCO}_2\text{/MWh)}$$

De esta manera a continuación se muestra el resultado del factor estructural BM para el primer periodo crediticio.

Tabla 5. Factor de Operación BM ex-ante.

	Fuente de energía	MWh 2005-2003	NEC (%)	tCO ₂ e
0%	Carbón	-	33.05	
95%	Ciclo combinado de gas natural	40,963,715.00	45.85	17,014,410
0%	Aire	-	0.00	
2%	Geotermia	932,226.00	0.00	
2%	Hidro	717,068.00	0.00	
0%	Nuclear	-	0.00	
1%	Ciclo simple de Gas Natural	401,218.00	28.96	263,836
0%	Diesel	11,431.00	26.10	11,562
0%	Importaciones	143.94	0.00	
0%	Aceite residual combustible	-	33.00	
	Total	43,025,801.94		17,289,808
	BM=	0.401847432		

Fuente: DDP de La Venta II: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/>

2.2.3.3. Factor de emisión del margen combinado (CM)

La ecuación para el cálculo del factor de emisión del margen combinado (CM) se muestra a continuación:

$$EF_{grid,CM,y} = (EF_{OM,y} * W_{OM}) + (EF_{BM,y} * W_{BM}) \quad (3)$$

Donde:

- EF_{grid,BM,y} = Factor de emisión de CO₂ de BM en el año y (tCO₂/MWh)
- EF_{grid,OM,y} = Factor de emisión de CO₂ de OM en el año y (tCO₂/MWh)
- W_{OM} = Factor pesado de emisión del margen de operación (%)
- W_{BM} = Factor pesado de emisión del margen de estructural (%)

La metodología establece valores por defecto para ser usados para W_{OM} y W_{BM}, los cuales para el caso específico de las características del proyecto presente proyecto le corresponden para el caso de W_{OM}=0.5 y W_{BM}=0.5 para el primer periodo crediticio.

De esta manera, la ecuación para el factor de emisión del factor combinado queda:

$$CM_y = (0.70036 * 0.5) + (0.41085 * 0.5)$$

CM y	=	0.5556 tCO₂/MWh
-------------	----------	-----------------------------------

Es así como habiendo obtenido el dato del factor de emisión CM de CO₂, el resultado se interpreta como que *por cada megawatt generado en la red eléctrica mexicana, se producirá una emisión de 0.5556 tCO₂*. Dato que podría servir como base para el cálculo de próximos trabajos de MDL en la REN (Red Eléctrica Nacional). Ya que además se trata de un valor conservador tomando en cuenta que se tomaron los valores por defecto en base a la metodología aprobada por la UNFCCC.

Para la realización del resto de los cálculos, los datos del CGLA fueron divididos en dos zonas: norte y sur; situación motivada por las diferencias en las propiedades fisicoquímicas de cada una de las zonas. Sin

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

embargo, habiendo ya obtenido los datos de las RE, se conjuntarán para realizar las estimaciones del beneficio financiero.

Recordando las acciones del proyecto Azufres III, el principal objetivo de este, consiste en la sustitución de 4 unidades en la *zona norte* y otras 3 unidades en la *zona sur*. De esta manera, los cálculos se realizarán en el siguiente orden:

1. Cálculo de la línea base de las emisiones de CO₂ derivadas del proyecto;
2. Cálculo las emisiones actuales y desplazadas de la red debido a las actividades del proyecto;
3. Cálculo las Emisiones Reducidas totales (ER).

Para estimar los anteriores cálculos es necesario conocer las características de las plantas de generación eléctrica tanto de las nuevas centrales, como de las que actualmente se encuentran en operación. Por lo que a continuación se muestran dichas características en las siguientes tablas:

Tabla 6. Características de equipo para el proyecto Azufres III

CONCEPTO	Zona Norte	Zona Sur
Capacidad neta del proy Los Azufres III, MW	50	25
Capacidad actual de las unidades a contrapresion, MW	20	15
Incremento en la capacidad, MW	30	10
Incremento en el consumo de vapor, ton/h	106	4
Consumo total de vapor, ton/h	380	210
Factor de capacidad	0.85	0.85
Contenido de gases de yacimiento, %w	3	10
Composicion del gas de yacimiento:		
CO ₂ , %w	97	97
H ₂ S, %w	2	2
NH ₃ , %w	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la GPG de la CFE. 2009

Tabla 7. Características de unidades en operación del CGLA

CONCEPTO	Zona Norte	Zona Sur
Generación Neta actual por unidad, MW	5	5
Numero de unidades de generación	4	3
Capacidad específica de unidad de generación t/MWh	13.7	13.7
Consumo de vapor por unidad de generacion t/h	274	20.5.5
Despacho horario anual h/año	8760	8760
Contenido de gases de yacimiento, %w	3	10
Composicion del gas de yacimiento:		
CO ₂ , %w	97	97
H ₂ S, %w	2	2
NH ₃ , %w	1	1

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la GPG de la CFE. 2009

2.2.4. Cálculo de las emisiones CO₂ derivadas del proyecto Los Azufres III.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ generadas a partir del proyecto del Azufres III, se tomarán en cuenta las emisiones fugitivas de CO₂ descargadas en el silenciador, correspondiente a de los gases no condensables del vapor producido; por lo que partimos de la siguiente ecuación:

$$PE_y = PES_y \tag{4}$$

$$PES_y = WCO_2 * M_{S,y} \tag{5}$$

Por lo que la ecuación queda:

$$PE_y = WCO_2 * M_{S,y} \tag{6}$$

Donde:

PE_y = Emisiones del proyecto en el año y (tCO₂/año)

PES_y = Emisiones de CO₂ del proyecto de los gases no condensables del vapor producido en el año y (tCO₂/año)

WCO₂ = Fracción másica promedio de CO₂ en el vapor producido (adimensional)

M_{s,y} = Cantidad de vapor producido durante el año y (toneladas)

a) Emisiones fugitivas actuales

Zona norte

$$PE_n = (380 * 8760 * 0.03 * 0.97)$$

PE _{nAIII} =	96,868 tCO₂/año
-----------------------	-----------------------------------

De igual manera para la *zona sur*, tenemos:

$$PE_s = (210 * 8760 * 0.10 * 0.97)$$

PE _{sAIII} =	178,441 tCO₂/año
-----------------------	------------------------------------

Dado que el proyecto consiste en el reemplazo de 7 unidades de generación que actualmente se encuentran operando en el campo, es importante contabilizar estas emisiones actuales y restarlas a las anteriormente calculadas del proyecto, para de esta manera obtener el valor real de emisiones reducidas totales. Por lo tanto a continuación de calculan las emisiones fugitivas del equipo que actualmente se encuentra en operación.

b) Emisiones fugitivas del proyecto

Zona norte

$$PE_{nCGLA} = (274 * 8760 * 0.03 * 0.97)$$

PE _{nCGLA} =	69,847 tCO₂/año
-----------------------	-----------------------------------

Zona sur:

$$PE_{sCGLA} = (206 * 8760 * 0.10 * 0.97)$$

PE _{sCGLA} =	175,042 tCO₂/año
-----------------------	------------------------------------

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Por lo que el verdadero valor de las emisiones del proyecto se estimará mediante la siguiente fórmula:

$$PEy = PEy_{AIII} - PEy_{CGLA} \quad (7)$$

Donde:

PEy	=	Emisiones totales del proyecto Azufres III (tCO ₂ /año)
PEy _{AIII}	=	Emisiones fugitivas del proyecto Azufres III (tCO ₂ /año)
PEy _{CGLA}	=	Emisiones fugitivas de generación actual (tCO ₂ /año)

c) Emisiones totales del proyecto Azufres III

Zona norte

$$PEy = 96,868 - 69,847$$

PEyn=	27,021 tCO₂/año
-------	-----------------------------------

Zona sur

$$PEy = 178,441 - 175,042$$

PEys =	3399 tCO₂/año
--------	---------------------------------

Esta información muestra que actualmente existe una importante cantidad de emisiones de CO₂ que se están descargando actualmente a la atmósfera, razón por la cual el número de emisiones del proyecto se reducen drásticamente quedando en el 28% de lo que el proyecto presentaba originalmente para la zona norte y casi el 2% para la zona sur. Esta situación se muestra en mayor medida en la zona sur que en la zona norte, ya que el porcentaje de gases incondensables en el fluido geotérmico es muy alto en la segunda (10%), por ello, de las 178, 441 emisiones que emite el proyecto Azufres III, al final después de sustraer las emisiones actuales quedan solo 3399, lo que representa el casi 2% de las emisiones originales, situación que muestra que esta zona al menos para el primer periodo crediticio y hasta esta etapa, representa un excelente prospecto MDL, lo cual se confirmará con el resultado de las emisiones reducidas para esta zona.

2.2.5. Cálculo de la línea base de emisiones de CO₂ desplazadas por las actividades del proyecto Los Azufres III.

Las emisiones de línea de base incluyen sólo emisiones de CO₂ de la generación de electricidad en las centrales eléctricas operadas con combustible fósil y que serán desplazadas debido a la actividad de proyecto de la red nacional. La metodología asume que toda la generación de electricidad de proyecto encima de niveles de línea base podrían haber sido generada por la existencia de centrales eléctricas conectadas a la red eléctrica y la adición de nuevas centrales eléctricas. La línea base es calculada de acuerdo al siguiente procedimiento:

$$BE_y = EG_{PJ,y} * CM \quad (8)$$

Además EG_{PJ,y} es calculado como sigue:

$$EG_{PJ,y} = EG * Dha \quad (9)$$

Por tanto el valor de la línea base de las emisiones del proyecto anuales se estimarán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$BE_y = EG * Dha * CM \quad (10)$$

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

Donde:

- BE_y = Emisiones de línea base en el año “y” (tCO₂/año)
- EG_{PJ,y} = Cantidad de generación neta de electricidad que es producida y alimentada a la red como resultado de la implementación de las actividades del proyecto en el año “y” (MWh/año).
- Dha = Despacho horario anual (horas/año)
- CM = Factor de emisión de CO₂ del margen combinado para red conectada de generación de energía en el año “y” (tCO₂/MWh)

Para el caso de la zona norte, hay que considerar 30 MW como generación neta de electricidad producida y alimentada a la red como resultado de la implementación de las actividades del proyecto Los Azufres III al año, debido a que de los 50 MW que se entregaran a la REN con la nueva unidad de generación, deben restarse los 20 MW (considerando las 4 unidades de 5 MW que se sustituirán) que actualmente se están entregando a la REN. De esta forma, tenemos:

a) Emisiones línea base

Zona norte

$$BE_y = (30 \text{ MW/h}) * (8760 \text{ h/año}) * (0.5556)$$

BE_n =	146,012 tCO₂/año
-------------------------	------------------------------------

De igual manera que en la zona norte, para la zona sur hay que considerar 10 MW como generación neta de electricidad producida y alimentada a la red como resultado de la implementación de las actividades del proyecto Los Azufres III al año, debido a que de los 25 MW que se entregaran a la REN con la nueva unidad de generación, deben restarse los 15 MW (considerando las 3 unidades de 5 MW que se sustituirán) que actualmente se están entregando.

Zona sur:

$$BE_y = (10 \text{ MW/h}) * (8760 \text{ h/año}) * (0.5556)$$

BE_s =	48,670 tCO₂/año
-------------------------	-----------------------------------

Es así como completamos los datos necesarios para poder realizar el cálculo de la RE potenciales a partir del proyecto Azufres III.

2.2.6. Cálculo de Emisiones Reducidas

$$ER_y = BE_y - (PE_y) \tag{11}$$

Donde:

- ER_y = Emisiones Reducidas en el año y (tCO₂/año)
- BE_y = Emisiones de línea base en el año “y” (tCO₂/año)
- PE_y = Emisiones del proyecto en el año y (tCO₂/año)

a) Emisiones Reducidas

Zona Norte:

$$ER_y = 146,012 \text{ tCO}_2/\text{año} - 27,021 \text{ tCO}_2/\text{año}$$

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ERy =	118,991 tCO ₂ /año
-------	-------------------------------

Zona Sur:

$$\text{ERy} = 48,670 \text{ tCO}_2/\text{año} - 3399 \text{ tCO}_2/\text{año}$$

ERy =	45,271 tCO ₂ /año
-------	------------------------------

Las ER obtenidas como resultado equivalen a 164,262 tCO₂ de las zonas norte y sur conjuntas, consolidada al CGLA como un importante prospecto como proyecto Reductor de Emisiones de GEI, y por tanto, también un buen participante vendedor de Certificados de Emisiones Reducidas (CER's). Situación que se llevará a cabo en adelante para poder tener una visión completa de la un proceso de mejora en la industria eléctrica.

Desde el punto de vista productivo, este proyecto asegura que la cantidad de energía eléctrica que se entregará a la REN se incrementará en un 21% respecto a la cantidad total que el CGLA entrega actualmente, lo cual, por otro lado, significa también el incremento en ventas por servicio eléctrico del 21% lo cual significa un aumento significativo respecto a los actuales, y además, que no se requiere la perforación de nuevos pozos (hasta alcanzar la vida útil de cada pozo).

México mantiene en operación otros tres campos geotérmicos, de los cuales dos: Cerro Prieto (Mexicali, BC) y Los Humeros (Mazatloma, Puebla) presentan un nivel de producción importante y por tanto un potencial número importante de créditos o CERs vendibles en el mercado internacional, créditos que también a medida que se vaya acercando al término del periodo establecido por el PK, encontrará un mejor nivel de precios para ellos y contribuir de mejor manera al desarrollo sustentable de la región.

Sin embargo, por otro lado existe un tercer campo (Las Tres Vírgenes) que por su pequeña producción (aprox. menos de 95 t/h) y sus problemas para mantener dicha producción, resultaría un proyecto incosteable y poco atractivo, a pesar de localizarse en un lugar que por sus condiciones climáticas, habría muchas opciones para proyectos MDL, aunque por otra parte también debe tomarse en cuenta que podría llevarse a cabo un proceso en donde se genere electricidad a partir de una combinación de tecnologías, por ejemplo, una central de ciclo combinado a partir de gas y una energía renovable (sol, alga, mantener la fuente geotérmica, etc.).

CONCLUSIONES

La Reducción de Emisiones obtenidas en conjunto de las áreas norte y sur del CGLA a través del proyecto Los Azufres III y en base a la metodología propuesta, fueron equivalentes a 164,262 tCO₂ condición que lo ubica como un excelente prospecto para participar en el comercio internacional de bonos a través del MC.

De las 164,262 tCO₂ reducidas totales, 118,991 tCO₂/año son la contribución de la zona del norte y 45,271 tCO₂/año de la zona sur del campo geotérmico, lo que significa que las ER de zona norte representan el 62% del total de ER que se producen en el proyecto, por lo que se erige como la zona más importante de dicho proyecto.

Por su parte la zona sur aunque contribuye con el 38% de las ER totales, dicho volumen no alcanza un número suficiente para considerarse un proyecto MDL viable si se buscara inscribir por separado las zonas del campo, ya que el valor de la nueva central de generación, los gastos administrativos de inscripción a la UNFCCC y los costos de transacción, alcanzan altos costos que sólo haría atractivo dicho proyecto el hecho de que los precios de las CER's alcanzaran valores más competitivos, es decir, en las condiciones actuales del mercado, la zona sur por sí sola no muestra condiciones favorables para dicho proyecto.

CGLA es un excelente proyecto de energía renovable de bajo riesgo, porque:

- Genera un volumen medio ER (164,262 tCO₂/año), ya que para la UNFCCC un proyecto a partir de 50,000 ER por año se considera un proyecto de volumen medio y significativamente atractivo para los inversionistas;
- La materia prima para la producción (vapor geotérmico) es un insumo asegurado por lo menos durante 30 años;
- El tiempo de vida de la maquinaria nueva garantiza 30 años de vida útil; y
- La energía geotérmica, como parte de la política gubernamental en México, forma parte de la base del sistema interconectado nacional, asegurando así, el consumo total de la producción disponible.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

El resultado encontrado para este ejercicio, podría influir para el establecimiento de nuevos proyectos de RE similares al CGLA, tomando en cuenta que el proceso de producción es el mismo, y en muchos casos, las centrales de generación están a punto de cumplir su tiempo de vida.

