

Índice

Presentación	3
Desarrollo de una nueva técnica de base colorimétrica para una rápida evaluación de la biodegradabilidad de materiales poliméricos	4
Evaluación de los mecanismos de eliminación de Pb^{2+} en sistemas de fitorremediación en lotes operados con <i>Salvinia biloba raddi</i> (acordeón de agua)	10
Estudio a escala laboratorio y planta piloto, de la adsorción de NO y SO ₂ sobre CR ₂ O ₃ /AL ₂ O ₃ a altas temperaturas, provenientes de fuentes fijas	18
Monitoreo de condiciones de Higiene y Seguridad del ambiente en entornos industriales usando redes de sensores inalámbricos	30
Análisis de la eficiencia técnica de programas de desarrollo empresarial: Avance de investigación II	38
Estudio de los procesos de transferencia de masa, cantidad de movimiento y energía en el secado de granos de origen agrícola. Desarrollo de herramientas de cálculo aplicables al diseño de equipos y control de procesos	46
Marginalidad urbana y organizaciones de la sociedad civil en el barrio San Francisquito de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina	55
Construyendo la memoria del Barrio San Francisquito	61
Análisis desde la ingeniería ambiental sobre la problemática de recuperar plásticos desechados los cuales son incorporados a materiales ó elementos constructivos en una vivienda económica como respuesta socio-ambiental	68
Cuantificación de la captura de CO ₂ por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú	73

Presentación

Tengo el gusto de presentar una nueva edición de la Revista “Energeia” en la que se resumen los avances de los proyectos de investigación realizados en la órbita del Departamento de Investigación institucional, en su edición número 12.

“Energeia”, en su acepción original, hace referencia a aquello está actuando, que se mueve hacia un fin, pero desde sí mismo y no desde otro. Y por ello es un nombre adecuado para esta revista, que refleja los resultados del movimiento intelectual de tanto docentes e investigadores movidos desde sí mismos por la inquietud del saber. A todos ellos agradecemos su motivación y el ejemplo inspirador que provocan con su noble acción a toda la comunidad educativa.

En esta edición, comenzamos con trabajos en el área de química y medio ambiente. El primer informe da cuenta del desarrollo de una nueva técnica, de base colorimétrica, que permite una rápida evaluación de la biodegradabilidad de materiales poliméricos, un trabajo de gran importancia tanto desde el punto de vista científico como desde sus aplicaciones prácticas. Seguimos con un informe muy interesante sobre la evaluación de los mecanismos de eliminación de plomo en sistemas de específicos de fitorremediación, también de gran importancia teórica y práctica. En lo que hace al proyecto de catalizadores, el informe correspondiente da cuenta de los avances del estudio a escala laboratorio y planta piloto, de la adsorción de óxidos de nitrógeno y de azufre sobre catalizadores de cromo/aluminio.

Dentro del campo de la ingeniería industrial, presentamos los resultados del proyecto de monitoreo de condiciones de Higiene y Seguridad del ambiente en entornos industriales usando redes de nóveles sensores inalámbricos, así como los desarrollos en el campo del análisis de envoltentes de datos aplicados al análisis de la eficiencia técnica de programas de desarrollo empresarial. Dentro de esta área también se exhiben los resultados del proyecto referido al estudio de los procesos de transferencia de masa, cantidad de movimiento y energía en el secado de granos de origen agrícola.

Ingresando en los proyectos de compromiso social, en esta revista se encuentra el informe referido al estudio de la marginalidad urbana y organizaciones de la sociedad civil en el barrio San Francisquito de la ciudad de Rosario. Santa Fe, Argentina, proyecto que se imbrica con la construcción de la memoria del Barrio San Francisquito, del que se ofrecer un resumen también. En una labor interdisciplinaria, también se comentan los análisis realizados desde la ingeniería ambiental sobre la problemática de recuperar plásticos desechados los cuales son incorporados a materiales y a elementos constructivos en una vivienda económica como respuesta socio-ambiental.

Durante el año 2015 celebramos 20 años de educación ambiental superior en la Facultad de Química. En efecto, desde el año 1994 en el que se comenzó ofreciendo la Especialización de Posgrado en “Management Ambiental”, hemos participado formación de posgrado sin interrupciones significativas. La Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable, es la representante actual de esa tradición en educación ambiental superior. Su prestigio ha superado las fronteras nacionales y ha sido acreditada por el Ministerio de Educación del Perú, como un destino elegible para la formación ambiental de profesionales de ese país que hayan ganado los concursos de antecedentes y exámenes de calificación organizados por la PRONABEC, entidad que gerencia las becas a los profesionales peruanos. En el marco de ese posgrado, presentamos un resumen del trabajo de tesis dirigido por nuestros docentes, realizado en relación con el INTA Oliveros, sobre la cuantificación de la captura de dióxido de carbono por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú.

Sirva este ejemplar como referencia para estos trabajos de investigación y como invitación especial a los alumnos de las diferentes carreras a participar en este imprescindible pilar de la vida universitaria: la investigación.

Francisco Casiello, Ph. D.
Decano
Facultad de Química e Ingeniería del Rosario
Pontificia Universidad Católica Argentina

Desarrollo de una nueva técnica de base colorimétrica para una rápida evaluación de la biodegradabilidad de materiales poliméricos

M. L. Burdisso^{1,2}, L. M. Salvatierra^{3,4}, L. M. Pérez^{1,2,3}

Proyecto “Caracterización experimental y teórica de Biopolímeros y Polímeros de interés tecnológico”

¹ Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas, Universidad Nacional de Rosario (UNR), Suipacha 531 (2000) Rosario, Argentina

² Instituto de Química Rosario (IQUIR, UNR-CONICET), Suipacha 570 (2000) Rosario, Argentina

³ Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), Av. Pellegrini 3314 (2000) Rosario, Argentina

⁴ Instituto de Físicoquímica Teórica y Aplicada (INIFTA, UNLP-CONICET), Diag. 113 y 64, 1900, La Plata, Argentina

burdissoluli@gmail.com; lucas_salvatierra@uca.edu.ar; leonardoperez@uca.edu.ar

Resumen. La necesidad de reducir el impacto ambiental causado por el uso de plásticos sintéticos obtenidos a partir de fuentes no-renovables ha motivado el desarrollo de nuevos materiales con carácter biodegradable. Sin embargo, los protocolos internacionales comúnmente utilizados para evaluar la biodegradabilidad de un material son laboriosos y suelen demandar elevados tiempos de procesamiento. En este trabajo, se presentan resultados preliminares obtenidos durante la etapa de desarrollo y puesta a punto de un método rápido, sencillo y eficiente para evaluar el potencial biodegradable de un material plástico, formulado a base de proteínas del lactosuero, utilizando un ensayo colorimétrico indirecto basado en la reducción enzimática de sales de tetrazolio durante el metabolismo aeróbico bacteriano.

Palabras clave. biodegradación de polímeros, método de screening, sales de tetrazolio

Abstract. In the last decades, the need to reduce environmental impact caused by petroleum-based plastics has motivated the development of new bio-based materials with biodegradable properties. However, international standard methods frequently used to assess the biodegradability of plastics require a complicated experimental setup, are time-consuming, and demand months of laborious work. In this article, we show preliminary results of a new, rapid, simple, and efficient method to assess the biodegradability of polymer plastics by using a colorimetric assay based on the enzymatic reduction of tetrazolium salts by the bacterial aerobic metabolism.

Keywords. plastic biodegradability assessment, colorimetric screening method, tetrazolium salts

INTRODUCCIÓN

Una de las características más destacadas de los materiales plásticos es la gran facilidad y economía con la que pueden ser procesados a partir de materias primas convenientemente preparadas. Sin embargo, en su gran mayoría, estas materias primas son derivados de recursos no-renovables provenientes del petróleo. La necesidad de reducir el impacto ambiental causado por el uso de plásticos sintéticos ha motivado el desarrollo de nuevos materiales más sustentables y de carácter biodegradable (Bourtoom, 2008; Javanmard, 2009). Sin embargo, los protocolos internacionales comúnmente utilizados para evaluar la biodegradabilidad de un material son laboriosos y suelen demandar tiempos de procesamiento excesivos (ASTM D 5338, ASTM D 6400). Por lo tanto, es deseable desarrollar nuevas metodologías que permitan detectar rápidamente el potencial biodegradable de un material plástico con el fin de poder tomar decisiones sobre la pertinencia o no de avanzar con los estudios estandarizados.

Ha sido reportado que la reducción de sales de tetrazolio, como el TTC (cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio), durante el metabolismo bacteriano activo puede ser utilizado como una herramienta analítica para cuantificar la viabilidad celular mediante métodos colorimétricos (Berridge *et al.*, 2005). Este indicador redox es reducido por las deshidrogenasas

bacterianas a 1, 3, 5-trifenilformazán de color rojo durante el metabolismo aeróbico como resultado del transporte de electrones; por lo tanto, la cantidad de formazán generado es proporcional a la biomasa bacteriana. Estas técnicas se han utilizado eficientemente para estimar la viabilidad celular y la proliferación de células en suspensión y de comunidades bacterianas en *biofilms* (Hatzinger *et al.*, 2003; Cerca *et al.*, 2005; Peeters *et al.*, 2008; Pérez *et al.*, 2010), sin embargo, en nuestro conocimiento, su aplicación para el estudio de la capacidad biodegradable de matrices poliméricas aún no ha sido indagado.

En el presente trabajo, se presentan resultados preliminares obtenidos durante la evaluación de la biodegradabilidad de un material bioplástico desarrollado a base de proteínas del lactosuero empleando un método colorimétrico desarrollado por los autores basado en la reducción bacteriana del TTC.

METODOLOGÍA

Materiales

El concentrado de proteínas del lactosuero (WPC 80%) empleado para la elaboración de las matrices bioplásticas fue gentilmente cedido por la empresa Arla Food Ingredients S.A. (Buenos Aires, Argentina). El indicador redox, cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio (TTC), fue provisto por Merck (Darmstadt, Alemania). Todos los demás reactivos utilizados en este estudio fueron de grado analítico.

Microorganismos

Para llevar adelante los estudios de biodegradación se emplearon las cepas *Escherichia coli* DH5 α , *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, y *Pseudomonas aeruginosa* PAO-1. Estos microorganismos fueron cedidos por el Área Bacteriología Clínica de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas (Universidad Nacional de Rosario, Argentina). Todas las cepas se conservaron a -70 °C en caldo Tripteína Soya (TSB, pH 7,2) conteniendo glicerol (Cicarelli, Santa Fe, Argentina) al 10% (v/v) como agente crio-protector, y fueron sub-cultivadas durante 16-18 h en caldo TSB (pH 7,2) a 37 °C en un *shaker* con agitación, previamente a su uso.

Preparación de láminas bioplásticas

El material bioplástico a ensayar se preparó a partir de WPC 80% como componente mayoritario y glicerol (Gli) como plastificante siguiendo una modificación de la técnica descrita por Soazo *et al.* (2013). Se disolvieron en 100 mL de agua destilada 10 g de WPC y 5 g de Gli (proporción WPC/Gli 2:1, concentración final de sólidos totales 15% p/v). Luego de agitar la suspensión durante 15 min, se calentó a 90 °C durante 30 min en un baño termostatizado (TSD-40, Tecno Dalvo, Buenos Aires, Argentina). A continuación, la suspensión se homogeneizó a 20.000 rpm durante 5 min empleando un equipo Omni GLH (Omni International Inc., Warrenton, Estados Unidos). Posteriormente, se colocó en un baño de hielo para detener la desnaturalización proteica y se enfrió hasta temperatura ambiente. Finalmente, se sonicó durante 1 h con el objetivo de promover su desgasificación. El pH final de la suspensión filmogénica resultante fue de 6,4-6,5.

Para la obtención de las láminas (*films*), se pesaron 10 g de suspensión en placas de Petri plásticas de 90 mm de diámetro. Las placas se secaron sobre una superficie nivelada en una cámara ambiental (SCT-Pharma S.A., Buenos Aires, Argentina) bajo condiciones controladas de temperatura (25 °C) y humedad relativa (58%). Se efectuó un examen visual periódico de las mismas, y las películas fueron despegadas cuando se observaron signos indicativos de la finalización del proceso de secado. Una vez despegadas de su soporte sólido, se estabilizaron durante 24 h en iguales condiciones a las de secado (25 °C, 58% humedad relativa).

Ensayo de biodegradación

La degradación microbiana del material bioplástico se estudió durante 20 días a 25 °C (agitación 150 rpm). En cada reactor se adicionaron 10 mL de solución salina, 0.5 mg/mL de TTC (cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio) y 105 \pm 5 mg de muestra del material bioplástico (como única fuente de carbono). Posteriormente, cada reactor se inoculó con 100 μ L de una suspensión bacteriana crecida con agitación durante 16-18 h en caldo TSB (pH 7,2) a 37 °C (concentración de inóculo aprox. 2,5 x 10⁷ UFC/mL). Como control positivo del ensayo se utilizó Glucosa al 10% v/v. El TTC es un compuesto incoloro que al entrar en contacto con los microorganismos metabólicamente activos es reducido por las enzimas deshidrogenasas a 1, 3, 5-trifenilformazán de color rojo, cuya absorbancia máxima se encuentra a 476 nm (Berridge *et al.*, 2005). Para determinar la acumulación intracelular del colorante, se tomó 1 mL de muestra de cada reactor a diferentes tiempos de incubación (24 h, 5, 10, 15 ó 20 días).

Las muestras se centrifugaron a 3000g durante 5 min para decantar los microorganismos viables. Luego de eliminar el sobrenadante, se procedió a efectuar la lisis de las células bacterianas con 1 mL de etanol (grado farmacéutico), seguido de un etapa de sonicación durante 10 min. Finalmente, se realizó una segunda centrifugación (5 min., 5000g) con el

objetivo de decantar los restos celulares, y se midió la absorbancia del sobrenadante a 476 nm empleando un espectrofotómetro Jasco V-530 (Jasco International, Japón). De esta manera, la cuantificación colorimétrica del grado de acumulación intracelular del colorante es proporcional a la cantidad de crecimiento bacteriano, el cual dependerá de la capacidad de los microorganismos para metabolizar el bioplástico. Como control negativo del ensayo se muestrearon reactores sin la adición de fuentes de carbono o con la adición de un plástico no-biodegradable (Parafilm®). Los resultados se informan como el promedio de al menos dos determinaciones.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra una fotografía representativa del material bioplástico obtenido y utilizado en el presente estudio formulado a base de proteínas del lactosuero y glicerol. Como puede apreciarse, estas láminas presentan una coloración ligeramente amarillenta debido a la presencia de lactosa, grasas y fosfolípidos en la composición del WPC (Lorenzen y Schrader, 2006; Ramos *et al.*, 2013). Es de esperar que este material sea biodegradable debido a la elevada concentración en nutrientes de su formulación.



Figura 1. Láminas bioplásticas obtenidas a partir de concentrado de proteínas del lactosuero (WPC) y glicerol.

En la Figura 2 se observa un control negativo (sin adición de fuente de carbono) y un control positivo (con adición de Glucosa 1%) obtenidos durante las etapas preliminares de desarrollo y puesta a punto de la metodología propuesta en este estudio para evaluar la viabilidad celular empleando el indicador redox TTC. Como puede apreciarse, la coloración rojiza característica del formazán sólo se evidencia cuando en el medio de reacción se adiciona alguna fuente de nutrientes que pueda ser metabolizada por los microorganismos permitiendo su desarrollo aeróbico.



Figura 2. Control negativo (izquierda) y control positivo (derecha) típicos obtenidos en ensayos de determinación de viabilidad celular empleando TTC. Nótese a la derecha la coloración rojiza característica del formazán generada por reducción enzimática del TTC cuando las bacterias crecen en un medio conteniendo Glucosa como fuente de carbono.

En las Figuras 3-6 se muestran diferentes resultados obtenidos durante la evaluación del potencial biodegradable de materiales plásticos enfrentados a distintos microorganismos utilizando el ensayo colorimétrico basado en la reducción de TTC.

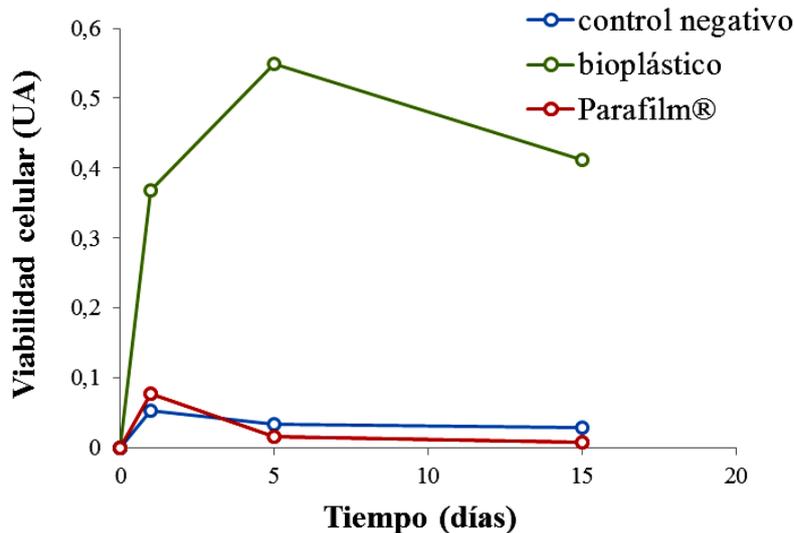


Figura 3. Ensayo de biodegradabilidad de plásticos utilizando la cepa *E. coli* DH5α.

En la Figura 3 se puede evidenciar el claro aumento de la biomasa bacteriana en presencia del bioplástico formulado a base de proteínas del lactosuero. Contrariamente, la adición de un plástico no-biodegradable, como el Parafilm®, imposibilita el crecimiento celular ya que es incapaz de ser utilizado como fuente de nutrientes por las bacterias aeróbicas presentes en el medio de reacción. Como consecuencia, las deshidrogenasas bacterianas se encuentran inactivas reprimiendo la conversión del TTC a formazán.

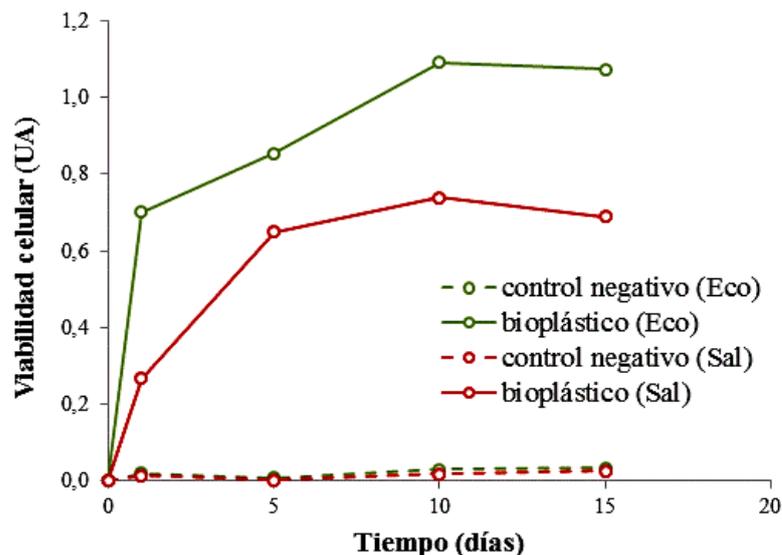


Figura 4. Ensayo de biodegradabilidad de láminas de WPC/Gli utilizando las cepas *E. coli* ATCC25922 (Eco) y *S. typhimurium* ATCC 14028 (Sal).