BIBLIOGRAFÍA

- Aburto (2008) Martínez Aleida. Beneficios potenciales para los productores pecuarios mexicanos en el comercio internacional de bonos de carbono.
- Ackerman, (2008) y otros. El Costo del Cambio Climático.
- ACM0002/Version 09: "Consolidated baseline methodology for grid-connected electricity generation from renewable sources". CDM-Executive Board. UNFCCC/CCNUCC EB 45 (2007), 1-19.
- African (2003). "Pobreza y Cambio Climático, Reduciendo la Vulnerabilidad de los Pobres a través de la Adaptación.
- Carbon (2009). "Carbon 2009 –Emission trading coming home". Tvinnereim, E., Roine, K.Heimdal, C. pp. 11-13, 24-25.
- Cervantes Sánchez. Oportunidades de MDL en México. subsecretaria de planeación y política ambiental de la SEMARNAT. México 2007.
- EB 35/Annex 12/Version 01.1: "Tool to calculate the emission factor for an electricity system". CDM-Executive Board. Pp.: 1-15.
- Fonam, (2007). Modelo del Cálculo del factor de emisiones de CO2 de la red eléctrica peruana, año 2007. pp 1. Encontrado en la página web <http://www.fonamperu.org/general/mdl/documentos>
- Gómez (2004) Torres Mary. Aspectos Financieros del Mecanismo de Desarrollo Limpio y Barreras Potenciales. Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente – CAEMA. Buenos Aires Argentina, 2004.
- INE, (2005). Estimación de emisiones mediante factores de emisión. Capitulo 10, pp. 175-177. México, 11 de abril de 2005.
- Luege (2002) J.L., and Fernández A and Martínez J.: National Gas Inventory 1990-2002, Report of México, Executive Summary, Proceedings,Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, México (2005).
- Pachauri (2007) Rajendra y otros. Cambio Climático Informe de síntesis. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Primera impresión. Organización de las Naciones Unidas. 2007
- PDD La Venta II from <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/AENOR1168204945.7/view>
- State Trends of the Carbon Market. The World Bank. Karan Capoor y Philippe Ambrosi. Washigton D.C. Mayo 2008.
- Stern (2007). La economía del cambio climático.
- Torres (2007), et al. Proyecto Azufres III 75 MW. DINYAC-021-2007. Subgerencia de Estudios, Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Subdirección de Generación de la Comisión Federal de Electricidad.

Páginas de la web

- <http://www.eumed.net/>
- <http://cait.wri.org/figures>
- http://cambio_climatico.ine.gob.mx/sectprivcc/desarrollodeproyectosmdl.html
- <http://cdm.unfccc.int/>
- <http://www.cfe.gob.mx/>
- <http://prototypecarbonfound.org/>
- <http://wbcarbonfinance.org/>
- <http://web.worldbank.org/>
- <http://www.chicagoclimatex.com/>
- <http://www.pointcarbon.com/>
- <http://www.sener.gob.mx>
- <http://www.shcp.gob.mx>

PROPUESTAS PARA REDUCIR CONSUMO ENERGÉTICO EN UN EDIFICIO PARA PRODUCCIÓN DE PLANTAS

García V*, Iriarte A¹, Flores S^{1,2}, Ferron L³, Pattíni A^{1,3}, Villalba A³, Lesino G^{1,2}

Grupo de Energías Renovables Catamarca, INENCO – CONICET
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca
M. Quiroga N° 93, 4700 – Catamarca, Argentina.

* Parcialmente financiado por: PICTO 32140, UNCa, INTA. - victorgarcia958@gmail.com

¹Investigador del CONICET - ²INENCO, UNSa. – CONICET - ³LAHV INCIHUSA, CONICET, Mendoza

Las nuevas tecnologías de acondicionamiento pasivo e híbrido integradas en edificios de uso agroindustrial permiten: mejorar las condiciones lumínicas y térmicas, disminuir el uso de recursos energéticos, el impacto ambiental y la dependencia de instalaciones de acondicionamiento artificial. El objetivo del trabajo es conocer el comportamiento de un edificio para la multiplicación de plantas, de gran importancia para el desarrollo económico de la región, con el propósito de adecuar su diseño con estrategias bioclimáticas y proponer sistemas de iluminación para ahorro de energía. Se realizaron mediciones de temperaturas, iluminación y humedades externas e internas en diferentes sectores del edificio con datalogger automáticos, durante un año. Se realizan propuestas para reducir el consumo de electricidad incorporando sistemas de iluminación natural en laboratorios de propagación. Se muestran los resultados del monitoreo durante los meses más críticos de invierno y verano, y la simulación térmica utilizando el programa SIMEDIF para Windows. Los resultados de los periodos relevados y simulados de la edificación han demostrado la dependencia de las variables climáticas exteriores y aspectos constructivos de la vivienda, que influyen en el ahorro energético y el impacto ambiental. Se describen sugerencias para adecuar el diseño y obtener una disminución importante en el consumo energético convencional

Introducción

Un importante documento de Naciones Unidas (WEA, 2000) establece que las actividades energéticas son responsables del 85 % de las emisiones antropogénicas de SO₂ y que el 78 % de las emisiones de CO₂ tienen su origen en la combustión.

Lenssen y Roodman, (1995) consideran que la edificación es responsable de casi la mitad de las emisiones de CO₂, dominando además la economía energética mundial. Edificios devoradores de energía con diseños que están fuera de un contexto sostenible del desarrollo, son la causa de gran parte del deterioro ambiental.

La energía utilizada en edificios representa una importante proporción del total a nacional, nivel regional, y local. Se estima que entre el 35 y 40 % de todos los recursos energéticos primarios utilizados en Argentina se destinan al acondicionamiento del hábitat construido.

Durante los últimos años, en la provincia de Catamarca, han surgido situaciones que indican un aumento de la problemática del abastecimiento energético, tanto en el sector eléctrico como de gas, con interrupciones en el suministro especialmente en la época estival.

Ante esta situación se requiere de urgentes medidas para reducir la demanda de energía en edificios y evitar los impactos ambientales perjudiciales. Esto implica la búsqueda de estrategias bioclimáticas que permitan lograr este objetivo y asegurar una adecuada calidad de vida con menor dependencia energética.

Los sistemas innovativos de iluminación natural son elementos ópticos que trabajan tanto colocado en ventanas o en otro tipo de aberturas al exterior (Pattini, Mitchell *et al.* 2003) (Ferron, Pattini *et al.* 2007). Están diseñados con la intención de adaptar la intensidad y la distribución de la luz natural en un espacio sin generar discomfort. En general los sistemas de iluminación natural trabajan en conjunto con estrategias de iluminación artificial, debido a la gran variabilidad de la luz solar, difusa y reflejada que constituye la iluminación natural regional. Todo esto con el objetivo de minimizar el impacto del uso de energía eléctrica.

La posibilidad del uso de nuevas tecnologías de acondicionamiento pasivo e híbrido integrados en edificios de uso agroindustrial permiten: mejorar las condiciones lumínicas y térmicas, disminuir el uso de recursos energéticos, el impacto ambiental y la dependencia de instalaciones de acondicionamiento artificial. En la provincia de Catamarca, Argentina (28° 40' latitud sur y 65° 45' longitud oeste), se incorpora estos conceptos a un local de propagación agámica de 114 m² adaptado para la multiplicación de plantas de alta calidad, de gran importancia para el desarrollo económico de la región.

Entre las estrategias bioclimáticas más importantes en un edificio, a tener en cuenta, se puede mencionar:

- Forma edilicia apropiadas para conservar energía en invierno, captar radiación solar en épocas frías, aprovechar la iluminación natural.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- Evaluación de las características térmicas de paredes y techos para reducir el ingreso de calor estival y controlar pérdidas en época invernal.
- Aberturas vidriadas con ubicación, tamaño y orientación para lograr captación o protección solar, y aprovechar la iluminación natural.

Para realizar el presente trabajo se tuvieron como premisa

1. Evaluar del Centro de Propagación Agámica existente en el INTA - Catamarca, realizando un monitoreo higrotérmico, y la simulación numérica de la construcción.
2. Proponer sistemas de iluminación natural en la sala de dosificación de medios de cultivos, y cámara de cría.

Se muestran en conjunto las mediciones del monitoreo higrotérmico y la simulación con SIMEDIF para Windows, comportamiento lumínico de un sector del edificio utilizado para la dosificación de medios de cultivos y para la propagación de plantas, la incorporación de los nuevos sistemas de iluminación natural, cenital y estantes de control y redirección de la luz en las ventanas, para evaluar los niveles de iluminación en las zonas de trabajo, y la propuesta del sistema anidólico para incorporar en la cámara de cría.

Descripción del edificio

El proyecto en sus inicios, respondió a un programa elaborado por los técnicos del área de biotecnología y genética de la Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Catamarca, y el INTA. Las pautas de diseño de remodelación fueron solamente las requeridas para la propagación de unas pocas especies vegetales (papa, pimiento, olivo, frutilla, higuera y nogal), sin tener en cuenta para ello, el acondicionamiento bioclimático del edificio, como tampoco la optimización del uso racional y adecuado de la energía. El edificio de tipología compacta se muestra en la figura 1.



Fig. 1.- Vista del edificio utilizado como laboratorio de propagación agámica

El edificio utilizado, de tipología compacta, se encuentra ubicado en la zona bioclimática Ia, en la EEA – INTA - Sumalao sobre la Ruta Provincial N° 33 km 4 en el departamento Valle Viejo, Catamarca, (García *et al.*, 2008 y García *et al.*, 2009). Consta de 9 ambientes, los cuales se referencian en la Figura 2, según su uso se agrupan en dos áreas: área de recepción; que consta de un hall de entrada, un baño y una oficina de recepción en la zona central, en la que se concentra la mayor actividad de las personas que trabajan en el laboratorio (de lunes a viernes de 9 a 13 horas), y el área de micropropagación; constituida por una sala de lavado de frascos y dosificación de medios de cultivos (C), un local para la práctica in-vitro llamada cámara de cría (D), una cámara de siembra (E), una sala de preparación de medios de cultivo, de almacenamiento de drogas e instrumental (H y G), un laboratorio de análisis inmunológicos (B) y un laboratorio de biología molecular (I).

Descripción de la sala de dosificación de medios de cultivos

La sala de dosificación y medios de cultivo, en la que también se realizan los lavados y esterilización de frascos para ser utilizados en la propagación agámica, se encuentra en el área de micropropagación.

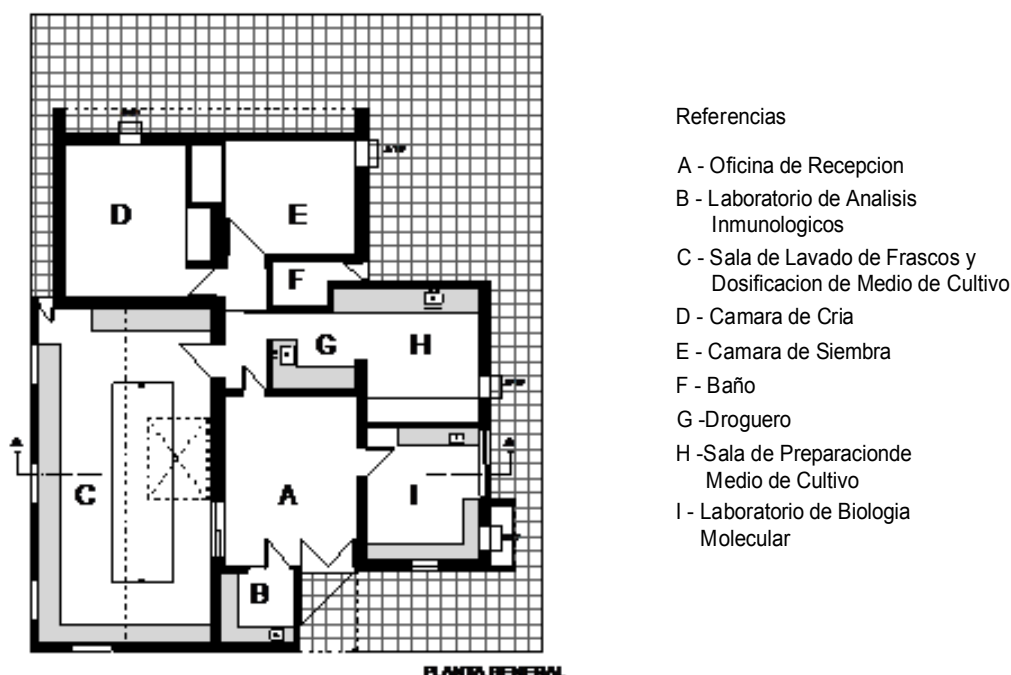


Fig. 2.- Planta general del centro experimental.

Este sector es el que posee la mayor iluminación, tiene tres ventanas unilaterales vidriadas sin celosía ubicadas en la fachada norte, (Fig. 3), otra hacia el oeste y una puerta de emergencia, además en el techo se ha construido un ventiluz de 3.75 m², que aporta un ingreso de luz adicional al local, Fig. 4



Fig. 3. Ventanas fachada Norte



Fig. 4. Foto del lucernario

Estas aberturas (unilateral y cenital), carecen de elementos de control de la iluminación directa, permitiendo el acceso de radiación solar directa en distintas estaciones del año y horas del día. Esto genera riesgo de deslumbramiento (tanto fisiológico como psicológico) para los usuarios que deben desempeñar sus tareas visuales diurnas en las mesadas ubicadas unas contiguas a las ventanas laterales y otras bajo el lucernario. También está presente el disconfort térmico asociado a la radiación directa sin control estacional.

Descripción de la cámara de cría

La sala de cría actualmente no posee ninguna entrada de luz natural, tiene un muro correspondiente a la envolvente del edificio orientado al Norte. (Fig. 5 y 6). Todo su aporte de iluminación es a través de tubos fluorescentes y su interior tiene una reflectancia de muros y techos de 0.79%.



Fig. 5.- Vista externa de la cámara de cría



Fig. 6.- Interior de la cámara de cría

Plan de monitoreo y simulación

El plan de monitoreo se inicia en condiciones reales de funcionamiento del edificio con el objeto de cuantificar el comportamiento térmico. Asumiendo que la situación del edificio no es la apropiada desde el punto de vista energético, para la propagación de plantas, las mediciones permitirán conocer, en una primera aproximación, la respuesta de una parte del edificio a una serie de excitaciones instantáneas externas.

Los datos del ambiente exterior se obtienen de una estación meteorológica ubicada a 50 m del edificio con un sistema de adquisición de datos tipo HOB0, con lecturas de temperatura, humedad, radiación y velocidad de viento programado para registrar los datos cada 900 segundos.

Los aparatos de medición utilizados son HOB0 U12 T/HR con rangos de medición entre -20 y 70 °C y 5 % y 95 % de temperatura y humedad relativa respectivamente. En total se ubicaron 7 sensores en interior de la casa: en la oficina de recepción, en los laboratorios de biología molecular y de análisis inmunológicos, en la sala de preparación de medios de cultivo, en las cámaras de siembra y de cría, y en la sala de lavados de frascos. En los dos últimos locales, además, de la temperatura y humedad relativa los sensores miden iluminación

Fig. 7.-

Ubicación del medidor de iluminación en mesada central



La medición de la iluminación en la sala de lavado se realizó con un medidor LICOR, se lo colocó equidistantes en distintos lugares sobre las zonas de trabajo de las mesadas, que están ubicadas junto a la pared norte y en el centro del local, Figura 7. Estas mediciones fueron realizadas durante las horas en que se desarrollan las actividades en el laboratorio.