Es notable destacar que con esta metodología, es posible acceder a un resultado sobre el potencial biodegradable de un material plástico en las primeras 24 h de ensayo. La Figura 4 muestra los resultados obtenidos en estudios similares empleando dos enterobacterias. Nuevamente, la biodegradabilidad de la matriz plástica se manifiesta con el grado de acumulación intracelular del colorante, el cuál es proporcional al incremento de la biomasa bacteriana. Además, es interesante notar que tanto *E. coli* como *S. typhimurium* presentaron un comportamiento similar al utilizar láminas de WPC/Gli como sustrato.

Contrariamente, *S. aureus* presentó un período de latencia, luego del cual se hizo evidente su desarrollo, tanto en presencia de Glucosa como del bioplástico. En este caso, la asimilación de Glucosa como fuente de carbono mostró ser más eficiente (Figura 5) permitiendo un mayor desarrollo de las bacterias en solución.

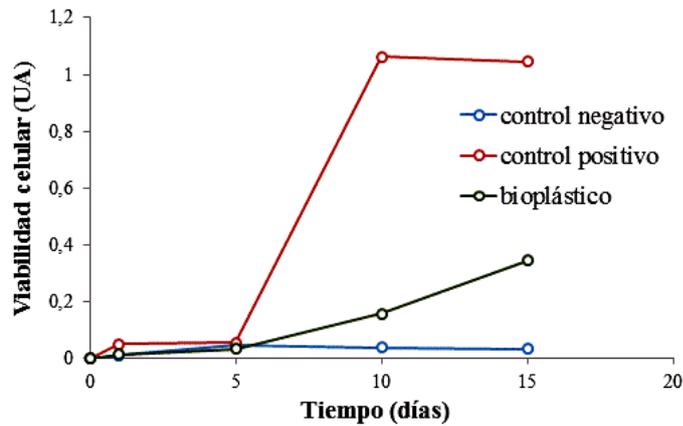


Figura 5. Ensayo de biodegradabilidad de láminas de WPC/Gli utilizando la cepa *S. aureus* ATCC25923.

Los resultados anteriores indican la importancia en la selección de los microorganismos indicadores de biodegradación, ya que cada bacteria posee distintas preferencias nutricionales y puede presentar diferencias metabólicas significativas. Por lo tanto, es interesante la evaluación del microorganismo con el fin de encontrar aquel más adecuado para evidenciar el potencial carácter biodegradable de un material o, a la inversa, utilizar esta metodología para realizar un *screening* en la búsqueda de microorganismos que puedan ser eficientes para degradar un material plástico en particular. Por ejemplo, los resultados mostrados en la Figura 6 sugieren que *Pseudomonas aeruginosa* podría ser una bacteria muy eficiente para llevar adelante procesos degradativos de materiales plásticos constituidos a base de polímeros naturales. Los valores de absorbancia relativa alcanzados al emplear *films* de WPC/Gli como fuente de nutrientes superan en un orden de magnitud a los obtenidos para los otros microorganismos ensayados, en iguales condiciones, e incluso con los propios valores de viabilidad alcanzados al utilizar Glucosa como fuente de carbono (control positivo).

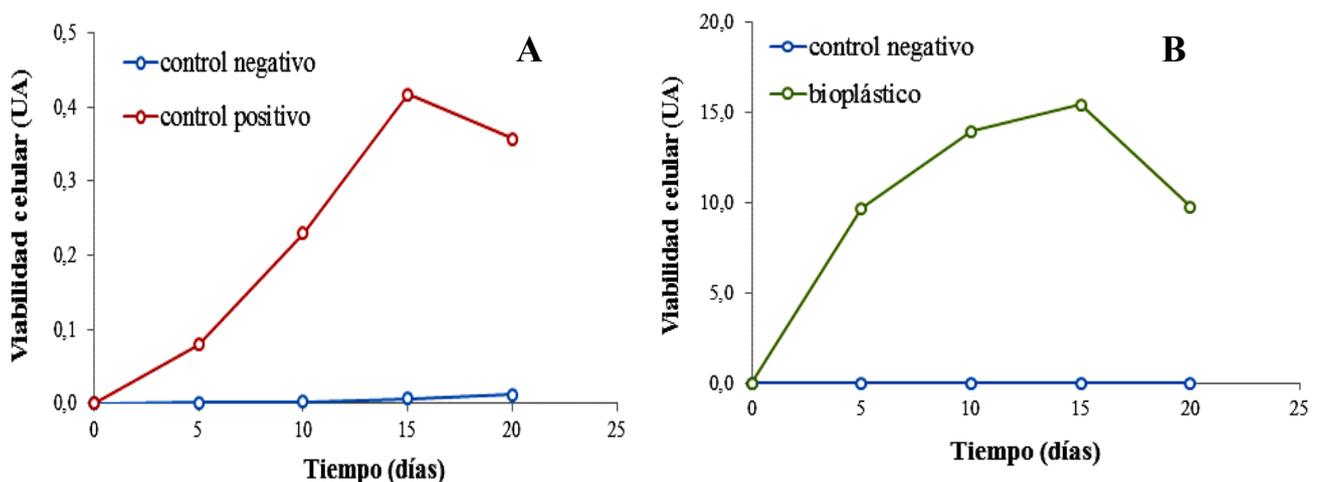


Figura 6. Ensayo de biodegradabilidad de láminas de WPC/Gli utilizando la cepa *P. aeruginosa* PAO-1. Se muestra el desarrollo de *P. aeruginosa* medido como la cantidad de formazán generado (en unidades de absorbancia) creciendo en presencia de A) Glucosa 1% (control positivo) ó B) bioplástico formulado a base de proteínas del lactosuero. Nótese en B) que los valores de viabilidad celular alcanzados superan en un orden de magnitud a los obtenidos en A).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se verificó la factibilidad y pertinencia de la aplicación de una nueva metodología de *screening* basada en la reducción de sales de tetrazolio para evaluar el potencial biodegradable de materiales plásticos. Empleando un polímero formulado a base de proteínas del lactosuero y glicerol contrastado contra un plástico sintético tradicional no-biodegradable se pudo determinar el carácter biodegradable del primero y la incapacidad del segundo para ser utilizado como fuente de nutrientes por diferentes microorganismos. En la mayoría de los ensayos, los resultados obtenidos en tan sólo 24 h pusieron en evidencia el carácter biodegradable o no de estos materiales, alentando la aplicación de este nuevo método para realizar una evaluación preliminar a los estudios normalizados de

biodegradabilidad actuales, más exigentes y laboriosos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la empresa Arla Food Ingredients S.A. (Buenos Aires, Argentina) por su donación de concentrado de proteínas del lactosuero y al Área Bacteriología Clínica de la Facultad de Ciencias Bioquímicas y Farmacéuticas (Universidad Nacional de Rosario, Argentina) por facilitar los microorganismos utilizados en los ensayos de biodegradación. También queremos expresar nuestro agradecimiento a la Secretaría de Estado de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Provincia de Santa Fe (SECTeI), al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), a la Universidad Nacional de Rosario (UNR) y a la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA, sede Rosario) por los fondos suministrados para la realización del presente trabajo.

REFERENCIAS

- ASTM D 5338 (1998). Standard test method for determining aerobic biodegradation of plastic materials under controlled composting conditions. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- ASTM D 6400 (1999). Standard specification for compostable plastics. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.
- Berridge, M.V.; Herst, P.M.; Tan, A.S. (2005). Tetrazolium dyes as tools in cell biology: new insights into their cellular reduction. *Biotechnol Annu Rev.*, 11, 127-152.
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: characteristics and properties. *Int. Food Res. J.*, 15, 237-248.
- Cerca, N.; Martins, S.; Cerca, F.; Jefferson, K.K.; Pier, G.B.; Oliveira, R.; Azeredo, J. (2005). Comparative assessment of antibiotic susceptibility of coagulase-negative staphylococci in biofilm versus planktonic culture as assessed by bacterial enumeration or rapid XTT colorimetry. *J. Antimicrob. Chemother.*, 56, 331-336.
- Hatzinger, P.B.; Palmer, P.; Smith, R.L.; Peñarrieta, C.T.; Yoshinari, T. (2003). Applicability of tetrazolium salts for the measurement of respiratory activity and viability of groundwater bacteria. *J. Microbiol. Methods*, 52, 47-58.
- Javanmard, M. (2009). Biodegradable whey protein edible films as a new biomaterials for food and drug packaging. *Iranian J. Pharm. Sci.*, 5, 129-134.
- Lorenzen, P.C.; Schrader, K. (2006). A comparative study of the gelation properties of whey protein concentrate and whey protein isolate. *Le Lait*, 86, 259-271.
- Peeters, E.; Nelis, H.J.; Coenye, T. (2008). Comparison of multiple methods for quantification of microbial biofilms grown in microtiter plates. *J. Microbiol. Methods*, 72, 157-165.
- Pérez, L.M.; Álvarez, B.L.; Codony, F.; Fittipaldi, M.; Adrados, B.; Peñuela, G.; Morató, J. (2010). A new microtiter plate screening method for evaluating the viability of aerobic respiring bacteria in high surface biofilms. *Lett. Appl. Microbiol.*; 51, 331-337.
- Ramos, O.L.; Reinas, I.; Silva, S.I.; Fernandes, J.C.; Cerqueira, M.A.; Pereira, R.N.; Vicente, A.A.; Poças, M.F.; Pintado, M.E.; Malcata, F.X. (2013). Effect of whey protein purity and glycerol content upon physical properties of edible films manufactured therefrom. *Food Hydrocol.*, 30, 110-122.
- Soazo, M.; Pérez, L.M.; Rubiolo, A.C.; Verdini, R.A. (2013). Effect of freezing on physical properties of whey protein emulsion films. *Food Hydrocol.*, 31, 256-263.

Evaluación de los mecanismos de eliminación de Pb^{2+} en sistemas de fitorremediación en lotes operados con *Salvinia biloba raddi* (acordeón de agua)

W. Tello Zevallos¹, L. M. Salvatierra^{1,2}, L. M. Pérez^{1,3}

Proyecto “Estudio de las propiedades de la vegetación nativa aplicables a la biorremediación”

¹ Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), Av. Pellegrini 3314 (2000) Rosario, Argentina

² Instituto de Físicoquímica Teórica y Aplicada (INIFTA, UNLP-CONICET), Diag. 113 y 64, 1900, La Plata, Argentina

³ Instituto de Química Rosario (IQUIR, UNR-CONICET), Suipacha 570 (2000) Rosario, Argentina

lucas_salvatierra@uca.edu.ar; leonardoperez@uca.edu.ar

Resumen. La fitorremediación es una tecnología sostenible y ambientalmente pertinente que ha resultado útil como método alternativo a las tecnologías convencionales para el tratamiento de aguas residuales e industriales. Los sistemas basados en la utilización de plantas acuáticas han demostrado ser altamente eficientes para eliminar metales pesados. Numerosos estudios han sugerido que la adsorción superficial y la acumulación intracelular son los principales mecanismos involucrados en la eliminación de metales pesados por distintas especies de *Salvinia*. Sin embargo, estos estudios no se han ampliado a *Salvinia biloba Raddi*, una especie que crece en forma muy abundante en las costas santafesinas. Si bien ha sido demostrado que ciertas especies de este helecho acuático tienen el potencial para hiperacumular Pb^{2+} , es necesario generar más conocimiento para entender los mecanismos básicos participantes en la biorremediación de este metal. El presente trabajo pretende contribuir al entendimiento de estos fenómenos en *Salvinia biloba Raddi*, y podrían ser útiles para ser aplicados a la optimización de fitotecnologías orientadas al tratamiento de efluentes contaminados con metales pesados.

Palabras clave: fitorremediación de aguas contaminadas; metales pesados; *Salvinia biloba Raddi*; plomo.

Abstract. Phytoremediation is an environmentally sound technology that has been shown to be very efficient for wastewater remediation. Treatment systems using aquatic plants have proved to be efficient to remove several contaminants including metals. Previous research has suggested that superficial adsorption and intracellular accumulation are the main mechanisms involved in heavy metals removal from polluted waters in *Salvinia* species. However, no studies have been done on the phytoremediation potential of *Salvinia biloba Raddi*, a prolific aquatic plant frequently encountered in many Argentinian coasts. Although, other *Salvinia* species showed to be lead (Pb^{2+}) hyperaccumulator more information is required to understand the basic mechanisms involved in heavy metal bioremediation in other plants of this type. This work is a contribution to understand some factors and mechanisms involved in Pb^{2+} removal by *Salvinia biloba Raddi*, which will be very useful for the optimization of phytotechnologies using hyperaccumulating plants.

Keywords: polluted water phytoremediation; heavy metals; *Salvinia biloba Raddi*; lead.

INTRODUCCIÓN

Los metales son contaminantes ubicuos que han acompañado al hombre desde la antigüedad. Estos elementos están sujetos, de forma natural, a diferentes ciclos biogeoquímicos que determinan su presencia y concentración en los suelos, aguas subterráneas y superficiales, en el aire y en los seres vivos. La actividad industrial, producto de la intervención humana, es capaz de modificar sustancialmente la concentración y la distribución de los metales en el medio ambiente (Peng *et al.*, 2008). Algunos de estos compuestos han sido categorizados como contaminantes prioritarios por la

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). Entre ellos, el plomo (Pb), el mercurio (Hg), el arsénico (As) y el cadmio (Cd) están clasificados como los elementos de mayor riesgo en la lista de la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades de los Estados Unidos (ATSDR) (Rai, 2008). Si bien, ciertos metales son fundamentales para algunos procesos metabólicos en diferentes organismos, cuando se hayan en exceso pueden ser altamente citotóxicos, cancerígenos y mutagénicos (Prasad *et al.*, 2003).

El Pb^{2+} es uno de los metales pesados más abundantes y más ampliamente distribuidos en el medio ambiente. Las principales fuentes de dispersión de Pb^{2+} han sido las fundiciones, su antigua presencia como aditivo en pinturas, gasolina para automóviles, baterías ácidas, plaguicidas, fertilizantes, y a causa de la actividad minera. Más recientemente, las preocupaciones concernientes a su control han estado vinculadas a su persistencia como residuo en el polvo urbano de las ciudades, a fugas e impacto a nivel de cursos de ríos y aguas subterráneas producto de las lluvias y de la escorrentía agrícola, y a su incorporación en la cadena trófica a través de cultivos contaminados con Pb^{2+} (Marmiroli *et al.*, 2005).

Actualmente, la gestión integrada de los recursos hídricos, así como la restauración de áreas ambientalmente degradadas, han impulsado la demanda por el desarrollo de nuevas tecnologías orientadas a la remoción de contaminantes y a la minimización del impacto ambiental causado por diferentes residuos y compuestos tóxicos liberados en los efluentes industriales. La fitorremediación es una tecnología sostenible y ambientalmente pertinente que ha resultado muy útil como método alternativo a las tecnologías tradicionales para el tratamiento de aguas contaminadas. En particular, los sistemas basados en la utilización de plantas acuáticas del género *Salvinia* han demostrado ser altamente eficientes para eliminar metales en diferentes muestras de aguas (Dhir, 2009). Sin embargo, no se han reportado estudios sobre la capacidad hiperacumuladora de metales pesados en *Salvinia biloba* Raddi, una especie que se encuentra presente de manera muy abundante en los humedales de las costas santafesinas.

Por lo tanto, el presente estudio pretende evaluar la capacidad de *Salvinia biloba* Raddi para eliminar Pb^{2+} en muestras de aguas contaminadas artificialmente, ahondando en los mecanismos subyacentes involucrados en el proceso de fitorremediación de metales pesados característico de esta especie vegetal.

METODOLOGÍA

Recolección de plantas acuáticas y caracterización de la especie vegetal

Las plantas acuáticas utilizadas en el presente estudio fueron recolectadas en la zona del Río Paraná Medio (litoral santafesino), siendo identificadas inicialmente como pertenecientes al género *Salvinia* de acuerdo a su aspecto y características morfológicas. Las especies seleccionadas fueron trasladadas al laboratorio conservándose a temperatura ambiente en un recipiente conteniendo agua de los humedales del cual fueron extraídas. La clasificación final en especie se realizó mediante estudios taxonómicos llevados a cabo en el Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE-CONICET, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina). Los ejemplares remitidos al IBONE fueron examinados con las claves dicotómicas publicadas por De la Sota (1962; 1976a,b; 1977; 1982) resultando su clasificación como pertenecientes a la especie *Salvinia biloba* Raddi (Fig. 1). Estos especímenes fueron depositados en el herbario Carmen Cristóbal del IBONE para ser utilizados como ejemplares testigos para futuras investigaciones.



Figura 1. *Salvinia biloba* Raddi (acordeón de agua). Las plantas fueron recolectadas en las costas del Río Paraná lindantes a la Ciudad de Rosario.

Cultivo de plantas acuáticas

Los especímenes de *Salvinia biloba* Raddi fueron lavados con agua potable para eliminar todo tipo de residuo contaminante que pudiera interferir con el estudio (Torres y col., 2007). Posteriormente, se cultivaron en recipientes de vidrio manteniéndose en un espacio adecuado a temperatura ambiente con ciclos de luz/oscuridad de 16/8 horas. Periódicamente, se realizó el recambio del agua de los recipientes de cultivo evaluándose el estado de las plantas. En caso de presentar signos visibles de tejido dañado o deteriorado se procedió al descarte del ejemplar (Sánchez, 2008).

Evaluación de la capacidad fitorremediadora

Con el objetivo de evaluar la capacidad de *Salvinia biloba* Raddi para eliminar Pb^{2+} en una muestra de agua sintética se establecieron diferentes unidades experimentales empleando recipientes de vidrio de 1,5 L de capacidad a los cuales se les adicionó 20,0 g de biomasa vegetal húmeda. A partir de una solución patrón de $Pb(NO_3)_2$ 1000 mg/L (ppm) se realizaron diluciones adecuadas para obtener una concentración final de Pb^{2+} en cada recipiente correspondiente a 5, 10, ó 20 ppm. Para cada concentración se instalaron 7 unidades experimentales de manera de establecer un sistema de trabajo en lotes. Adicionalmente, se incluyeron dos tipos de controles. El primero consistió en evaluar la posible adsorción del metal a la superficie del recipiente. Para ello, se dispuso una unidad experimental sin biomasa conteniendo el metal a la concentración inicial del tratamiento. El segundo control se utilizó para descartar la presencia de Pb^{2+} en las plantas para lo cual se reservó un recipiente conteniendo sólo biomasa sin la presencia del metal en el medio. En todos los ensayos, y para todos los grupos experimentales, la temperatura de trabajo se mantuvo constante ($23 \pm 2^\circ C$).