En la Figura 8 se muestra el trazado de los rayos correspondientes a la altitud solar para las estaciones de verano (84° color rojo) de primavera-otoño (62° color verde) y de invierno (38° color naranja). Puede observarse que la penetración de la radiación solar directa, produce deslumbramientos sobre el campo visual de los usuarios, en particular en aquellos que realizan sus tareas en las mesadas de trabajo ubicadas bajo las ventanas laterales en la estaciones de otoño, invierno y primavera. En verano reciben iluminación difusa ya que el alero evita el acceso de la directa sobre la mesada de trabajo, pero la visión al exterior puede ocasionar molestias visuales por los elevados contrastes de luminancia.

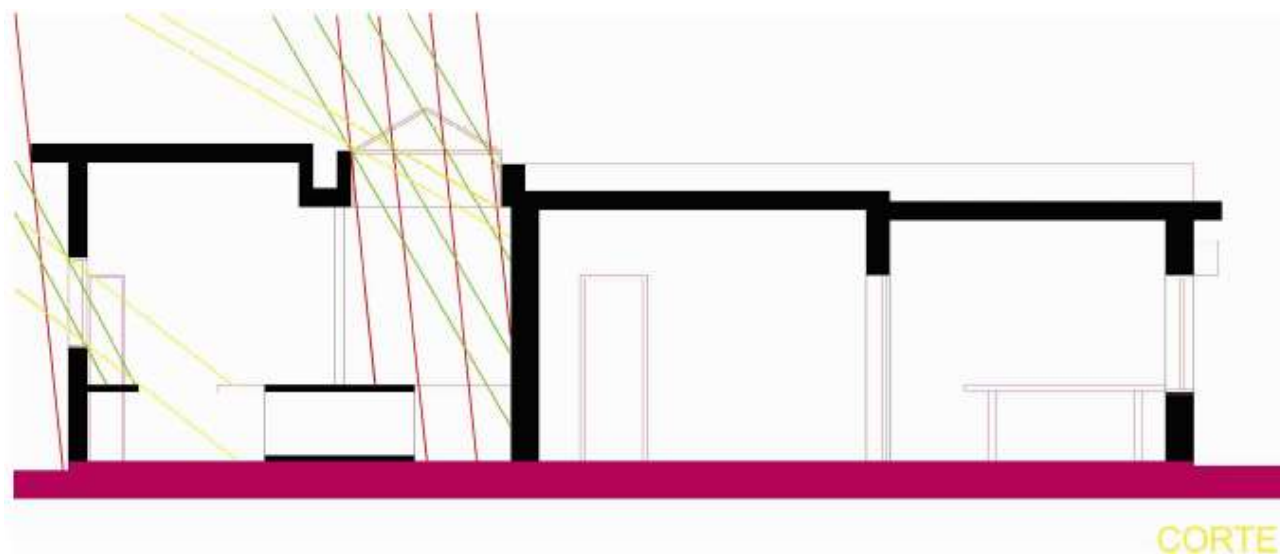


Fig. 8.- Trazado de rayos para distintas estaciones

En cuanto al lucernario, vemos que provoca discomfort visual la falta de control de la iluminancia directa en el verano y estaciones intermedias, siendo menor el riesgo de incomodidad visual en invierno, ya que la mancha solar no se produce en el campo visual de los trabajadores.

Resultados experimentales

En la tabla se muestran los registros de los días más fríos y calurosos de los meses de invierno y verano de los años 2008 y 2009 respectivamente.

MES y AÑO	DÍA	Tmín [°C]	Tmáx [°C]	MES y AÑO	DÍA	Tmín [°C]	Tmáx [°C]
Junio – 08	16	-2,4	26,7	Diciemb 08	26	24,0	45,4
Julio – 08	01	1,8	29,1	Enero - 09	17	22,8	46,4
Agosto - 08	09	1,2	28,3	Febrero - 09	02	19,4	45,9
Setiembre - 08	05	-1,1	26,3	Marzo - 09	01	18,9	44,9

Tabla 1.- Temperaturas mínimas y máximas: invierno 2008 y verano 2008 -2009

Monitoreo y simulación del edificio

Para el monitoreo y simulación de algunos de los locales del edificio se seleccionaron dos periodos en particular, de acuerdo a las condiciones ambientales exteriores y al comportamiento de los locales: 1) 08 al 17 de Junio del 2008 2) 09 al 17 de enero del 2009.

Simulación con SIMEDIF

La simulación del comportamiento del edificio durante los dos periodos se realizó utilizando el programa SIMEDIF para WINDOWS. Este programa permite ajustar los datos medidos, para conocer su comportamiento bajo condiciones climáticas o de orientaciones diferentes, detectar problemas de confort y estudiar la eficiencia de diferentes alternativas de mejora. Los elementos con que trabaja para la modelización son paredes, tabiques, muros de agua, ventanas y ventanillas. Mayor detalle del modelo térmico del programa se encuentra en Flores Larsen y Lesino (2001b; 2001c; 2002a; 2002b).

Para realizar la simulación del edificio en estudio se definen once locales, cincuenta paredes, 2 tabiques, 6 ventanas y nueve puertas. Se destaca que los techos y pisos de todos los locales son considerados como paredes, debido a su estructura masiva, mientras que el lucernario y el área de techo construida con ladrillos cerámicos se considera como tabique. Debido a que en el entorno del edificio existen obstáculos apreciables (cortinas de árboles), y construcciones cercanas una de las variables de ajuste de la simulación es el área de radiación, la segunda variable de importancia es la renovación de aire.

Primer periodo

Las condiciones ambientales externas para el primer periodo seleccionado, fueron días claros con radiaciones sobre superficie horizontal, comprendidas entre 519,4 y 554,4 W.m⁻², las temperaturas mínimas registradas estuvieron entre -2,4 °C y 3,7 °C mientras que la máxima temperatura fue de 30 °C. La amplitud térmica durante el día más frío del año fue de 29 °C.

La Figura 9 muestra los resultados de la temperatura ambiente interior simulada y experimental medida durante el monitoreo, para la oficina [Ta,of(S)], [Ta,of(E)] y la del laboratorio de biología molecular [Ta, B.M. (S)], [Ta, B.M.(E)] y la temperatura ambiente exterior [Ta,ex]. Se observa un buen ajuste de las temperaturas medias y amplitudes térmicas simuladas y medidas, como así también el establecimiento de las horas en que se producen los máximos y mínimos de temperatura.

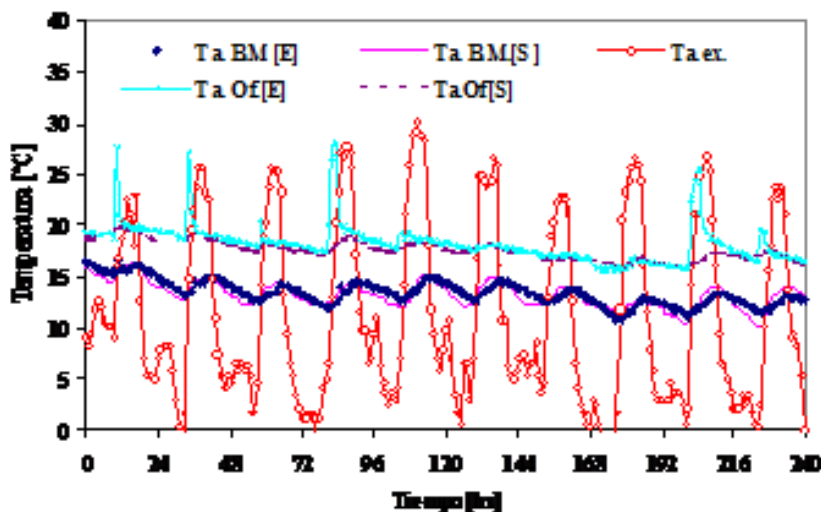


Fig. 9.- Temperatura experimental y simulada del laboratorio de biología molecular y oficina.

El laboratorio de biología molecular, ubicado en el sector sur, registra temperatura mínimas de 11 °C entre las 8 y 9 am y máxima de 16 °C a las 4 pm. Las temperaturas máximas alcanzadas se encuentran por debajo de las temperaturas mínimas de los otros locales, debido a las pérdidas por la ventana vidriada de la pared sur. La humedad relativa medida estuvo entre 45 y 60%.

Al comparar los datos medidos y simulados del laboratorio de biología molecular se observa que ambas curvas se ajustan con una diferencia del orden de 1 °C, con una amplitud levemente inferior en la curva simulada durante la tarde y superior en los últimos días y un desfase temporal de una hora.

En las curvas de las temperaturas experimental y simulada de la oficina, se observa un buen ajuste durante todo el periodo, destacándose notablemente las horas de presencia del personal que para alcanzar el confort térmico encienden una estufa a gas, ocasionando con este aporte de calor un desfase de hasta 10 °C.

En la figura 10, se muestran las temperaturas simulaciones y experimentales correspondientes a las cámaras de cría [Ta, C.C(S)], [Ta, C.C(E)] y siembra [Ta, C.S.(S)], [Ta, C.C.(E)] y la temperatura ambiente exterior.

En la cámara de cría, se observa que la temperatura se mantiene entre los valores requeridos para su funcionamiento entre 19 y 20 °C, con humedad relativa entre los 32 y el 50 %, estas condiciones ambientales son las aportadas por un aire acondicionado que funciona durante todo el día. La iluminación aportada por las lámparas durante este periodo estuvo alrededor de los 1300 a 1500 lux.

El desfase de lo simulado con lo obtenido experimentalmente durante el monitoreo es de hasta 6 °C, esta temperatura es aportada por el aire acondicionado que funciona mientras se realiza trabajo en el local.

En el caso de la cámara de siembra el ajuste de ambas curvas es bueno con una diferencia de temperatura menor de 0,5 °C, con excepción de los últimos días en que esta diferencia aumento a 1 °C. También se observa en el aumento de la temperatura experimental cuando al ingresar se enciende la lámpara eléctrica.

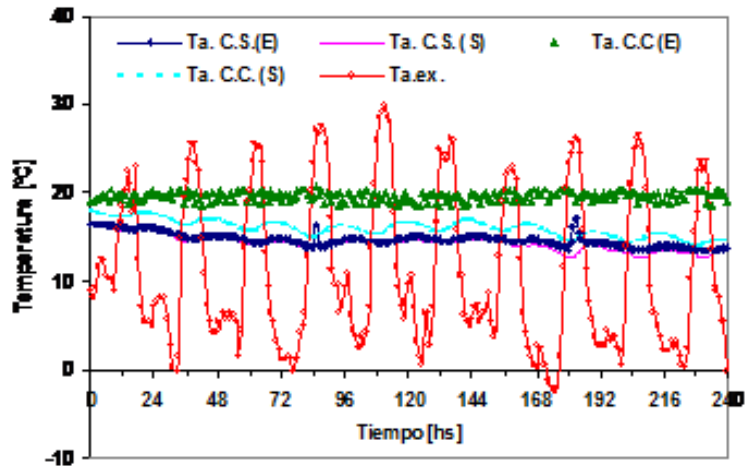


Fig. 10.-

Temperatura experimental y simulada de la cámara de cría y de la cámara de siembra

Segundo periodo

El segundo periodo seleccionado, fueron días claros y calurosos, con temperaturas máximas entre 33 y 44 °C y amplitudes térmicas diarias de hasta 26 °C, la radiación estuvo entre los 831 y 1100 Wm⁻².

En la figura 11 se muestra los resultados de la simulación y los datos experimentales de las temperaturas para la oficina [Ta,of(S)], [Ta,of(E)] y la del laboratorio de biología molecular [Ta, B.M.(S)], [Ta, B.M.(E)]. Durante este periodo, la actividad del personal en el edificio fue reducida. En ellas se observan un buen ajuste de las temperaturas medidas experimentalmente y simuladas, como así también el establecimiento de las horas en que se producen los máximos y mínimos de temperatura. El desfase de ambas curvas es entre 0,5 y 1,5 °C para la temperatura y de una hora en el tiempo.

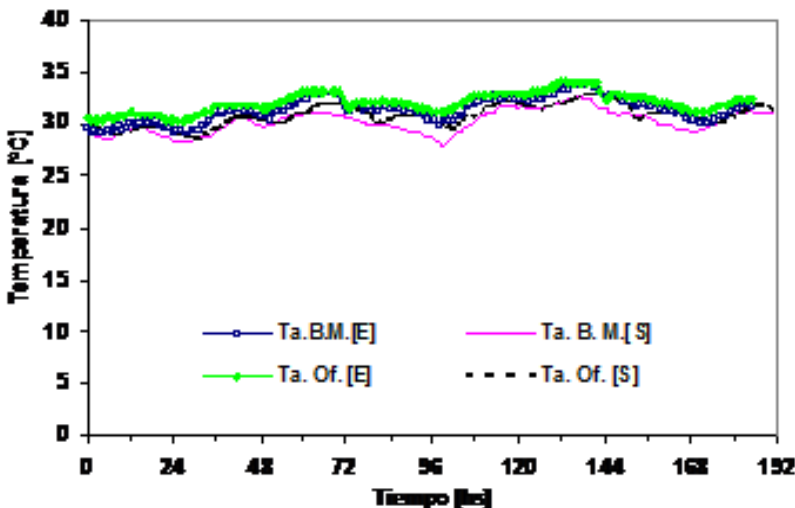


Fig. 11.-

Temperatura experimental y simulada de la cámara de cría y de la cámara de siembra

Modificaciones realizadas en la sala de lavado

A los efectos de resolver los riesgos de desconfort visual de los usuarios de la sala de lavado y a su vez con el objetivo de mejorar las condiciones de aprovechamiento energético de la luz natural, se diseñaron dos estrategias:

Ventanas laterales

Para el control de la luz directa proveniente del sol, que ingresa sobre las ventanas ubicadas en la fachada norte, se dimensionaron estantes de luz exteriores al vidrio, (Figura 12), que según el estudio del trazado de los rayos incidentes que se muestran en la Figura 13, bloquearán la radiación directa por redireccinamiento de los mismos hacia el cielorraso.