El estudio de los mecanismos involucrados en la fitorremediación de Pb^{2+} por *Salvinia biloba* Raddi se realizó mediante un análisis de compartimentalización de acuerdo al trabajo de Olguín y col. (2005). Estos autores definen tres sitios donde el metal puede ser encontrado: 1) en la columna de agua, 2) en la biomasa vegetal adsorbido a su superficie y, 3) en la biomasa vegetal acumulado intracelularmente. Para cuantificar el contenido de metal en la columna de agua se tomaron muestras a tiempo 0, 1/2, 2, 4, 6, 12 y 24 h. Las muestras de agua se analizaron por espectroscopia de absorción atómica utilizando un equipo Varian AA240FS (Varian Inc., Palo Alto, CA, USA) según el procedimiento descrito en las normas APHA (1998). La cuantificación del contenido de Pb^{2+} en la biomasa vegetal se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por Olguín y col. (2005) con leves modificaciones. Brevemente, a cada tiempo de exposición se retiró la biomasa vegetal de su recipiente y se la enjuagó con agua desionizada. Posteriormente, se realizó un lavado con 400 mL de una solución de EDTA 0,0017 M durante 1 h con agitación orbital a 180 rpm con el objetivo de secuestrar por complejación el Pb^{2+} adsorbido superficialmente a las raíces de las plantas. A continuación, las muestras de biomasa se lavaron con 400 mL de agua desionizada, con agitación suave, para eliminar el exceso de EDTA. Finalmente, el contenido de metal se cuantificó en ambas aguas de lavado por espectroscopia de absorción atómica.

La cuantificación de la cantidad de Pb^{2+} acumulado intracelularmente se realizó sobre una porción de materia vegetal previamente secada en una estufa de cultivo a $80^\circ C$ hasta peso constante. Para ello, 0,1 g de biomasa seca se dejó reposar durante 12 h con 10 mL de ácido nítrico concentrado (grado reactivo). Posteriormente, la muestra se colocó en un bloque de digestión a una temperatura de $120^\circ C$ durante 2 h hasta la desaparición de vapores pardos. Finalmente, el contenido de Pb^{2+} intracelular en las muestras digeridas se analizó espectrofotométricamente de manera análoga a la descrita anteriormente. Adicionalmente, se determinó el porcentaje de humedad de cada muestra de biomasa a través de la determinación gravimétrica de la pérdida de agua por calentamiento hasta peso constante. Este dato se utilizó para corregir la concentración de Pb^{2+} intracelular.

Análisis estadísticos

Para el análisis estadístico se utilizó el programa Sigma-Stat® (Versión 3.1, Systat Software Inc., USA). Se utilizó el análisis de la variancia (ANOVA) para la comparación entre distintos factores. Cuando los efectos fueron significativos ($p < 0,05$) se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (con un intervalo de confianza del 95%).

RESULTADOS

En la Figura 2 se muestran las curvas de eliminación de Pb^{2+} en la columna de agua obtenidas en ensayos independientes para las tres concentraciones del metal analizadas (5, 10 y 20 ppm). Como puede evidenciarse, existe una correlación positiva entre la cantidad de metal removido de la columna de agua respecto del tiempo de exposición a la biomasa vegetal; es decir, a medida que se incrementa el tiempo de exposición, aumenta la cantidad de metal eliminado. Notablemente, más del 90% del contaminante es removido a las 24 h de ensayo, en todas las concentraciones analizadas (Fig. 3). Resultados similares, empleando concentraciones análogas a las utilizadas en el presente estudio, habían sido reportados previamente para otras especies del *Salvinia* (Olguín *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2008; Dhir, 2009) demostrando su capacidad para hiperacumular Pb^{2+} . Nuestros resultados sustentan estas observaciones, ampliando el espectro de especies nativas de *Salvinia* con potencial para ser empleadas en el desarrollo de fitotecnologías orientadas a la remoción de metales pesados.

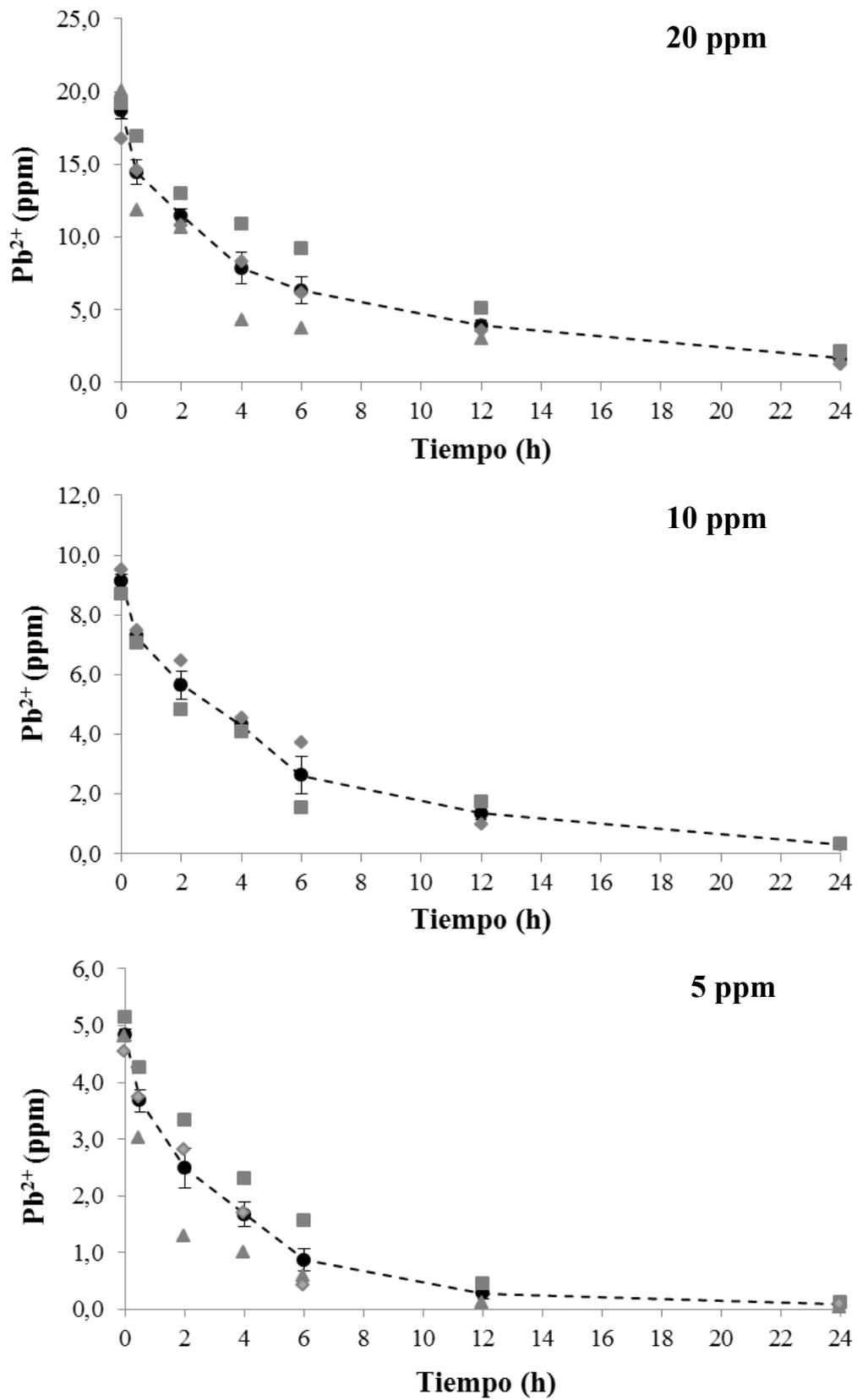


Figura 2. Fitorremediación de aguas contaminadas con Pb^{2+} empleando sistemas en lotes operados con *Salvinia biloba* Radii. Los puntos grises corresponden a los valores obtenidos en ensayos independientes. Los puntos negros corresponden al promedio \pm error estándar para cada tiempo.

La Figura 3, muestra el porcentaje (%) de remoción de Pb^{2+} en función del tiempo de exposición a *Salvinia biloba* Radii. Como puede observarse, para una concentración inicial de Pb^{2+} en agua de 5 ppm, el 50% de remoción se logra en las primeras 2 h; mientras que para concentraciones superiores (10 y 20 ppm) se requiere aproximadamente del doble de tiempo (*i.e.*, 4 hs) para lograr el mismo porcentaje de remoción. Algo similar ocurre para alcanzar una remoción del 80%; para una concentración inicial de Pb^{2+} en agua de 5 ppm se necesitan 6 hs mientras que este tiempo se duplica cuando la concentración inicial del metal es de 10 ppm. Estas observaciones ponen en evidencia la existencia de una correlación negativa entre la concentración inicial del metal en el agua y el tiempo de exposición requerido para su eliminación, siendo este fenómeno más notorio en las primeras horas del ensayo.