Fig. 12. Estantes de control y redirección de la luz del sol

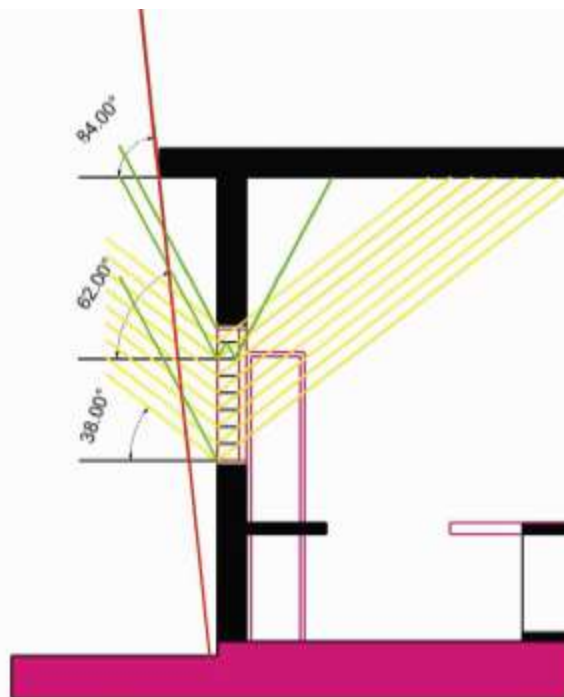


Fig. 13. Dibujo de rayos incidentes y redirección de la iluminación solar directa

Estos estantes, son metálicos de 0,20 m de ancho, y están pintados con esmalte sintético blanco brillante,

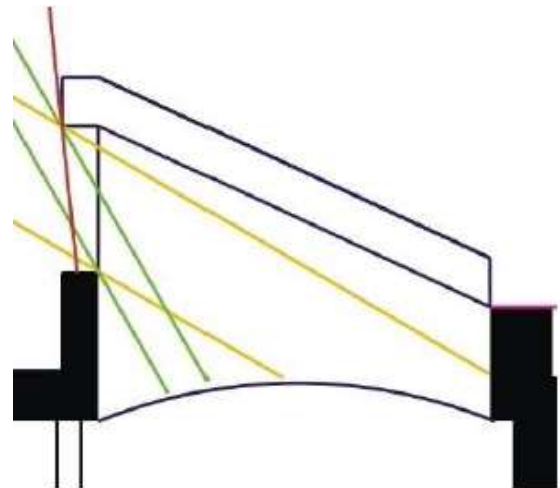
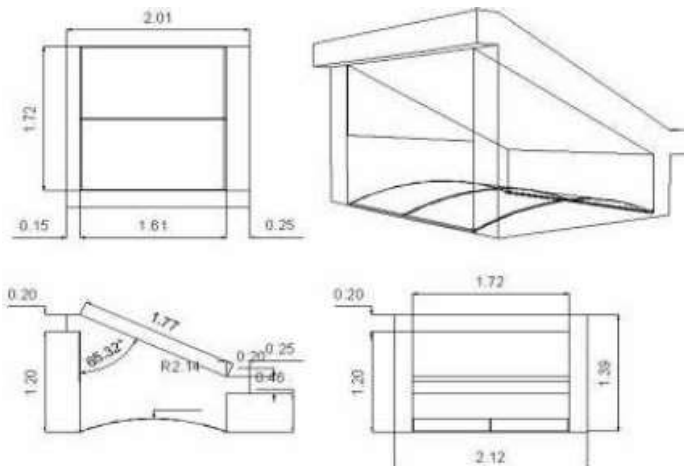


Fig. 14. Ubicación de estantes en la ventanas fachada norte

Lucernario

Para reemplazar el lucernario cenital se construyó sobre el techo de la sala de dosificación un block con aberturas vidriadas en sus laterales este – oeste y frontal norte. De esta manera si bien se limitó la cantidad de luz que ingresa se priorizó la orientación bioclimática óptima.

Como estrategia para el control de la radiación directa, en este caso, se eligió la difusión de la misma mediante una placa de policarbonato alveolar blanco traslúcido. La figura 15, muestra detalles del conjunto diseñado y sus dimensiones, en la figura 16, se ve el estudio de los rayos de incidencia sobre el sistema cenital antes de su construcción y en la figura 17, se observa la construcción terminada.



Las dos estrategias de control de iluminación directa, se diseñaron en función de las necesidades de iluminación para los respectivos puestos de trabajo y condicionadas al acceso de la luz natural preexistente. Una de ellas corresponde a la redirección (estantes de luz) que se realizó sobre ventanas laterales para mejorar la distribución de niveles de iluminación hacia el interior, aumentando la componente reflejada del interior. La segunda estrategia es de difusión la luz solar directa, mediante el panel difusor de policarbonato translúcido del lucernario. En la figura 18, se muestra el corte de las estrategias diseñadas con el trazado de los rayos de luz para las distintas estaciones.

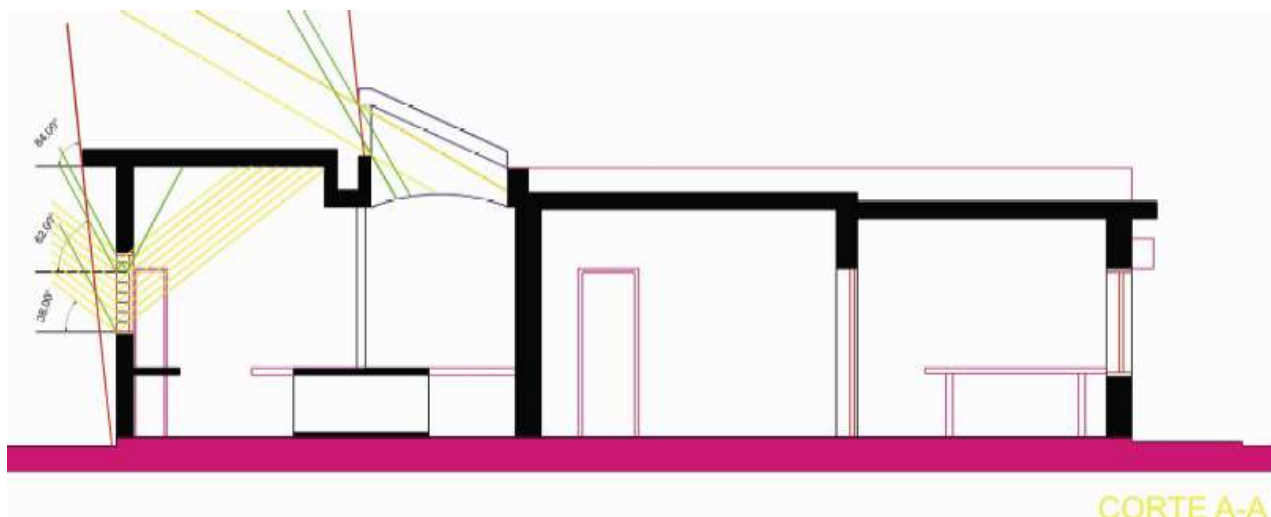


Fig.18.- Corte del edificio con modificación e incorporación de sistemas de iluminación natural.

Resultados experimentales obtenidos

Los valores registrados con el medidor LICOR, en el interior y exterior para un día despejado en las mesas de la sala de dosificación se muestran en la Tabla 2 para la ubicada en el centro, mientras que en la Tabla 3, se encuentran las medidas tomadas sobre la mesada que se encuentra junto a la pared norte.

Hora	1	2	3	4	5	6	Exterior
9	397	412	432	316	516	568	2616
10	789	860	763	743	1070	934	3986
11	990	1113	950	903	1270	959	10746
12	1142	1100	1009	1060	1312	1054	18493
13	1303	1250	1024	1028	1300	1059	20600

Tabla 2.- Iluminación en mesada central de sala de dosificación y exterior en lux.

Hora	1	2	3	Exterior
9	640	760	568	2616
10	787	941	730	3986
11	965	1038	830	10746
12	983	1069	955	18493
13	1042	1130	989	20493

Tabla 3.- Iluminación en mesada norte de la sala de dosificación y exterior en lux.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

También se realizaron mediciones de iluminación para un día nublado obteniéndose los valores que se muestran en las Tablas 4 y 5.

Hora	1	2	3	4	5	6	Exterior
9	19	28	17	25	33	17	468
10	49	50	53	53	76	28	766
11	71	86	87	87	129	48	1082
12	87	106	108	108	138	51	978
13	92	133	105	105	161	68	1016

Tabla 4.- Iluminación en mesada central de sala de dosificación y exterior en lux.

Hora	1	2	3	Exterior
9	32	33	27	468
10	41	46	36	766
11	81	90	70	1082
12	85	91	75	978
13	117	134	108	1016

Tabla 5.- Iluminación en mesada norte de la sala de dosificación y exterior en lux.

De las mediciones realizadas, se observa que para días claros, los valores de iluminación que se alcanza en las mesadas, en horas de trabajo, cumplen satisfactoriamente con los requeridos por las norma IRAM-AADL J 2006 para la iluminación para superficies horizontales, comprendidas entre los 200 y 400 lux para tareas a realizar en este tipo de laboratorio, sin la necesidad de utilizar fuentes de iluminación eléctrica.

Mientras que la iluminación durante el día nublado, no alcanza los niveles sugeridos con valores máximos de 134 lux al medio día, por lo que es necesaria la utilización fuentes de energía artificial en el plano de trabajo.

En las figuras 19 y 20 se muestran las fotos del interior del local iluminado a través de las ventanas y del nuevo sistema cenital.



Fig. 19.- Foto del interior de la sala con iluminación desde ventanas norte.



Fig. 20.- Foto del interior de la sala con iluminación desde sistema cenital

Propuesta de un sistema de iluminación natural anidólico para la cámara de cría

Una vez establecido el lugar para instalar el dispositivo de iluminación natural, se comenzó con el procedimiento de desarrollo de parábola para el componente concentrador parabólico (CPC), que constituye la parte principal del dispositivo anidólico. Consiste en un par de reflectores especulares simétricos parabólicos, enfrentados entre ellos de modo que todos los rayos que penetran en el CPC son transmitidos luego, al interior por al menos una reflexión.

Una vez realizado en CPC colector se comenzó a dimensionar y dibujar el trazado de rayos solares para llegar a la forma simplificada por rendimiento óptimo y facilidad de construcción como muestra la figura 21 en su posición en la sala de cría. Se decidió colocar un solo reflector exterior con su cubierta horizontal de vidrio y un reflector interior al cielorraso que permite abrir el rayo solar concentrado hacia todo en interior de la sala.



Fig. 21.- Corte Norte Sur. Trayectoria de rayos solares verano e invierno.

En la figura 22, se han esquematizado los cortes para mostrar la composición del sistema completo, con la propuesta de un cielorraso interior suspendido de material difusor para homogeneizar la luz solar.

Cielorraso interior suspendido translúcido para lograr distribución uniforme de luz

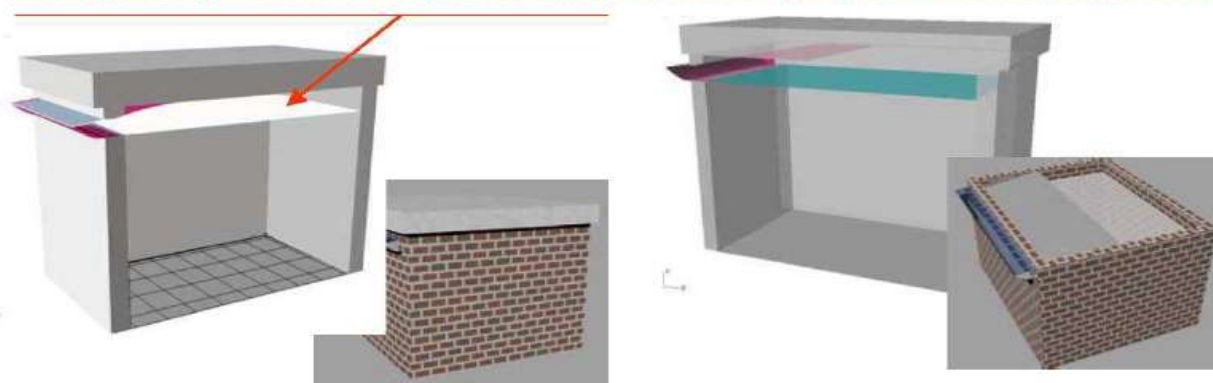


Fig. 22.- Cortes y vistas de la sala de cría exterior e interior.

A fines de cuantificar la iluminación en un local, se ha construido en escala real el sistema anidólico en un recinto que tiene las mismas dimensiones de la cámara de cría del centro de propagación, en las figuras 23 y 24 se ve las foto del exterior, y del interior del local



Fig. 23.- Foto anidolico exterior



Fig.24.- Foto anidólico interior

Conclusiones

De los resultados obtenidos en el monitoreo higrotérmico del edificio propuesto como laboratorio de micro-propagación agámica, se pueden extraer las conclusiones descriptas a continuación.

El monitoreo del edificio en periodos de no ocupación por parte del personal técnico permitió analizar con mayor detalle su respuesta dinámica ante la apertura y cierre de puertas y ventanas, el uso de sistemas de calentamiento y enfriamiento y todos aquellos aparatos que ocasionalmente varían el medio ambiente.

El uso de SIMEDIF resultó apropiado para la simulación de los datos medidos, con diferencias de entre 0,5 y 1,5 °C entre medición y simulación en locales. Debido a la masa del edificio fue necesario realizar la simulación de su comportamiento térmico durante cinco días previos a fin de lograr el régimen estacionario bajo condiciones iniciales de temperatura medidas.

Los dispositivos innovativos de iluminación natural representan actualmente una oportunidad de aportar respuestas de desarrollo regional replicable de uso de energía renovable para iluminación interior diurna. No son de aplicación limitada a edificios residenciales, y pueden resolver problemas asociados a los altos costos de energía en la producción, como en el presente caso, de plantas.

En esta etapa se ha diseñado un dispositivo anidólico que pretende optimizar el uso de luz natural en una aplicación que requiere niveles altos (1500 a 3000 lux). Las primeras mediciones verifican los valores esperados. Se pretende continuar con el desarrollo de los detalles constructivos y completar el programa de mediciones de ajuste.

De acuerdo a las recomendaciones de las normas IRAM, los resultados obtenidos en las mediciones se desprende que las modificaciones realizadas en el sistema de iluminación natural fueron las correctas logrando reducir el riesgo de deslumbramiento sobre el campo visual de los usuarios, obteniéndose valores óptimos de iluminación en las mesadas en donde se realizan los trabajos para la producción de plantas

Como trabajo futuro se prevé seguir buscando nuevas estrategias en el diseño bioambiental de las envolventes, incorporar el nuevo sistema de iluminación natural a la cámara de cría, como también el sistema de refrescamiento evaporativo indirecto a fin de adecuarlo a los requerimientos bioclimáticos para producción agámica de plantas, disminuir el consumo de energía eléctrica, y brindar un apropiado confort y bienestar a las personas que trabajan en el laboratorio.

Referencias

Flores Larsen S. y Lesino G., 2001b, "Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios". Revista Energías Renovables y Medio Ambiente 9, pp.15-24, ISSN 0328-932X, Argentina.

Flores Larsen S. y Lesino G., 2001c, "Incorporación de módulos de enfriamiento evaporativo e intercambiadores tierra-aire al programa SIMEDIF". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 5, pp. 08.31-08.36. ISSN N° 0329-5184, Argentina.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

García V., Iriarte A. Flores S. y Lesino G. "Monitoreo higrotérmico de un edificio acondicionado para propagación agámica de plantas" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, 2008.Pag. 2.29 – 2.35. ISSN 0329-5184. Argentina

Courret, G., B. Paule, et al. (1996). "Anidolic Zenithal openings: Daylighting and shading." Lighting Research and Technology 28(1): 11-17.

Erig, A. and M. Wulff Schuch (2005). "Micropropagación fotoautotrofica e uso da luz natural. Photoautotrophic micropropagation and use of the natural light." Ciencia Rural 35(4): 961-965.

Lesino, G. (2005). Proyecto: energías renovables y eficiencia energética en construcciones para la propagación agámica de plantas., universidad nacional de Catamarca-facultad de ciencias agrarias - financiación PICTO ANPCyT 18-32140.

García V, Iriarte A., Flores S., Lesino G., Mendoza S. (2009) "Auditoria y simulación térmica de un edificio para producción agámica de plantas". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13. Impreso en la Argentina. ISSN 0329- 5184

Pattini, A. Villalba, A. Garcia, V., Ferron, L., Iriarte, A. Lesino, G. (2009) "Diseño de un sistema de iluminación natural anidólico para el centro de propagación agámica INTA – CATAMARCA". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13. Impreso en la Argentina. ISSN 0329- 5184.