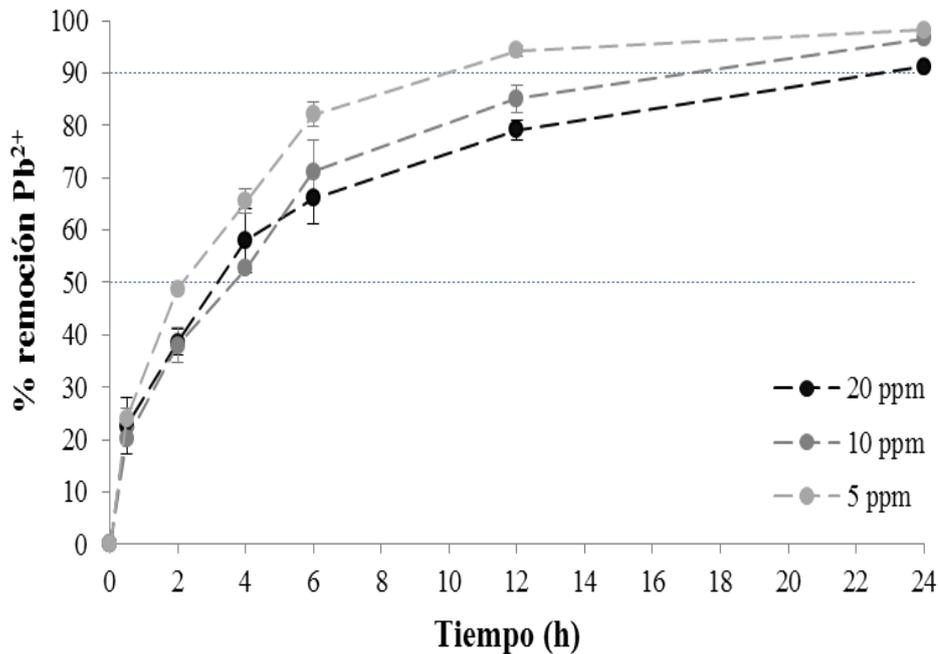


Figura 3. Porcentaje (%) de remoción de Pb^{2+} en agua sintética contaminada artificialmente empleando sistemas en lotes operados con *Salvinia biloba* Radii. Los valores representados corresponden al promedio de tres determinaciones \pm error estándar.

Si bien, al final del período de evaluación (24 h) los porcentajes de remoción alcanzados fueron muy satisfactorios para todas las concentraciones iniciales ensayadas, el porcentaje de remoción logrado con 20 ppm de Pb^{2+} ($91,2 \pm 1,9\%$) fue significativamente menor ($p < 0,05$) que el alcanzado con 5 ($98,2 \pm 0,8\%$) y 10 ppm ($96,6 \pm 0,5\%$). Es interesante notar que en trabajos similares utilizando otras plantas acuáticas flotantes como las lemnáceas y bajo condiciones experimentales análogas, se han encontrado menores porcentajes de eliminación de Pb^{2+} . Por ejemplo, Hurd y Sternberg (2008) reportaron una eliminación cercana al 86% en un periodo de 24 h en un sistema por lotes utilizando *Lemna minor* a una concentración inicial de Pb^{2+} de 5 mg/l. En este trabajo, se obtuvo una eliminación 12% mayor ($98,2 \pm 0,8\%$) del metal en la columna de agua para una concentración inicial similar.

Una vez evaluada la eliminación de Pb^{2+} en la columna de agua, se procedió a determinar la distribución del metal en la planta a través de un análisis de compartimentalización. Para ello, se definieron 3 destinos o compartimentos probables para encontrar el metal durante el proceso de fitorremediación: 1) Pb^{2+} remanente en la columna de agua, 2) Pb^{2+} adsorbido a la superficie de la biomasa vegetal, 3) Pb^{2+} acumulado intracelularmente.

Los resultados de la figura 4 muestran la distribución del metal en los diferentes compartimentos a medida que avanza el proceso de remediación. Como puede observarse, la sumatoria de las concentraciones de Pb^{2+} halladas en los diferentes destinos permiten recuperar el 100% de metal adicionado al comienzo del ensayo. Por lo tanto, estos resultados sugieren que los dos mecanismos principales involucrados en la remoción de Pb^{2+} por *Salvinia biloba* Radii son la adsorción superficial y la acumulación intracelular, en analogía con lo reportado previamente para otras especies de *Salvinia* (Olguín et al., 2005).

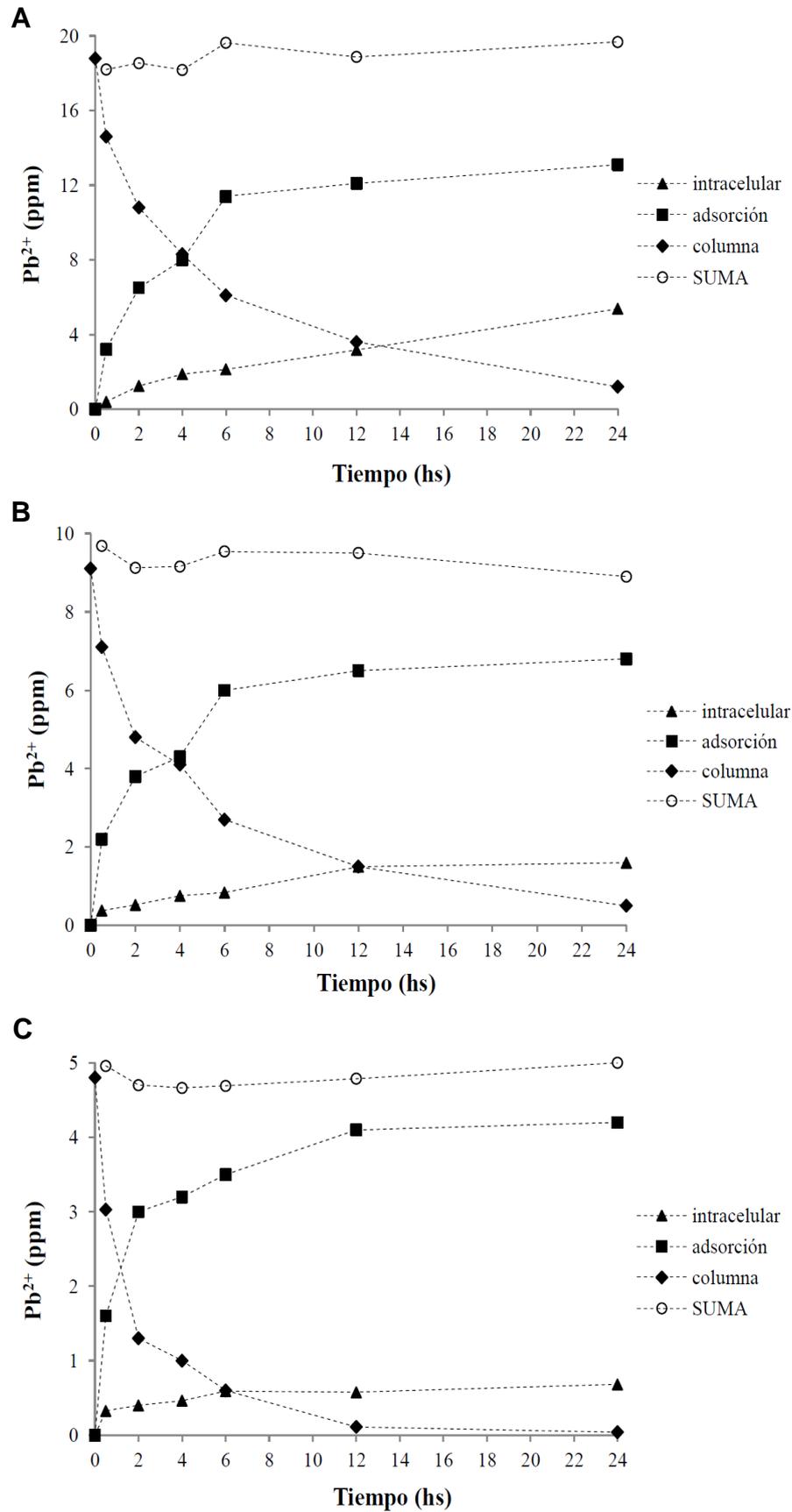


Figura 4. Estudios de compartimentalización en *Salvinia biloba* Radii. Las curvas muestran la distribución de Pb^{2+} en los tres compartimentos definidos (columna de agua, adsorción superficial o espacio intracelular) para las distintas concentraciones iniciales del metal ensayadas: A) 20 ppm; B) 10 ppm y C) 5 ppm.

Los resultados obtenidos a las 24 h mostraron claramente que la mayor cantidad de Pb^{2+} eliminado de la columna de agua se encontró adsorbido a la superficie de la biomasa en todas las concentraciones evaluadas y a todos los tiempos de exposición. Por el contrario, una menor proporción del metal se acumuló en el interior celular (Fig. 5).

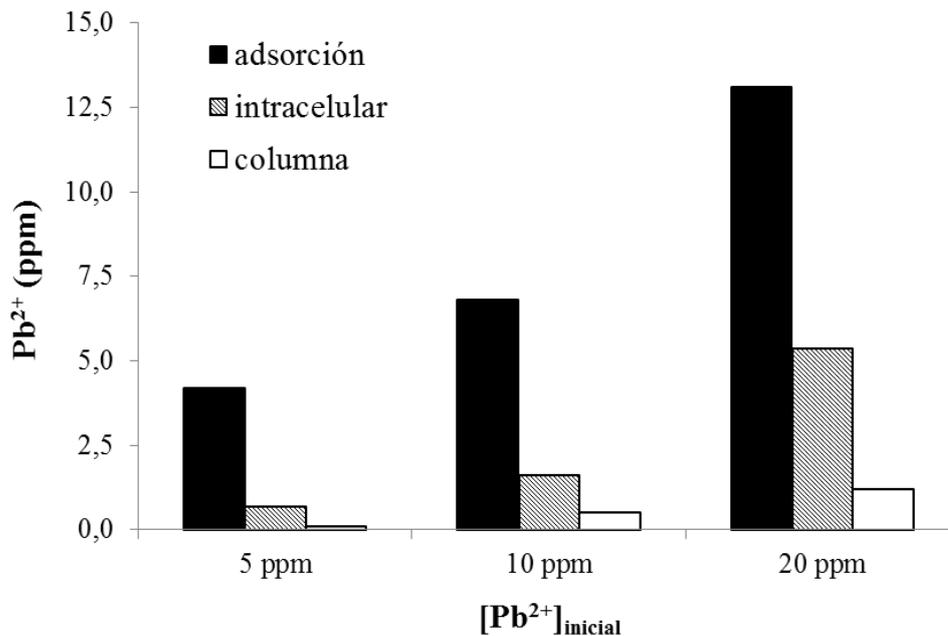


Figura 5. Distribución del contenido de Pb^{2+} en los tres compartimentos definidos al tiempo final del ensayo (24 h) para las distintas concentraciones iniciales del metal ensayadas.