**VALORIZACIÓN SUSTENTABLE DE DERIVADOS DE BIOMASA PARA ADITIVOS DE COMBUSTIBLE:
PRODUCCIÓN DE LEVULINATO DE ETILO**

Pasquale G¹, Igal K², Aispuro PM², Elia A², Vázquez P², Baronetti G³, Romanelli G^{1,2}

- 1** Curso de Química Orgánica, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calles 60 y 119, B1904AAN La Plata, República Argentina. gustavo@abastonet.com.ar
- 2** Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge Ronco” (CINDECA), Universidad Nacional de La Plata, 47 N° 257, B1900AJK La Plata, Argentina. gpr@quimica.unlp.edu.ar
- 3** Dpto. de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, Pabellón Industrias, Ciudad Universitaria (C1428BG) Buenos Aires, Argentina. baroneti@di.fcen.uba.ar

El ácido levulínico (LA), derivado de la catálisis ácida de la biomasa lignocelulósica, uno de los pilares del top-twelve building blocks [2] es potencialmente una molécula versátil para la síntesis de sustancias químicas para aplicaciones como aditivos de combustibles, precursores de polímeros y resinas. Por otra parte, la catálisis mediante HPAs es un área bien establecida con beneficios para la realización de procesos no contaminantes y amigables con el medio ambiente. El heteropoliácido con estructura Wells-Dawson (HPA) fue inmovilizado por primera vez en una matriz de sílice mediante la técnica de sol-gel. Estos catalizadores se utilizaron en la esterificación del ácido levulínico con etanol, a 78 °C, para obtener levulinato de etilo. La síntesis de inclusión del HPA fue satisfactoria y las muestras mantienen intacta su estructura HPA después de la misma. Los tests catalíticos para la reacción de esterificación entre el ácido levulínico y etanol para producir levulinato de etilo han demostrado que el HPA con estructura Wells-Dawson incluido en sílice son catalizadores activos y selectivos para esta reacción. Debe señalarse que el HPA incluido en sílice mantuvo su estructura y actividad catalítica después de dos ciclos consecutivos de reacción. Estos resultados indicaron que estos ácidos sólidos son catalizadores promisorios para la esterificación de ácido levulínico en condiciones de reacción heterogénea.

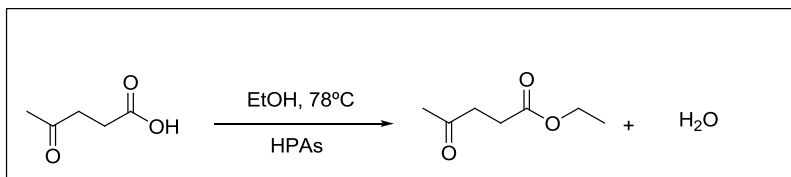
Introducción

La biomasa se define como cualquier materia orgánica que está disponible a partir de fuentes renovables, incluyendo cultivos con propósitos energéticos como árboles, alimentos agrícolas, residuos de cosechas, plantas acuáticas, madera y residuos de madera, desechos animales y de otros tipos de materiales [1, 2]. La producción anual de biomasa es cercana a $1.7\text{--}2.0 \times 10^{11}$ toneladas [3]; sin embargo, sólo 6×10^9 toneladas se utilizan actualmente para aplicaciones alimentarias y no alimentarias. Los hidratos de carbono de la biomasa son los recursos renovables disponibles más abundantes y, actualmente, son compuestos promisorios como materia prima para la química verde del futuro [4-6].

El ácido levulínico (LA), derivado de la catálisis ácida de la biomasa lignocelulósica, uno de los pilares del top-twelve building blocks [2] es potencialmente una molécula versátil para la síntesis de sustancias químicas para aplicaciones como aditivos de combustibles, precursores de polímeros y resinas [7-11], entre otros. Se han reportado varios trabajos que describen las propiedades y posibles aplicaciones industriales del LA y sus derivados [1, 12-13], habiendo numerosos compuestos útiles derivados del ácido levulínico. Por ejemplo, el levulinato de etilo (EL), obtenido por esterificación del LA con etanol, el que puede utilizarse como un aditivo en combustibles. Otros ésteres de ácido levulínico pueden obtenerse por reacción de esterificación en presencia de un catalizador ácido, como los ácidos: sulfúrico, polifosfórico o p-toluenosulfónico en medio homogéneo [14-16].

Por otro lado, los procesos catalíticos utilizando heteropoliácidos (HPAs) como catalizadores ácidos sólidos tienen muchas ventajas sobre la catálisis que emplea ácidos líquidos. Los primeros son no corrosivos, son baratos y amigables con el medio ambiente, presentando menos problemas de eliminación. Es posible su reutilización y su separación de productos líquidos. La catálisis mediante HPAs es un área bien establecida con beneficios verdes y tiene el potencial de poseer una gran recompensa económica por lo mencionado anteriormente [17]. En particular, la aplicación de ácido fosfotúngstico con estructura Wells-Dawson como catalizador, es un campo de creciente importancia en la catálisis ácida sostenible [18]. Este HPA posee la fórmula $[(X_{n+})_2M_{18}O_{62}]$, donde cada X_{n+} es un átomo central, P(V) en este caso, rodeado por átomos adenda tales como W(VI), cada uno de estas unidades rodeadas por módulos octaédricos. Las desventajas de estos HPAs como catalizadores heterogéneos se encuentran en su baja área específica y alta solubilidad en medios polares, por lo que se han hecho intentos para estabilizarlos buscando soportarlos en sílice, alúmina, titanía, entre otros [19]. La interacción de los ácidos con los soportes ha llevado a una fuerte mejora de las propiedades catalíticas. Recientemente, se ha reportado la esterificación de ácidos grasos libres con metanol, usando heteropoliácidos con estructura Keggin inmovilizados en sílice [20].

En este trabajo, se presenta la reacción de esterificación de ácido levulínico con etanol absoluto a 78 °C usando, por primera vez, el ácido fosfotúngstico con estructura Wells-Dawson (WDA) como catalizador ácido sólido inmovilizado en una matriz de sílice sintetizada por el método de gel de sol (Esquema 1).



Experimental

Síntesis de los catalizadores

El ácido fosfotúngstico con estructura Wells-Dawson (WDA) fue incluido en sílice mediante la técnica sol-gel [21]. Una mezcla de n-butanol y WDA fue adicionada a TEOS, precursor de la sílice, finalmente, agua. La mezcla se agita en atmósfera de nitrógeno durante 1 h, a temperatura ambiente. Luego, la misma mezcla es agitada entre 40-60 °C, durante 24 h. El hidrogel obtenido fue totalmente deshidratado a 80 °C. Se sintetizaron muestras con dos cantidades diferentes de WDA incluido en sílice (denominado: xWDA-S), con x = 2.5 y 5 % (p/p). El ácido fosfotúngstico con estructura Wells-Dawson máscico fue sintetizado por el método desarrollado en nuestro laboratorio [22].

Caracterización de los catalizadores

-Determinación de ³¹P MAS-NMR

Los espectros se registraron en un equipo Bruker MSL-300. Los desplazamientos químicos se expresaron en ppm, respecto al 85% H₃PO₄ como estándar externo.

-Determinación de propiedades texturales

Isotermas de adsorción-desorción de N₂ a -196 °C sobre los sólidos fueron determinadas por medio de un analizador de área superficial y porosidad Micromeritics ASAP 2020. La desgasificación previa se realizó durante 700 min, a 100 °C, por debajo de 30 μm Hg.

-Difracción de rayos X- DRX

Los difractogramas de las muestras fueron obtenidos mediante un difractómetro Philips PW-1390 (control del canal), PW-1394 (control de motor) empleando radiación CuKα (λ=1.5417 Å) y filtro de Ni para valores de 2θ entre 20° y 80°. Las condiciones de operación utilizadas fueron: 20 mA en la fuente de corriente, 40 kV en la fuente de alta tensión, velocidad del goniómetro 2° (2θ)/min y amplitud de la escala vertical 1000 cuentas por segundo.

-Espectroscopía IR con transformada de Fourier-FT-IR

Se usó un equipo Bruker IFS 66, midiendo en el rango de 4000-400 cm⁻¹, para obtener los espectros de distintas muestras preparadas en forma de pastillas en KBr.

-Titulación potenciométrica con n-butilamina

Las propiedades ácidas de los catalizadores fueron determinadas por valoración potenciométrica utilizando una solución de n-butilamina, en acetonitrilo (0.025 N), mediante un aparato de Metrohm 794 básica Titrino.

-Test catalítico

Se llevaron a cabo pruebas catalíticas en un reactor agitado a 78 °C. En un experimento típico, el reactor fue cargado con 30 mmol de etanol absoluto, 250 mg de 5-WDA-S (5 x 10⁻⁴ mmol de WDA/g SiO₂) y 2 mmol de ácido levulínico. La reacción fue seguida por TLC (cromatografía en capa fina, hasta un tiempo de reacción de 10 h, utilizando una mezcla de hexano: acetato de etilo 4: 1 como disolvente). Se utilizaron hojas de aluminio de TLC (60 F254 Merck de gel de sílice). El catalizador fue filtrado y lavado dos veces con etanol absoluto, 2 ml cada vez. El filtrado y el líquido de lavado fueron combinados y concentrados en vacío. El residuo se disuelve en CH₂Cl₂ (10 ml) y la solución se lava con NaHCO₃ 5% (3 x 2 ml) y agua (1 x 5 ml), para separar el ácido levulínico. La fase orgánica fue tratada con Na₂SO₄ anhidro, el disolvente se evapora, y se obtiene el levulinato de etilo crudo. El producto fue identificado a través de la comparación con una auténtica muestra de levulinato de etilo y mediante el análisis de espectrometría de masas. El rendimiento de la reacción fue expresado como la relación de moles % de producto a moles de sustrato inicial.

El levulinato de etilo fue identificado por medio de la determinación de su espectro de masa de impacto electrónico: MS (IE), 70 eV, m/z (intensidad de REL): 144 (4) □M+□, 129 (22), 99 (67), 74 (20), 43 (100), 29 (17).

Pruebas de estabilidad de los catalizadores WDA incluido en la matriz de sílice se llevaron a cabo con dos experimentos consecutivos, en las mismas condiciones de reacción. Después de cada prueba, el catalizador fue separado de la mezcla de reacción por filtración, lavado con etanol absoluto (2 x 2 ml), secado al vacío y, a continuación, se volvió a utilizar.

Resultados y discusión

El espectro del WDA másico determinado mediante ^{31}P MAS-NMR presenta sólo un pico principal en la región -12.8,-13 ppm debido a que tiene dos átomos de P equivalentes [23]. En la Figura 1 se muestran los espectros de ^{31}P MAS-NMR del WDA-SiO₂ con dos diferentes cargas de WDA: 5 y 2.5WDA-S (curvas a y b, respectivamente). Los resultados indicaron que el WDA muestra un pico principal a -13.2 ppm, indicando que el WDA, después de la síntesis y secado, el ácido mantiene su estructura de Wells-Dawson. Se pueden observar señales adicionales a -12.4 y -11.7 ppm. Estas señales podrían estar relacionadas con la presencia de diferentes especies del HPA, tales como $\text{H}_6\text{P}_2\text{W}_{18}\text{O}_{62}$ fuertemente interactuando con los grupos de Si-OH del soporte y de especies como $\text{P}_2\text{W}_{21}\text{O}_{71}^{6-}$, respectivamente [23].

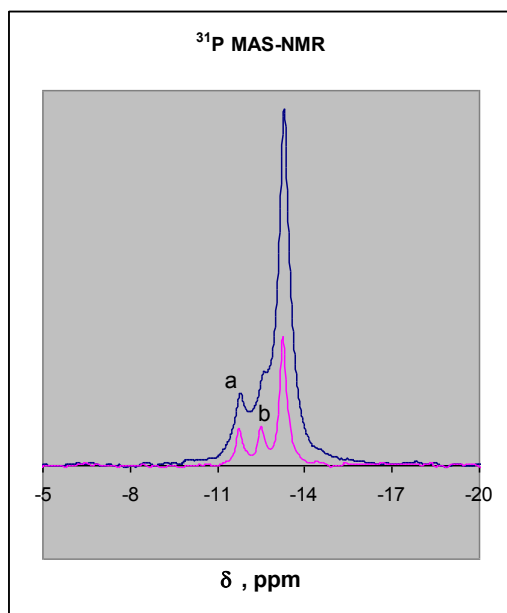


Figura 1: Espectro de ^{31}P MAS-NMR del WDA incluido en sílice: a) 5WDA-S; b) 2.5WDA-S

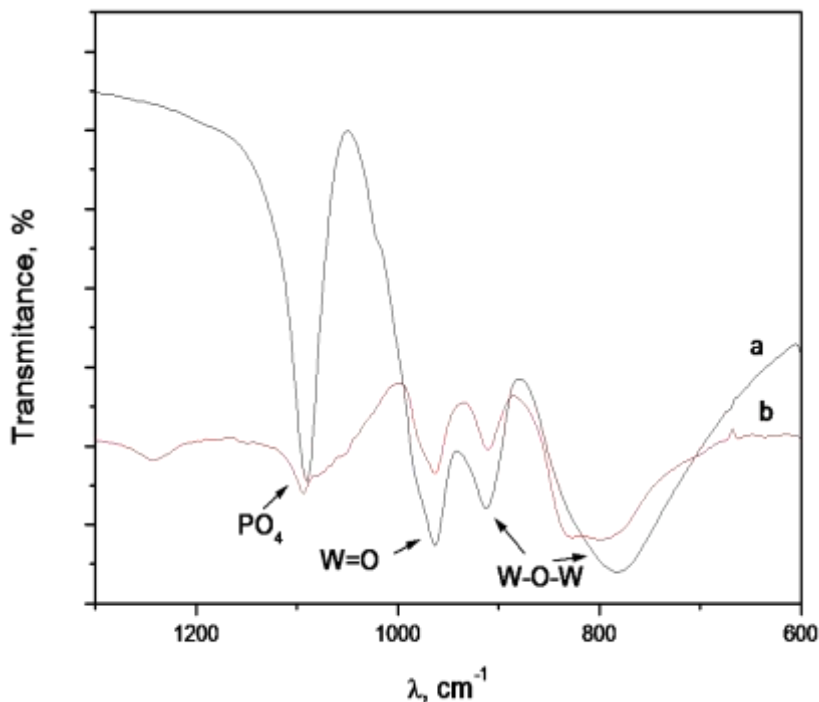
Por otro lado, los espectros de FTIR (Figura 2), también muestran que después de la síntesis, el WDA mantiene su estructura. Figura 2 presenta los espectros del WDA másico y para la muestra de 5WDA-S, después de la resta de los espectros que se corresponden al soporte. Las bandas características del HPA con estructura de Dawson son 1091 (frecuencia estiramiento del tetraedro PO₄), 963 (enlaces terminales W=O), 911 y 778 cm⁻¹ (puentes "inter" e "intra" W-O-W, respectivamente) [23]. Se puede observar que el ácido incluido en sílice, muestra las mismas bandas características. Sin embargo, existe un ensanchamiento de la banda en 1091 cm⁻¹. Este hecho puede ser debido a una pérdida de simetría del tetraedro [23], debido a la interacción entre grupos de silanoles de la sílice y grupos WO₆ octaédricos. Un cambio de la banda de 778 cm⁻¹ (puentes "intra" W-O-W), también pueden atribuirse al efecto mencionado anteriormente.

Tanto ^{31}P MAS-NMR como FTIR muestran que después de su inmovilización en sílice el ácido WDA mantiene intacta su estructura de Wells-Dawson.

Las propiedades ácidas de estas muestras se midieron por titulación potenciométrica mediante n-butilamina. Esta técnica permite la evaluación del número de sitios ácidos y su fuerza ácida. El potencial de electrodo inicial (E) indica la máxima fuerza ácida de los sitios superficiales y los valores de V (ml de n-butilamina), al alcanzar la meseta, indican el número total de sitios ácidos. La fuerza ácida puede asignarse del siguiente modo: sitios muy fuerte, E □ 100 mV, sitios fuertes, 0 □ E □ 100 mV, sitios débiles, -100 □ E □ 0 mV, sitios muy débiles, E □ -100 mV. La n-butilamina es considerada una base fuerte, por lo que podría esperarse su

adsorción en sitios de diferente fuerza ácida. Se valora la acidez total del sólido sin distinguir el tipo de acidez. En cuanto a las propiedades ácidas, la acidez de los HPAs es Brönsted [24].