El modo de captación del metal en los procesos de fitorremediación con plantas acuáticas varía dependiendo de la especie vegetal y del metal. La biorremediación de metales pesados en *Salvinia*, y su compartimentación, dependen principalmente de la presencia de ciertos nutrientes y agentes quelantes, hecho que corresponde a diferentes condiciones ambientales (Olguín et al., 2005). La eliminación de metales en *Salvinia* se produce a través de un mecanismo físico y otro biológico. El primer mecanismo es la adsorción superficial, el cual es un proceso físico, rápido, reversible, e implica fenómenos de adherencia, intercambio iónico y complejación. El segundo mecanismo es un proceso biológico de captación intracelular del metal por medio de un transporte activo a través de la membrana plasmática de las células y es comparativamente más lento (Suñe et al., 2007).

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se evaluó, por primera vez, la eficiencia de eliminación de Pb^{2+} en un modelo de sistema de fitorremediación en lotes utilizando *Salvinia biloba* Raddi. Esta especie mostró ser muy eficiente para remover el metal de la columna de agua aún a la concentración más elevada de 20 ppm, mostrando en tan sólo 24 h un porcentaje de remoción de Pb^{2+} de entre $91,2 \pm 1,9\%$ a $98,2 \pm 0,8\%$. A partir de los resultados de los estudios de compartimentalización efectuados en *Salvinia biloba* Raddi se pudo demostrar que los principales mecanismos involucrados en este proceso son la adsorción superficial y la acumulación intracelular del metal. Estos resultados contribuyen al entendimiento de los fenómenos de biorremediación utilizando diferentes especies de *Salvinia*, y podrían ser útiles en el desarrollo y optimización de fitotecnologías orientadas al tratamiento de efluentes contaminados con metales pesados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer especialmente a la Facultad de Química e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica Argentina, campus Rosario, por los fondos suministrados para la realización del presente trabajo; y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). W. T. Z desea agradecer personalmente al Ministerio de Educación de la República de Perú, a través de su Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (Pronabec).

REFERENCIAS

- APHA. American Public Health Association (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed.
- De la Sota, E.R. (1962). Contribución al conocimiento de las Salviniaceae neotropicales. *Darwiniana*, 12(3): 465-520.
- De la Sota, E.R. (1976a). Sinopsis de las especies argentinas del género *Salvinia* Adanson (Salviniaceae-Pteridophyta). *Bol. Soc. Arg. Bot.*, 17(1-2): 47-50.
- De la Sota, E.R. (1976b). Sinopsis de las Pteridófitas del Noroeste de Argentina III. *Darwiniana*, 20(1-2): 225-232.
- De la Sota, E.R. (1977). Índice sistemático y bibliográfico de los taxa vivientes del género *Salvinia* Adanson (Salviniaceae-Pteridophyta). *Obra Centenario, Museo de La Plata. III. Bor.*: 229-235.
- De la Sota, E.R. (1982). Sobre *Salvinia radula* Baker (Salviniaceae-Pteridophyta). *Biotica*, 7(3): 457-462.
- Dhir, B. (2009). *Salvinia*: an aquatic fern with potential use in phytoremediation. *Environ. We Int. J. Sci. Tech.*, 4: 23-27.
- Hurd, N.A., Sternberg, S.P.K. (2008). Bioremoval of aqueous lead using *Lemna minor*. *Int. J. Phytorem.*, 10(4): 278-288.
- Marmioli, M., Antonioli, G., Maestri, E., Marmioli, N. (2005). Evidence of the involvement of plant lignocellulosic structure in the sequestration of Pb: an X-ray spectroscopy-based analysis. *Environ. Poll.*, 134: 217-227.
- Olguín, E.J., Sánchez, G., Pérez, T., Pérez, A. (2005). Surface adsorption, intracellular accumulation and compartmentalization of Pb (II) in batch-operated lagoons with *Salvinia minima* as affected by environmental conditions, EDTA and nutrients. *J. Ind. Microbiol. Biotech.*, 32(11-12): 577-586.
- Peng, K., Luo, C., Lou, L., Li, X., Shen, Z. (2008). Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaiianus* Miq. and their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment. *Sci. Total Environ.*, 392: 22-29.
- Prasad, M.N.V. (2003). Phytoremediation of metal-polluted ecosystems: hype for commercialization. *Russ. J. Plant Physiol.*, 50(5): 686-700.
- Rai, P.K. (2008). Heavy metal pollution in aquatic ecosystems and its phytoremediation using wetland plants: an ecosustainable approach. *Int. J. Phytoremediat.*, 10: 133-160.
- Sánchez, G., Monroy, O., Gómez, J., Olguín, E.J. (2008). Assessment of the hyperaccumulating lead capacity of *Salvinia minima* using bioadsorption and intracellular accumulation factors. *Water Air Soil Poll.*, 194(1-4): 77-90.
- Suñe, N., Sánchez, G., Caffaratti, S., Maine, M.A. (2007). Cadmium and chromium removal kinetics from solution by two aquatic macrophytes. *Environ. Poll.*, 145: 467-473.
- Torres, G., Navarro, A.E., Languasco, J., Campos, K., Cuizano, N.A. (2007). Estudio preliminar de la fitorremediación de cobre divalente mediante *Pistia stratiotes* (lechuga de agua). *Rev. Lat. Rec. Nat.*, 3(1): 13-20.

Estudio a escala laboratorio y planta piloto, de la adsorción de NO y SO₂ sobre Cr₂O₃/Al₂O₃ a altas temperaturas, provenientes de fuentes fijas

Director: **Dr. Ignacio Daniel Coria**

Investigadores: **Lic. Oscar Carattoli, Ing. Sabrina Hernández Guiance, Mg. Diana Hamann.**

Becarios: **Agustín Caro, Emanuel Ayala, Micaela Avedaño, Francisco Meyle, Guillermo Soldano, Julián Botti, Lara Cantarini, Lucía Céspedes, María José Heredia, Mariano Cruz Properzi, Melisa Castellarín, Micaela Tortul, Rodrigo Gómez Insausti, Vanina Bitteti, Yair F. Malik.**

Proyecto “Estudio de la factibilidad de aplicación a escala planta piloto, del catalizador Cr₂O₃ soportado en alúmina en la reducción de emisiones de NO y SO₂” Duración del Proyecto: 2015-2017.

Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon”, Pontificia Universidad Católica Argentina,
Av. Pellegrini 3314, 2000 Rosario.

Resumen. *Se planificaron las experiencias con el objeto de analizar el comportamiento del catalizador en la columna metálica de mayor diámetro. Se modificaron las masas usadas para verificar la eficiencia de retención respecto de la masa. Se realizaron ciclos de adsorción, desorción y readsorción sobre una misma muestra para determinar variaciones en la eficiencia del catalizador. En otra fase, en colaboración con el Dr. V. A. Ranea y el Prof. E. E. Mola (INIFTA, UNLP), se desarrolló el estudio teórico de la adsorción de moléculas de SO₂, CH₄, CO₂, O₂ y CO sobre Cr₂O₃(0001) mediante Teoría del Funcional Densidad (programa VASP, Vienna Ab-initio Simulation Package), y el estudio de la cinética de la reacción entre CH₄, SO₂ y el O₂ junto con la presencia de especies sulfito y sulfato. Este estudio permitió hallar los sitios preferenciales de adsorción de S^o y la posible competencia con SO₂ experimentalmente y por cálculos teóricos. Dentro del marco de la presente línea de investigación, la Ing. Sabrina Hernández Guiance continúa realizando experiencias en el marco del proyecto conjunto con el INIFTA, las cuales forman parte del desarrollo de su tesis doctoral. Experimentalmente, se observa que la eficiencia de adsorción del catalizador respecto al SO₂ es cercana al 100%. Se observa un pico de termodesorción a 1120 K. Luego, se estudió la oxidación de CH₄ con SO₂. Se observa que hay producción de CO₂ desde temperatura inicial, seguida de un aumento significativo en la formación de CO₂ hasta 330-340 K. Luego, la producción de CO₂ se mantiene aproximadamente constante. Mediante el empleo de la ecuación de Arrhenius y resultados experimentales, se obtuvo la energía de activación de la reacción global, de 7 Kcal/mol. Mediante estudios teóricos, se determinó que la energía de quimisorción del SO₂ sobre el Cr₂O₃ es de -3.09 eV para la configuración más estable, una energía de adsorción de O₂ en estado disociativo de -1.567 eV, una energía para CH₄ sobre O₂ adsorbido previamente de -0.335 eV, y -0.812 eV para la configuración más estable de CO₂ sobre el sustrato.*

Palabras clave: *Catálisis heterogénea, SO_x, NO_x, teoría del funcional densidad, método de ondas planas, energía de activación.*

Abstract. *Experiments were planned in order to analyze the catalyst behavior in the metal column reactor. The sample masses were varied to verify the retention efficiency with respect to the mass. Cycles of adsorption, desorption and readsorption were carried out on a same sample to determine variations in the catalyst efficiency. In another stage, in collaboration with Dr. V. A. Ranea and Prof. E. E. Mola (INIFTA, UNLP), the theoretical study of the adsorption of molecules of SO₂, CH₄, CO₂, O₂ and CO on Cr₂O₃ (0001) was developed applying Density Functional Theory (VASP program, Vienna Ab-initio Simulation Package); also was studied the kinetics for the reaction between CH₄, SO₂ and O₂ in the presence of sulfite and sulfate species. This study allowed the identification of preferential adsorption sites of S⁰ and the possible competition with SO₂, both experimentally and by theoretical calculations. Within this line of research, Ing. Sabrina Hernandez Guiance is continuing to carry out experiments in the framework of the joint project with INIFTA, which forms part of the development of her doctoral thesis. It was experimentally observed that the efficiency of SO₂ adsorption by the catalyst is close to 100%. A thermal desorption peak is observed at 1120 K. The oxidation of CH₄ with SO₂ was also studied. CO₂ production is measured already from the initial temperature, followed by a significant increase in the formation of CO₂ up to 330-340 K. Then, the CO₂ production is approximately constant. By using the Arrhenius equation and experimental results, the activation energy for the*

overall reaction of 7 Kcal / mol was obtained. By theoretical studies, it was determined that the energy of chemisorption of SO₂ on the Cr₂O₃ is -3.09 eV for the most stable configuration; an adsorption energy of O₂ in dissociative state of -1.567 eV; an energy for CH₄, over previously adsorbed O₂, of -0.335 eV; and an energy of -0.812 eV for CO₂ in its most stable configuration on the substrate.

Keywords: heterogeneous catalysis, SO_x, NO_x, density functional theory, plane wave method, activation energy.

1. INTRODUCCIÓN

La emisión de dióxido de azufre y de óxidos de nitrógeno por chimeneas industriales constituye una de las principales problemáticas ambientales, con las consecuencias ya conocidas de problemas para la salud de la población y con efectos nocivos como la lluvia ácida. El proyecto consiste en desarrollar un proceso catalítico de reducción de SO₂, CH₄ y NO que reúna las siguientes características: Eficiente, económico y que no genere subproductos. En las chimeneas industriales, la reducción del SO₂ ocurre por reacción con CH₄, a la vez que este último es oxidado a CO₂ por el O₂. Por este motivo ambos se emplean como reactivos. Esta conversión es de gran importancia a nivel ambiental debido a que cada molécula de CH₄ contamina como si se emitieran 21 moléculas de CO₂ a la atmósfera. Por lo tanto, al emitir CO₂ en su lugar, se provoca un efecto contaminante 21 veces menor. En la primera etapa, se caracterizaron óxidos de metales de transición (Co, Ni, Fe, V, Mn, Cr y Mo) soportados en alúmina, con el objeto de hallar las condiciones aptas para lograr la mayor eficiencia en cada uno, mediante la adsorción del SO₂. El Cr₂O₃/Al₂O₃ resultó ser el mejor adsorbente de SO₂ entre los estudiados, el cual oxida, mediante este compuesto y en presencia de O₂, el gas CH₄ para obtener CO₂. Su uso se justifica además por su resistencia térmica, mecánica y su posibilidad de regeneración. En la segunda etapa se apuntó al estudio de las propiedades ácido-base y redox en una misma superficie. En la tercera se estudió la influencia del O₂, y sus modificaciones en la reacción entre SO₂ y CH₄. Y en la cuarta y actual etapa, se estudia la eficiencia de adsorción del NO (monóxido de Nitrógeno) y del NO₂ sobre el catalizador en estudio y la influencia de estos gases en la cinética de reacción y adsorción de los gases nombrados anteriormente.

2. OBJETIVOS

En esta última etapa, los objetivos son los siguientes:

- Estudiar cambios en la reacción al pasar de escala laboratorio a planta piloto utilizando una columna metálica de mayor diámetro.
- Desarrollar el estudio teórico de la adsorción de SO₂, CH₄, CO₂, O₂ y CO sobre Cr₂O₃(0001) mediante cálculos basados en la Teoría del Funcional Densidad (programa VASP, *Vienna Ab-initio Simulation Package*)
- Verificar, a través de los datos experimentales y teóricos y en colaboración con el Dr. V. A. Ranea y el Prof. E. E. Mola (INIFTA, UNLP), la presencia de especies sulfito, sulfato y carbonato sobre la superficie del soporte.
- Estudiar la reducción del SO₂ y del NO con CH₄ y O₂ en función de la temperatura para determinar la constante de velocidad de la reacción.
- Determinar variaciones en la eficiencia del catalizador mediante ciclos de adsorción y desorción, en presencia de oxígeno y de aire.

3. MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS

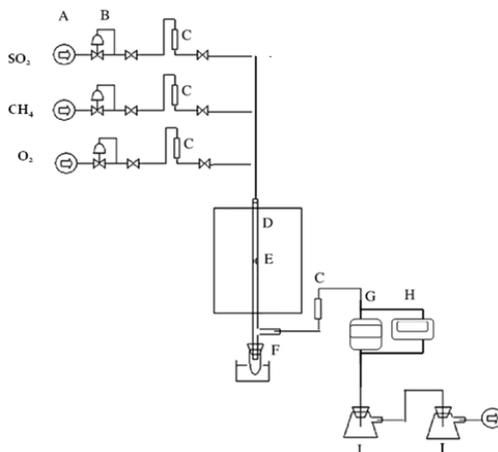
3.1. Fase experimental

3.1.1. Actividades y metodología:

El dispositivo experimental empleado se esquematiza y describe a continuación:

- Suministro de gases: Dentro del equipo de experimentación de hicieron circular los gases reactivos SO₂ CH₄ y/u O₂, cada uno en una concentración de 10ppm en N₂.
- Sitio de reacción: Para la experimentación se utilizó un reactor de lecho fijo, compuesto por cuarzo y de forma tubular, de 0,6 cm de diámetro y 100 cm de largo y con dos muescas internas para soportar el relleno. El horno es regulable hasta 1473 K mediante un termopar de hierro constantán. Allí se ubica el catalizador.

A – Suministro de reactivos (10ppm gas /N₂)
 B – Válvulas de seguridad
 C - Rotámetro
 D - Horno eléctrico vertical
 E - Soporte para sustrato
 F – Trampa de azufre
 G - Medidor de SO₂ SafeLog 100
 H – Medidor de CO₂.
 I - Erlenmeyer con agua destilada e indicador de pH
 J -Erlenmeyer con Na(OH)



- Zona de medición de concentración de SO₂ y CO₂: Por último se tiene la tercera zona que es la más externa y de descarga conectada en paralelo a tres registradores de gases, de SO₂, CH₄ y de CO₂.

3.2.2. Preparación de muestras:

Los óxidos se prepararon en el laboratorio por el método de impregnación a partir del nitrato de Cromo: Cr(NO₃)₃·9H₂O, marca FLUKA. El soporte empleado es gamma alúmina, la cual fue secada a 378 K durante 10 hs y luego calcinada a 873 K. Luego, las muestras de óxido de Cromo se caracterizaron mediante las siguientes técnicas: Espectroscopía electrónica de Rayos X (XPS), Desorción a Temperatura programada (TPD), Espectroscopía Infrarroja, Microscopía electrónica de barrido (SEM), y Desorción a Temperatura programada (TPD).

Paso siguiente, fueron sometidas a ciclos de temperatura bajo atmósfera inerte para estudiar su estabilidad térmica y la posible variación de los sitios activos con la temperatura. Luego se realizaron espectros de desorción programada del SO₂ con el propósito de determinar energías de activación de cada una de las reacciones estudiadas. Se experimentó con diferentes masas de catalizador y caudales de gases reactivos. Además, se estudió la influencia del oxígeno, y la regeneración del catalizador.

3.2. Fase teórica

La información experimental se combinó con cálculos teóricos, basados en DFT (Density Functional Theory), con el propósito de determinar los sitios preferenciales de adsorción del SO₂. Para los sistemas adsorbato-sustrato, se empleó una supercelda hexagonal cuyas constantes de redes son: $a = b = 4,954$ y $c = 20$ Å. El modelo empleado para el sustrato se conforma de una capa de cinco subcapas (Cr-O₃-Cr) de espesor separadas por una zona de vacío para evitar las interacciones entre las mismas. La superficie empleada es 1x1. Al sustrato se le permitió relajar las nueve capas atómicas externas del junto con los átomos de cada adsorbato. Se llevó a cabo la optimización de cada una de las moléculas de adsorbato en estado gaseoso (celda cúbica de 10 Å de lado). Se calcularon las geometrías óptimas y las frecuencias vibracionales. Los resultados fueron comparados con la bibliografía de referencia.

4. DISEÑO Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS

Las experiencias que se están desarrollando actualmente consisten en un ciclo de experiencias catalíticas para cada una de las muestras:

1. Proceso de adsorción: se suministran los gases sobre la muestra en el lecho de reacción a temperatura programada, dependiente del tipo de experiencia.
2. Desorción: Se desorben los gases presentes sobre la superficie catalítica a medida que se eleva la temperatura en la zona del sitio de reacción.
3. Proceso de adsorción 2: Se repite el primero, con la finalidad de verificar si se mantiene la eficiencia de adsorción inicial.

4.1. Condiciones de las experiencias de adsorción:

- Masas de catalizador: 0,200 g para cada muestra en el primer grupo de experiencias, y 0,100 g para el segundo grupo.
- Posible limpieza previa de la superficie con N_2
- Caudales gaseosos de NO, SO_2 , CH_4 y O_2 : en proporciones variables
- Caudal total máximo= 300 ml/min
- Temperatura de trabajo= 298 – 1072 °K
- Tiempo máximo= 8 hs
- Medición = concentración de emisión de NO, NO_2 , SO_2 y CO_2

4.2. Condiciones de las experiencias de desorción:

- Masas de catalizador: se emplea la misma muestra que para la adsorción anterior
- Caudales gaseosos = N_2
- Caudal total máximo= 300 ml/min
- Temperatura de trabajo= 298 – 1072 K
- Tiempo máximo= 4 hs
- Medición = concentración de emisión de NO, NO_2 , SO_2 y CO_2 .

Este tipo de experiencias consiste en una Desorción a Temperatura programada (TPD).