Figura 2:
Espectros de FTIR:
a) WDA másico y
b) muestra 5WDA-S



El WDA másico mostró sitios ácidos muy fuertes, con un E superior a 800 mV. Los valores de E para los catalizadores sintetizados e incluidos en sílice fueron cercanos a 500 y 700 mV, para 2.5 y 5WDA-S, respectivamente (Figura 3). Estos resultados indican que los catalizadores incluidos en sílice poseen sitios ácidos fuertes.

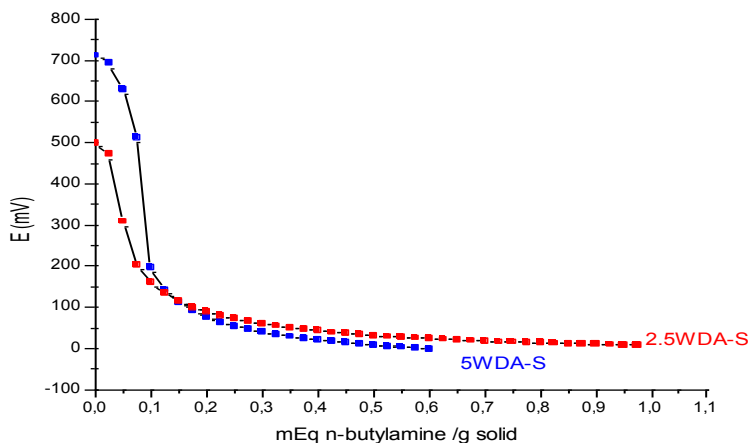


Figura 3:
Curvas potenciales de las
muestras: 2.5WDA-S y 5WDA-S

En la Tabla 1, se pueden observar los resultados de la esterificación del ácido levulínico con etanol a 78 °C, para WDA másico e incluido en sílice, con diferentes cargas de WDA. En todas los ensayos no se observaron productos secundarios, asumiendo entonces que la selectividad siempre fue del 100%. Se realizó un experimento en blanco en ausencia del catalizador, en condiciones similares, y en esta condición de reacción no se detectó ninguna conversión de LA.

Tabla 1: Esterificación del ácido levulinico con etanol usando WDA como catalizador

Entrada	Catalizador	Rendimiento de levulinato de etilo (%) ^b
1	WDA _{másico} ^a	85
2	2.5WDA-S	51
3	5WDA-fresco	64
4	5WDA-S-1er Reuso	61

Condiciones de reacción: LA 2 mmol, etanol 30 mmol, T 78 °C, t 10 h.

^a Reacción en fase homogénea.

^b Rendimiento del levulinato de etilo (%): mmol obtenido/ mmol teórico x 100

Por otra parte, se realizaron pruebas de estabilidad de los catalizadores WDA incluidos en sílice (usando la muestra con la actividad más alta). Se llevaron a cabo dos experimentos consecutivos, en las mismas condiciones de reacción para la muestra 5WDA-S. Después de cada prueba, el catalizador fue separado de la mezcla de reacción por filtración, lavado con etanol absoluto (2 x 2 ml), secado al vacío y, a continuación, se vuelve a utilizar (ver Experimental). Esta muestra re-usada se caracterizó mediante ³¹P MAS-NMR y se comparó con la muestra sintetizada antes del test catalítico. Puede observarse que los catalizadores incluidos en sílice mantienen su estructura después de dos ciclos de reacción (Figura 4, curvas a y b, respectivamente).

³¹P MAS-NMR

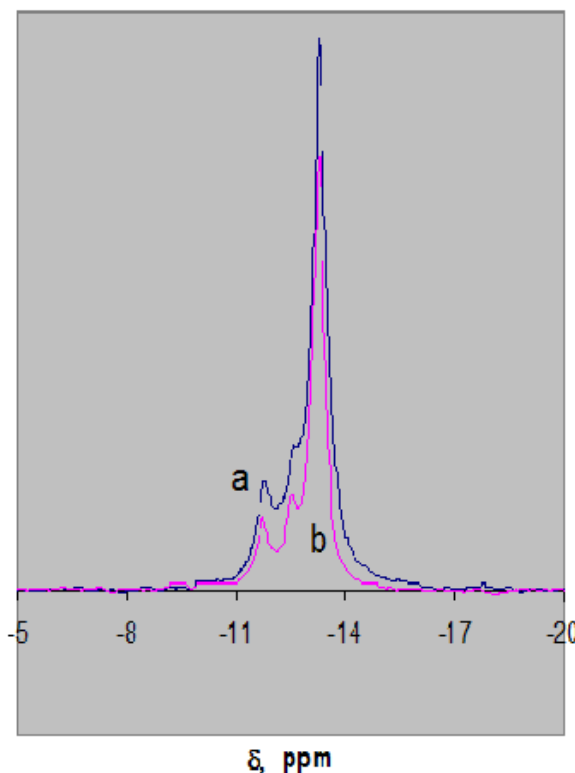


Figura 4:
Espectros de ³¹P MAS-NMR de las muestras:
a) catalizador fresco 5WD-S y
b) catalizador 5WD-S después de dos re-usos

El mecanismo de la reacción podría describirse a través de la adsorción de ácido levulínico sobre sitios de Brønsted del catalizador, formando intermediario que sería el ácido levulínico protonado. El etanol reaccionaría con este intermedio protonado para formar el éster correspondiente y el agua.

Conclusiones

El ácido fosfotúngstico con estructura Wells-Dawson fue inmovilizado por primera vez mediante la técnica sol-gel en sílice. Estos catalizadores (WDA-S) se utilizaron en la esterificación del ácido levulínico con etanol, a 78 °C para obtener levulinato de etilo. La síntesis del HPA incluido en la matriz de sílice fue satisfactoria y las muestras mantienen intacta su estructura, después de la síntesis. La reacción de esterificación entre el ácido levulínico y etanol, para producir levulinato de etilo, han demostrado que el WDA incluido en la sílice HPA es activo y selectivo para esta reacción. Debe señalarse que el WDA incluido en la sílice mantuvo su estructura y actividad catalítica después de dos ciclos consecutivos de reacción.

Estos resultados indicaron que estos catalizadores ácidos sólidos son catalizadores promisorios para la reacción de esterificación del ácido levulínico con etanol a levulinato de etilo en condiciones de reacción heterogénea.

El procedimiento descrito proporciona una alternativa útil, limpia y rápida para preparar cinamatos de arilo, compuestos con potencial aplicación como insectostáticos de bajo impacto ambiental. Las ventajas de esta metodología son: simplicidad operativa, empleo de un catalizador no corrosivo y reutilizable, condiciones suaves y buenos rendimientos. El uso del catalizador sólido permite reemplazar los catalizadores ácidos solubles usuales, contribuyendo a una reducción de la generación de residuos. Dentro de los catalizadores sólidos heteropoliácidos ensayados, el ácido comercial con estructura de Keggin $H_3PMo_{12}O_{40}$ resulta el de mayor rendimiento para la esterificación directa de ácidos cinámicos con fenoles. Asimismo se demuestra que es posible un reuso del catalizador, sin mucha variación en los rendimientos.

Agradecimientos

Autores agradecen al Prof. Dr. Horacio Thomas para sus valiosos aportes. Esta investigación ha recibido financiación de la Unión Europea Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) en virtud del acuerdo de subvención N° 227248. También se desea agradecer al CONICET y ANPCyT por el apoyo financiero brindado.

Referencias

- [1] B. Girisuta. Tesis: " Levulinic acid from lignocellulosic biomass", University of Groningen (2007). ISBN 978-90-367-3229-1
- [2] B. Kamm, M. Kamm, P. R. Gruber, S. Kromus, Biorefinery Systems -An Overview. In Biorefineries - Industrial Processes and Products: Status Quo and Future Directions, Volumen 1, B. Kamm, P. R. Gruber, M. Kamm (Eds.), Wiley-VCH: Weinheim (2006).
- [3] H. Zoebelin, Dictionary of Renewable Resources. Wiley VCH: Weinheim (2001).
- [4] A. Corma, S. Iborra, A. Velty, Chem. Rev. 107 (2007) 2411.
- [5] F. W. Lichtenthaler, Acc. Chem. Res. 35 (2002) 728.
- [6] F. W. Lichtenthaler, Carbohydrat. Res. 313 (1998) 69.
- [7] B. Timokhim, V. Baransky, G. Eliseeva, Russ. Chem. Rev. 68 (1999) 73.
- [8] V. Ghorpade, M. Hanna, US Patent 5859263 (1996)
- [9] J. Horvat, B. Klaić, B. Metelko, V. Sunjic, Tetrahedron Lett. 26 (1985) 2111.
- [10] S. Fritzpatrick, WO Patent 8910362 (1989)
- [11] S. Fritzpatrick, WO Patent 9640609 (1996)
- [12] R. H. Leonard. Ind. Eng. Chem. 48 (1956) 1331-1341.
- [13] M. Kitano, F. Tanimoto, M. Okabayashi, Chem.Econ.Eng.Rev. 7 (1975) 25-29.
- [14] P. Ayoub, WO Patent 2005070867 (2005)
- [15] A. R. Bacler, A. D. Kontowicz, J. Am. Chem. Soc. 75 (21) (1953) 5416.
- [16] G. A. Olah, J. Welch, Synthesis 9 (1974) 652.
- [17] I.V. Kozhevnikov, J. Molec. Catal. A: Chem. 262 (2007) 86.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

- [18] J. Sambeth, G. Romanelli, J.C., Autino, H. Thomas, G. Baronetti, Appl. Catal. A: General, 378 (1) (2010) 114
- [19] P.G. Vázquez, M.N. Blanco, C.V. Cáceres, Catal. Lett. 60 (4) (1999) 205.
- [20] C. Caetano, I. Fonseca, A. Ramos, J. Vital, J. Castanheiro, Catal. Comm. 9 (2008) 1996.
- [21] E.I. Basaldella, P.G. Vázquez, F. Iucolano, D. Caputo, J.of Coll. and Inter. Sci. Vol 313 (2) (2007) 574
- [22] G.T. Baronetti, L.E. Briand, U. Sedran, H. J. Thomas, Appl. Catal. A 172 (1998) 265.
- [23] G. Baronetti, H. Thomas, C. Querini, Appl. Catal. A: General 217 (2001) 131
- [24] P. Villabrille, G. Romanelli, L. Gassa, P. Vázquez, C. Cáceres, Appl. Catal. A, General 324 (2007) 69.



ÍNDICE
TOMO II

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

<u>TEMAS Y AUTORES</u>	<u>PÁGINA</u>
PRESENTACIÓN Y SEDES	2
ANTECEDENTES DEL CONGRESO	3
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA	4
AUTORIDADES DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE	5
INTEGRANTES DE COMITES DE HONOR, ORGANIZADOR Y CIENTIFICO, EDITOR, AUTORIDADES, SECRETARIA Y SEDES.	6
<u>AREA IV – ECOSISTEMAS</u>	
ACUMULACIÓN DE CARBONO EN SUELO DE PASTURAS PURA Y ASOCIADA DE <i>Penisetum clandestinum</i> y <i>Lotus uliginosus</i>, EN LA SABANA DE BOGOTÁ. Salinas Salinas A, Mayorga OL, Caballero LM.	349
ANÁLISIS DE LA EVAPORACIÓN EN EL CENTRO DE MÉXICO: TENDENCIAS, AUTO-AFINIDAD Y FRECUENCIAS IMPORTANTES. Magallanes Quintanar R, Valdez Cepeda RD, Blanco Macías F.	357
ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA EN LA PLATA. EVOLUCIÓN HISTÓRICA ASOCIADA A VARIACIONES DEL CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO. Asbornio MD, Castro AC, Pardi HM, Simón MR.	367
AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA SOBRE LOS BOSQUES NATIVOS EN LA PROVINCIA DE CHACO: SUS IMPLICANCIAS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO. Bigliani M, Bissio MA.	373
CACTÁCEAS ÚTILES DE LOS ECOSISTEMAS ÁRIDOS EN EL SUR DEL PERÚ. Condori D, Ignacio J.	377
CONSECUENCIAS DE LAS PERTURBACIONES ANTRÓPICAS SOBRE LA DIVERSIDAD DE HELECHOS Y LYCOPHYTAS. ESTUDIO DE CASOS. Marquez GJ, Macluf CC, Yañez A.	377
CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL SOBRE UN SISTEMA ACUÁTICO PAMPEANO (ARROYO LA CHOZA; BUENOS AIRES, ARGENTINA). Basílico GO, de Cabo L, Faggi A.	378
DISTRIBUCIÓN DE LAS SEQUÍAS METEOROLÓGICA, AGRÍCOLA E HIDROLÓGICA Y SUS CONSECUENCIAS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES Botana M, Pérez Ballari A, Scarpati O.	390
EROSIÓN EN LA BAHIA DE SAMBOROMBON Y CAMBIOS EN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA. Codignotto JO, Dragani WC, Martin PB, Campos MI, Alonso G, Simionato CG, Medina RA.	404
FORESTACIONES CON PARAÍSO (<i>Melia azedarach</i> L.) COMO ESPECIE MITIGADORA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA. Falasca S, Ulberich A, Carolina Miranda del Fresno CM.	407

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA RECARGA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN COSTERA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Carretero S, Kruse E.	413
INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS ACUÁTICOS Y TERRESTRES QUE MUESTRAN DISTURBIOS EN ÁREAS DEL MONTE AUSTRAL – PATAGONIA ARGENTINA. Manacorda AM, Alvarez AS, Pezzullo SD, Navarro MC.	419
LAS ÁREAS PROTEGIDAS COSTERO-MARINAS COMO HERRAMIENTA PARA DISMINUIR LA VULNERABILIDAD DE LA BIODIVERSIDAD FRENTE EL CAMBIO CLIMÁTICO. Arhex MI, Caille GI, Harris G, Musmeci JM, Delfino Schenke R, Esteves JL.	426
MONITOREO AMBIENTAL DE LOS PRINCIPALES AFLUENTES DE LOS RÍOS PARANÁ Y PARAGUAY. Ronco A, Almada P, Apartin C, Marino D, Abelando M, Bernasconi C, Primost J, Santillán JM, Amoedo P, Bulus Rossini G.	428
OBSERVACIONES PRELIMINARES EN LAS NUEVAS ÁREAS LIBRES DE HIELO ANTÁRTICAS: ¿ESTÁN SIENDO COLONIZADAS POR MACROALGAS? Latorre GEJ, Quartino ML.	434
PUNTOS DE CAMBIO EN LOS CAUDALES ANUALES DEL RÍO MAIPO - CHILE- ASOCIADOS A FENÓMENOS CLIMÁTICOS DE LA MACROESCALA. Poblete AG, Minetti JL, Escudero SA.	435
RASGOS GEOMORFOLÓGICOS GENERADOS DURANTE EL HIPSITERMAL (HOLOCENO MEDIO) Y SU RELACION CON LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS. Aguilera EY, Rabassa J.	444
RESPUESTA HIDROGEOMORFOLÓGICA AL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR EN LA BAHÍA DE SAMBOROMBÓN (ARGENTINA). Braga F, Carol EI, Kruse E, Pousa J, Rizzetto F, Teatini P, Tosi L.	449
THE INFLUENCE OF A SILVOPASTORAL SYSTEM ON CARBON STOCKS IN THE BRAZILIAN SAVANNA. Quintão Lana AM, Andrade Silva A, Lanna Reis G, Ferreira Abreu Moreira GH, Martins Maurício R, Matta Machado R, Quintão Lana RM.	457
AREA V - EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN Y CULTURA AMBIENTAL	
APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA (RSU) Y EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE (EDS) COMO EJE TRANSVERSAL EN ASIGNATURAS DE GRADO UNIVERSITARIO. Caballero MM, Egozcue M. de los A.	470
CAMBIO CLIMÁTICO: A LA BÚSQUEDA DE FACTORES DETERMINANTES PARA LA DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS COMUNICATIVAS Córdova P.	477
COMPOSTA URBANA, HERRAMIENTA EFECTIVA PARA COMBATIR EL CAMBIO CLIMÁTICO. EXPERIENCIAS Y RESULTADOS DE UN PROGRAMA NO FORMAL DE EDUCACIÓN AMBIENTAL. Pérez Ruiz CL.	486
COMUNICACIÓN AMBIENTAL EDUCATIVA EN LAS RELACIONES PÚBLICAS E INSTITUCIONALES ¿MARKETING VERDE Ó RESPONSABILIDAD SOCIAL? Gittlein SE.	486
EDUCACIÓN AMBIENTAL: CONSTRUIR PROCESOS DE CAMBIO DESDE LA UNIVERSIDAD PÚBLICA Manasanch A.	487

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ESTRATEGIA DE CULTURA AMBIENTAL EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS SIGLO XXI. Muñoz Escobedo JJ, Chávez Ruvalcaba MI, Maldonado Tapia CH, Reveles Hernández RG, Moreno García MA.	503
EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN LA FORMACIÓN MEDIA DEL DISTRITO DE ENCARNACIÓN. Ibarra Ledesma OD.	504
LA CULTURA AMBIENTAL EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y SU SUSTENTABILIDAD. LA CULTURA AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, ¿POR QUÉ? Y ¿PARA QUÉ? Rivas Gutiérrez J.	506
LA CULTURA AMBIENTAL EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN EN MÉXICO Y SU SUSTENTABILIDAD. Rodríguez González J.	506
PROGRAMA ESTATAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA ZACATECAS, MÉXICO (2010-2017) Martínez Delgado M, Moreno García MA, Rodríguez Roble M, Krause y Perches A, Esquivel Marín S, Avila Gamboa ME.	507
PROPUESTA PARA DESARROLLAR LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL 5° Y 6° AÑO DE PRIMARIA EN LA CIUDAD DE ZACATECAS Hernández Ayala PM, Cabrera Guardado PL, Bluhm Gutiérrez J, Núñez Peña EP, Escalona Alcázar F de J, Valle Rodríguez S.	519
AREA VI – ENERGÍA	
DESARROLLOS E INNOVACIONES TECNOLÓGICAS, PARA TURBINAS EÓLICAS DE MULTI MEGA WATTS. Lassig J, Apcarian A, Mesquida C, Labriola C, Colman J.	522
ENERGÍA LIMPIA EN BASE A HIDRÓGENO. Andreasen G, Ramos S, Barsellini D, Triaca WE.	533
GENERACIÓN DISTRIBUIDA: OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS EN LA REPÚBLICA ARGENTINA. Barbero S, Alvarez R.	539
IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UN MUNICIPIO DEL SURESTE DE ESPAÑA (MURCIA). Molina Ruiz J, Tudela Serrano ML, Ortiz Escribano IM.	547
LA ENERGÍA GEOTÉRMICA COMO FUENTE DE REDUCCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO. Hernández C, Cadenas R, Bonales J.	554
PROPUESTAS PARA REDUCIR CONSUMO ENERGÉTICO EN UN EDIFICIO PARA PRODUCCIÓN DE PLANTAS. García V, Iriarte A, Flores S, Ferron L, Pattíni A, Villalba A, Lesino G.	568
VALORIZACIÓN SUSTENTABLE DE DERIVADOS DE BIOMASA PARA ADITIVOS DE COMBUSTIBLE: PRODUCCIÓN DE LEVULINATO DE ETILO. Pasquale G, Igal K, Aispuro PM, Elia A, Vázquez P, Baronetti G, Romanelli G.	582



ÍNDICE
TOMO I

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

<u>TEMAS Y AUTORES</u>	<u>PÁGINA</u>
PRESENTACIÓN Y SEDES.	2
ANTECEDENTES DEL CONGRESO.	3
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.	4
AUTORIDADES DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE.	5
INTEGRANTES DE COMITES DE HONOR, ORGANIZADOR Y CIENTIFICO, EDITOR, AUTORIDADES, SECRETARIA Y SEDES.	6
UNIVERSIDAD PÚBLICA Y MEDIO AMBIENTE. RESPONSABILIDADES Y DESAFÍOS PARA LOS PRÓXIMOS AÑOS. Tauber F.	7
TENEMOS UNA SOLA TIERRA, NO PERMITAS QUE SE DERRITA. Moreno García MA.	8
SALVAGUARDAR LA TIERRA ¿LA RESPONSABILIDAD DE QUIÉN? Canziani O.	9
EL COMPROMISO DE EXPERTOS Y ESPECIALISTAS	10
EL RÉGIMEN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Y LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS. Hernández M.	11
ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO IMPLICA UN LARGO CAMINO DE APRENDIZAJE. Ravella O.	13
APUNTES SOBRE EL IMAGINARIO Y LOS RIESGOS AMBIENTALES: EL CALENTAMIENTO GLOBAL ENTRE EL APOCALIPSIS Y EL MARKETING. Balzaretto E.	14
ESTRATEGIAS EN SALUD PÚBLICA, UNA SALUD Y EL CAMBIO CLIMATICO. Garza Ramos J.	16
MÉXICO UN PAÍS DE CONTRASTES. Gutiérrez Nájera R.	18
IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL SOBRE LOS GLACIARES Y EL PERMAFROST EN AMÉRICA DEL SUR, CON ÉNFASIS EN PATAGONIA, TIERRA DEL FUEGO Y LA PENÍNSULA ANTÁRTICA. Rabassa J.	19
ALGUNAS IMPLICANCIAS DEL CAMBIO CLIMATICO EN LA GLOBALIZACION. Bibiloni HM.	21
REFLEXIÓN DEL CONSEJO ARGENTINO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE.	22

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

<u>PROGRAMAS</u>	
PROGRAMA DE ACTIVIDADES DEL III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE.	25
PROGRAMA DE ACTIVIDADES DEL HABITAT GLOBAL ARGENTA 2011.	30
<u>CONFERENCIAS</u>	
WHY WE RESIST THE TRUTH ABOUT CLIMATE CHANGE. Clive Hamilton, Australia.	34
EL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS GLACIARES PATAGÓNICOS Y FUEGUINOS. Rabassa JO.	40
LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS Y LA ESPECIE HUMANA ¿UN CONFLICTO PERMANENTE? Serrat Congost D.	47
NOTES ON IMAGINARY AND ENVIRONMENTAL RISKS: GLOBAL WARNING BETWEEN THE APOCALYPSE AND MARKETING. MYTHS, NARRATIVE AND THE CONSTRUCTION OF IMAGINARIES: THE VALUE OF MEDIA COMMUNICATION DURING THE TIMES OF GLOBAL WARMING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Balzaretti E.	50
LA PEDAGOGÍA UNIVERSITARIA ANTE LOS DESAFÍOS QUE GENERAN LAS NUEVAS PROBLEMÁTICAS DEL CAMPO AMBIENTAL. EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO PROBLEMÁTICA PEDAGÓGICA. Candreva A.	58
CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN DE LAS AGUAS TERRESTRES EN LOS ESTADOS INSULARES DEL CARIBE: EL PROBLEMA DE LA INTRUSIÓN MARINA. Molerio León LF.	65
LA CULTURA AMBIENTAL EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN EN AMÉRICA LATINA Y SU SUSTENTABILIDAD. LA CULTURA AMBIENTAL EN AMÉRICA LATINA, ¿POR QUÉ? Y ¿PARA QUÉ? Rivas Gutiérrez J.	67
HABITAT GLOBAL ARGENTA Radman NE, Marsero C, Linzitto OR.	74
USO RACIONAL Y RESPONSABLE DE LOS AGROQUÍMICOS EN POS DE UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE. Herrera L.	76
IMPACTO SOCIAL. EL CASO BOTNIA Y EL IMPACTO SOCIAL. Leissa L.	77
DESCRIPCION DE LEGISLACION AMBIENTAL. Moreno Navarro F.	78
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>: DIFERENTES CARACTERÍSTICAS DE SENSIBILIDAD ANTIMICROBIANA E INCIDENCIA EN PATOLOGÍAS HOSPITALARIAS. Tunes M del L, Linzitto OR.	79

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

CARACTERIZACIÓN DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i> AISLADA DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS. Tunes M del L, Linzitto OR, Perez SS, Sorgentini M y Pacha A.	81
ANALISIS COMPARATIVO DE SENSIBILIDAD A LOS ANTIBACTERIANOS ENTRE CEPAS DE <i>Pseudomonas aeruginosa</i> AISLADAS DE INFECCIONES HUMANAS Y ANIMALES. Tunes M del L, Pacha A, Fonrouge RD, Linzitto OR.	82
LEPTOSPIROSIS HUMANA Y ANIMAL EN DIFERENTES ÁREAS AMBIENTALES. Linzitto OR, Passaro D, Radman N, Soncini A, Gatti C, Gatti EM de las M, Bautista LE, Del Curto B., Tunes M. del L, Anselmino FA, Brihuega B, La Malfa J, Giboin G, Stanchi NO.	84
<i>Protostrongylus</i> sp Y <i>Cystocaulus</i> sp. PRIMER HALLAZGO EN CABRAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. COMUNICACIÓN PREVIA. La Malfa J, Giboin G, Bertolini G, Radman N, Stanchi N, Linzitto OR.	86
AREA I - CAMBIO CLIMÁTICO Y POLÍTICAS PÚBLICAS	
CAMBIO CLIMÁTICO, SUSTENTABILIDAD Y SINERGIAS POLÍTICAS. Pagani A.	89
EL FUNCIONAMIENTO DE LAS DEPENDENCIAS GUBERNAMENTALES EN LA CUENCA DEL LAGO DE CUITZEO. Ortiz Paniagua CF, Aguilar Armedáriz L.	94
EL SISTEMA INTEGRADO DE ESPACIOS VERDES DE ENSENADA: LA OPORTUNIDAD DE UN PAISAJE URBANO SUSTENTABLE, DESDE EL BICENTENARIO HACIA EL SIGLO XXI. Lara R.	108
LA POLÍTICA FEDERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁMBITO DEL CONSEJO FEDERAL DE MEDIO AMBIENTE (COFEMA). Sayago F, Casanovas M.	122
MONITOREO GLOBAL DE LAS VARIACIONES DE LAS RESERVAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE DATOS SATELITALES. Guarracino L, Tocho C.	127
OBSERVATORIO DE CAMBIO CLIMÁTICO DE LA PROVINCIA DE SALTA. Colombo Speroni F, Sastre VA, Cardoso NA y López M del M.	131
PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA COMO INSTRUMENTO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE COMUNIDADES RURALES LATINOAMERICANAS. Regalado Nación JM.	138
PROGRAMAS AMBIENTALES INSTITUCIONALES (PAIs), CECADESU-ANUIES EN MÉXICO. Moreno García MA, Muñoz Escobedo JJ.	145
RECONOCIMIENTO DE POSIBLES SOLUCIONES LEGALES AL DETERIORO AMBIENTAL. Pérez Cubero ME.	146
¿SIMBOLISMO LEGAL EN LA NORMA SOBRE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA? CALENTAMIENTO GLOBAL COMO POSIBLE CONSECUENCIA DE LA NO EFECTIVIDAD DE LAS NORMAS JURÍDICAS. Ojeda Tórrez GF.	161

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

AREA II – CLIMA	
EFFECTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL SOBRE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL DEL AIRE, EN SUPERFICIE, EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Navarro M, Aguas L, Vilatte C, Confalone A.	168
EFFECTOS ANTROPOGÉNICO Y SOLAR EN LA AMPLITUD TÉRMICA OBSERVADA EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Gianibelli JC.	171
EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN LOS PARTIDOS DE LA PLATA, BERISSO Y ENSENADA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES: ASPECTOS PRELIMINARES. Kruse E, Sarandón R, Schnack E, Del Cogliano D, Ainchil J, Bagu D, Baldello G, Besteiro S, Carol E, Carretero S, Charó MP, Delgado MI, Deluchi M, D'Onofrio E, Fiore M, Fucks E, Gaspari FJ, Gaviño Novillo M, Gómez ME, Guerrero Borges V, Laurencena P, Mendoza L, Natale P, Nucetelli G, Perdomo R, Perdomo S, Pisano MF, Pousa J, Richter A, Rodríguez Capítulo, L, Rodríguez Vagaría A, Ruiz MS.	176
INUNDACIONES POR ANOMALÍAS CLIMÁTICAS EXTREMAS COMO CONSECUENCIA DEL EVENTO EL NIÑO 1997/1998 EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Makowiecki C, Aguilera E, Ocroglich J, Aguglino R.	183
LA VID (<i>Vitis vinífera</i> L. cv. Tannat) COMO INDICADORA DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EL CASO DE URUGUAY. Fourment M, Ferrer M, QuénoL H.	184
LOS MOLUSCOS DEL CUATERNARIO MARINO DE ARGENTINA COMO INDICADORES DE CAMBIOS CLIMÁTICOS A ESCALA ESPACIAL Y TEMPORAL. Aguirre ML, Donato D, Richiano SM, Farinati EA, Codignotto JO.	194
OCURRENCIA DE NEVADAS EN EL MUNICIPIO DE ZACATECAS. PERIODO: 1970-2011. Bluhm Gutiérrez J, Nuñez Peña EP, Valle Rodríguez S, Escalona Alcázar F de J.	195
AREA III - ECONOMÍA, PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA	
AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA SOBRE LOS BOSQUES NATIVOS EN LA PROVINCIA DE CHACO, SUS IMPLICANCIAS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO. Bigliani M, Bissio MA.	204
EL BALANCE SOCIO-AMBIENTAL COMO HERRAMIENTA DE INFORMACIÓN Y CONTROL SOCIAL FRENTE AL DETERIORO DEL AMBIENTE. Fernandez Lorenzo L, Carrara CN, Larramendy E.	208
EL FUTURO DE LA INTERACCIÓN ENTRE LOS AUTOMOTORES Y LOS SERES HUMANOS Y LA NATURALEZA. Sacco J.	220
ESTRATEGIAS PARA LA ADAPTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MANÍ AL CAMBIO CLIMÁTICO Y A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL SUR DE CÓRDOBA. Vinocur MG, Seiler RA.	233
GRUPOS FUNCIONALES DE HORMIGAS: EVALUACIÓN DE SU UTILIZACIÓN COMO INDICADORES DEL IMPACTO AMBIENTAL PRODUCTO DE LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. Verzero Villalba F, Sgarbi C, Culebra Mason S, Ricci M.	247
HUELLA DE CARBONO EN LAS EXPORTACIONES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. Rosa R, Galbusera S, Lusarreta P, Bonda L, Gonzalez A, Eirin M, Manis E, Scatturice D, López Otegui G.	259

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

INESTABILIDAD AMBIENTAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA GLOBAL. Costa MC, Minetti JL, Poblete AG.	272
INSTRUMENTAL DE TERRENO PARA LA VALIDACIÓN DE MODELOS LOCALES Y REGIONALES. Carmona F, Holzman M, Rivas R, Ocampo D, Schirmbeck J.	273
LA INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DEL ALGARROBO ACEITERO (<i>Pongamia pinnata</i>), ESPECIE PROMISORIA PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO. Falasca S, Ulberich A, del Fresno CM, Bernabé MA.	282
LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN INTELIGENTE Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE. Dias R, Scaramutti JC, Arrojo CD, Nastta HA.	290
MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA CON LTHIA DE LA RELACIÓN PRECIPITACIÓN – ESCURRIMIENTO EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAUCE GRANDE, BUENOS AIRES, ARGENTINA. Gaspari FJ, Rodríguez Vagaría AM, Senisterra GE, Delgado MI, Besteiro SM.	296
NECESIDAD DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA: IMPACTOS DE LA SEQUÍA EN LA AGRICULTURA DEL SUR DE CÓRDOBA (Policy Brief). Seiler RA, Wehbe MB.	303
PATRONES ESPACIALES DE TVDI Y SU RELACION CON LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA. Holzman ME, Rivas RE.	311
RESPUESTA DE UNA POBLACIÓN DE MALEZAS DE <i>Lolium perenne</i> L. AL USO CONTINUO DE DOSIS SUB-RECOMENDADAS DE GLIFOSATO. Yanniccari M, Istilart C, Giménez D, Acciaresi H, Castro AM.	315
RUTAS SINTÉTICAS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL PARA LA PREPARACIÓN DE CINAMATOS CON ACTIVIDAD ISECTISTÁTICA. Pérez ME, Abrahamovich D, Ruiz DM, Romanelli GP, Vázquez PG, Autino JC.	320
SÍNTESIS DE CATALIZADORES HETEROGÉNEOS. APLICACIÓN EN LA OXIDACIÓN SELECTIVA Y ECOCOMPATIBLE DE SULFUROS. Valeria P, Vázquez PG, Romanelli GP.	328
SÍNTESIS DE FOTOCATALIZADORES DE VANADATO DE PLATA ACTIVADOS POR LUZ SOLAR PARA USARSE EN LA DEGRADACIÓN DEL FENOL EN DIVERSAS CONFIGURACIONES DE REACTORES FOTOCATALÍTICOS. Hernández Mazatán MA, Serrano Rosales B, Cardoso J, Badillo Ávila MA, Rojas Torres MG.	334
TEORÍA CONTABLE Y CAMBIO CLIMÁTICO. Pahlen Acuña RJM, Geba NB, Bifaretti MC, Sebastián MP.	335



ÍNDICE
TOMO III

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

<u>TEMAS Y AUTORES</u>	<u>PÁGINA</u>
PRESENTACIÓN Y SEDES	2
ANTECEDENTES DEL CONGRESO	3
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA	4
AUTORIDADES DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE	5
INTEGRANTES DE COMITES DE HONOR, ORGANIZADOR Y CIENTIFICO, EDITOR, AUTORIDADES, SECRETARIA Y SEDES.	6
<u>AREA VII – SALUD</u>	
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD. ABORDAJE PRELIMINAR PARA LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Ballesteros I, Fontan S, Grebnicoff A.	590
AISLAMIENTO DE AMEBAS DE VIDA LIBRE EN MUESTRAS DE AGUA AMBIENTALES. Biglieri M, Magistrello P, Abete S, Fernández J, Kozubsky L, Costas ME, Cardozo M	593
ANÁLISIS DE DAÑO CROMOSÓMICO ESPONTÁNEO E INDUCIDO POR MUTÁGENOS QUÍMICOS EN LINFOCITOS DE SANGRE PERIFÉRICA DE PERSONAL AERONÁUTICO DE FLOTA INTERNACIONAL. Bolzán AD, Sánchez J, Bianchi MS, Giménez EM, Díaz Flaqué MC, Ciancio VR.	599
BIOTECNOLOGÍA: PROTEÓMICA Y NANOTECNOLOGÍA. Castagnino JM.	599
CAMBIO CLIMÁTICO Y ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTORES: CASO ESTUDIO LEISHMANIASIS. Salomón OD, Quintana MG, Fernández MS.	600
CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD EN LA CIUDAD: IMPACTO DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE. POSIBLES ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN DESDE EL ANÁLISIS DE RIESGO. Porta A.	600
CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD: ESTUDIO COMPARATIVO DE LA MORBILIDAD EN TRES ZONAS DE LA CIUDAD DE BAHÍA BLANCA. Spagnolo S, Abrego MP, Carignano CO, Esandi ME.	601
DENGUE Y OTROS ARBOVIRUS EN ARGENTINA: PANORAMA GENERAL Y EL CAMBIO GLOBAL. Morales MA.	610
DESDE LA BIOSEGURIDAD A LA POLÍTICA AMBIENTAL. Micucci HA.	610
DIAGNOSTICO SOBRE CONDICIONES SANITARIAS Y MANEJO MEDIO AMBIENTAL EN RASTROS MUNICIPALES DE ZACATECAS. Chávez Ruvalcaba MI, Moreno García MA, Muñoz Escobedo JJ, Chávez Ruvalcaba F.	611

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

ECOEPIDEMIOLOGÍA DE LEPTOSPIROSIS EN CASILDA, SANTA FE. Gattarello V, Correa D, François S, Gualtieri C, Arestegui MB.	611
EDUCACIÓN EN SALUD PÚBLICA, ENFERMEDADES ZONÓTICAS Y CAMBIO GLOBAL. Villamil Jiménez LC.	612
EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ENFERMEDADES DE HIPERSENSIBILIDAD. Moreno García MA, Muñoz Escobedo JJ.	614
EL CAMBIO CLIMÁTICO COMO PROBLEMA ANTRÓPICO. ¿QUÉ TIENE LA PSICOLOGÍA PARA DECIR AL RESPECTO? Mozobanczyk S, Geiger S, Leibovich N.	625
EL CAMBIO GLOBAL Y LOS ANIMALES DE EXPERIMENTACIÓN. Figueroa Barrios T.	634
EL SUELO COMO RESERVORIO DE PARÁSITOS DE HUMANOS Y ANIMALES. López MA, Osen BA, Gamboa MI, Burgos L, Archelli SR, Rearte R, Radman NE.	634
ENFERMEDADES INFECCIOSAS EMERGENTES Y REEMERGENTES Y EL CAMBIO GLOBAL. Linzitto OR.	635
EPISTEMOLOGÍA POLÍTICA DEL CAMBIO CLIMÁTICO. Gutierrez DE.	638
ESTUDIO DE LOS RESIDUOS INFECCIOSOS CONTAGIOSOS ORIGINADOS POR ALGUNAS ÁREAS DE INVESTIGACIÓN. Chávez Guajardo EG, Moreno García MA, Maldonado Tapia MZ, Muñoz Escobedo JJ, Maldonado Tapia CH.	639
FACTORES AMBIENTALES EN ENFERMEDADES AUTOINMUNES. LÓPEZ ROBLES EE.	643
FIEBRE AMARILLA Y EL CAMBIO GLOBAL: ¿EXISTE UNA VARIANTE ADICIONAL ADEMÁS DE LA SELVÁTICA Y URBANA? Arbo A.	652
HACIA LA PRODUCCIÓN SUSTENTABLE DE MOLÉCULAS CON POTENCIAL ACTIVIDAD BIOLÓGICA. SÍNTESIS DE PIRIDINAS CON SÓLIDOS RECICLABLES MEDIANTE TECNOLOGÍAS LIMPIAS. Sánchez LM, Sathicq AG, Romanelli GP, Baronetti GT, Thomas HJ.	653
HANTAVIROSIS EN PEDIATRÍA, ¿IMPACTO POR CAMBIO CLIMÁTICO? González Ayala SE, Agosti MR, Morales JCD, Bolpe J, Padula P.	658
HIDATIDOSIS, CISTICERCOSIS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. Santillán G, Cabrera M.	659
IMPACTO DEL CAMBIO CLIMATICO EN LA TRIADA SISTEMA INMUNE-ENDOCRINO Y NERVIOSO. Maldonado Tapia CH.	661
IMPREDECIBLE EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS AMEBAS PATÓGENAS DE VIDA LIBRE. Tonelli R, Carrizo L, Salomón MC.	671
INFLUENCIA DE LOS FACTORES METEOROLÓGICOS EN EL ESPECTRO AEROBIOLÓGICO DE UN ÁREA URBANA. Mallo AC, Nitui DS.	672

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

<p>INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO Y ENQUISTAMIENTO DE <i>Entamoeba histolytica</i> POR LIOFILIZADOS DE FACTORES DIFUSIBLES DE <i>Lactobacillus plantarum</i> Y <i>Bifidobacterium longum</i>. Barrón-González MP, Morales-Rubio M, Morales-Vallarta M.</p>	677
<p>INMUNOPATOLOGÍA DEL SISTEMA INMUNE. Reveles Hernández RG.</p>	685
<p>INTRODUCCIÓN A LAS PARASITOSIS AMBIENTALES Y EL CAMBIO GLOBAL. Radman NE.</p>	691
<p>INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL DE <i>Polychaeta aeolosomatidae aeolosoma</i> sp. COMO HOSPEDADORES INTERMEDIARIOS DE <i>Dioctophyma renale</i>. Burgos L, Armendáriz L, Archelli SM, Gamboa MI, Lasta G, Radman NE.</p>	692
<p>LEPTOSPIROSIS Y EL CAMBIO GLOBAL. Farace M.</p>	692
<p>LOS CANINOS COMO DISEMINADORES DE HELMINTOS PARÁSITOS DE HUMANOS. Gamboa MI, Burgos L, Archelli SM, López MA, Osen BA, Radman NE.</p>	693
<p>PANORAMA DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS EN EL NEA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. Gorodner JO.</p>	693
<p>PANORAMA DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS TROPICALES Y EL CAMBIO GLOBAL. Pérez Rodríguez AE.</p>	694
<p>PARÁSITOS INTESTINALES Y POBREZA: LA VULNERABILIDAD DE LOS MÁS CARENCIADOS EN LA ARGENTINA GLOBALIZADA. Gamboa MI, Zonta ML, Garraza M, Giambelluca L, Kierbel I, Cociancic I, Navone GT.</p>	695
<p>PARÁSITOS Y CAMBIO CLIMÁTICO. Costas ME.</p>	695
<p>PARÁSITOS Y PARASITOSIS DE IMPORTANCIA SANITARIA EN EL CAMBIO GLOBAL: AMENAZAS Y FORTALEZAS. Costamagna SR.</p>	696
<p>POTENCIAL DE INTERFERENCIA MICROBIANA DE PROBIÓTICOS SOBRE <i>Giardia lamblia</i>. Barrón-González MP, Ramírez-Cabriales V, Quiñones-Gutiérrez Y, Morales-Vallarta M.</p>	697
<p>PROPUESTA DE UN ÍNDICE DE EVALUACIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO. SU APLICACIÓN A LA PRODUCCIÓN OVINA. Forquera JC, Aisen EG, López Armengol MF.</p>	702
<p>SALUD AMBIENTAL: MEDICOS PARA LA VIDA. Pracilio H, Domancich N.</p>	706
<p>SALUD Y CAMBIO CLIMÁTICO. Moreno García MA, Muñoz Escobedo JJ.</p>	707
<p>TAMIZAJE QUÍMICO Y DETERMINAR LA ACTIVIDAD AMEBICIDA, ANTIOXIDANTE Y TÓXICA DE LOS EXTRACTOS METANÓLICOS DE <i>Jatropha dioica</i> Y <i>Eucalyptus camaldulensis</i>. Barrón-González MP, Corrujedo-Morales N, Garza-Padrón R, Morales-Rubio M, Neávez-Treviño F, Morales-Vallarta M, Rodríguez-Garza R.</p>	717

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

TOXOCARIASIS, EN NIÑOS DE 1 A 3 AÑOS PERTENECIENTES A DISTINTOS HÁBITATS. Archelli SM, Burgos L, Osen BA, Lopez MA, Radman NE.	728
TRIQUINOSIS: ¿OTRA ENFERMEDAD REEMERGENTE? Gorodner JO.	728
UNA VISIÓN EUROPEA SOBRE LA SALUD PÚBLICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. Orozco F.	729
VISIÓN Y ESTRATEGIAS SOBRE BIOSEGURIDAD Y EL CAMBIO GLOBAL. Latapie LB.	729
AREA VIII – URBANISMO Y SOSTENIBILIDAD	
APLICACIÓN DE UN PROYECTO PAISAJÍSTICO ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO Alcorta R, Hidde G.	732
CAMBIO CLIMÁTICO, AHORRO ENERGÉTICO EN EL ALUMBRADO PÚBLICO Y EQUIPARACIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS PÚBLICOS. Blanco ER.	743
DIMENSIÓN SOCIAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO. PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN ANTICIPATORIA VINCULADAS A LAS ÁREAS DE ENERGÍAS RENOVABLES, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y TRANSPORTE LIMPIO. Barberena M.	745
MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS DE TRANSPORTE TERRESTRE EN ARGENTINA. Frediani J, Aón L, Giacobbe N, Ravella O, Matti C.	746
MODIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES DEL DRENAJE URBANO Y RURAL DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO. Anido C.	764
RIESGOS AMBIENTALES DE LA CONURBACIÓN EN ÁREAS DE ALTA VULNERABILIDAD. EL CASO DEL ÁREA METROPOLITANA DE MENDOZA, ARGENTINA. Mesa A, Herrera MM, Porro N, Morillón D.	769
SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE FORESTACIÓN DEL 2005 AL 2010 EN EL CAMPUS UAZ SIGLO XXI. Chávez-Guajardo EG, Salas Rojas JA, Muñoz Escobedo JJ, Maldonado Tapia CH, Moreno García MA.	780
SÍNTESIS DE DISERTACIONES	
LOS PROCESOS DE GESTIÓN. HACIA UN DESARROLLO URBANO MÁS SUSTENTABLE. San Juan G.	788
EDIFICIOS SOLARES CONSTRUIDOS EN MENDOZA: TRANSFERENCIAS REALIZADAS. Basso M.	788
HÁBITAT RURAL Y SUSTENTABILIDAD. Piñeiro E.	789
EFICIENCIA ENERGÉTICA. VIVIENDAS SOCIALES. Lanzetti A.	789

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

MOVILIDAD Y ORGANIZACIÓN TERRITORIAL. UNA NUEVA CONCEPCIÓN EN EL CONTEXTO DE LOS EMERGENTES DEL CAMBIO CLIMÁTICO. Ravella O.	790
POLÍTICAS DE TRANSPORTE SUSTENTABLE EN ROSARIO. Monge M.	790
EL USO DEL AGUA EN EL MUNDO SUSTENTABLE. Mariñelarena A.	791
POLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO. EX EDIFICIO BODEGAS GIOL. Schargrodsky E, Hauser G.	791
LOS PROCESOS DE GESTIÓN: HACIA UN DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA UNLP. Fiandrino A.	792
SIMPOSIO SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS EN ZACATECAS, MÉXICO.	
RESIDUOS MINEROS EN VETA GRANDE Y FRESNILLO- ZACATECAS Maldonado Tapia CH. – UAZ – Zacatecas, México.	795
RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS EN LA COLONIA ESTRELLA DE ORO DE ZACATECAS, ZAC Y EN LA UAZ Moreno García A, Garay Valdez AJ, Guzmán Santos RM, Martínez Morales M del S, Muñoz Escobedo JJ. – UAZ – Zacatecas, México.	802
RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO INFECCIOSOS EN EL ÁREA DE CIENCIAS DE LA SALUD DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ZACATECAS. Muñoz Escobedo JJ, Pérez Cháirez JC, Moreno García MA. – UAZ – Zacatecas, México.	813
RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS Reveles Hernández RG. – UAZ – Zacatecas, México.	823
RESIDUOS SANITARIOS DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS EN EL MEDIO URBANO Chávez Ruvalcaba MI. – UAZ – Zacatecas, México.	831
APÉNDICE	
EL CAMBIO GLOBAL D'Antoni HL.	838
DECLARATORIA / CION DE LA PLATA	853



**III CONGRESO INTERNACIONAL
SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO Y
DESARROLLO SUSTENTABLE**

LA PLATA • ARGENTINA • 2011



FOTO: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

8 AL 11 DE AGOSTO DE 2011

ORGANIZADO POR LA UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LA PLATA Y LA COMISIÓN DE CAMBIO
CLIMÁTICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE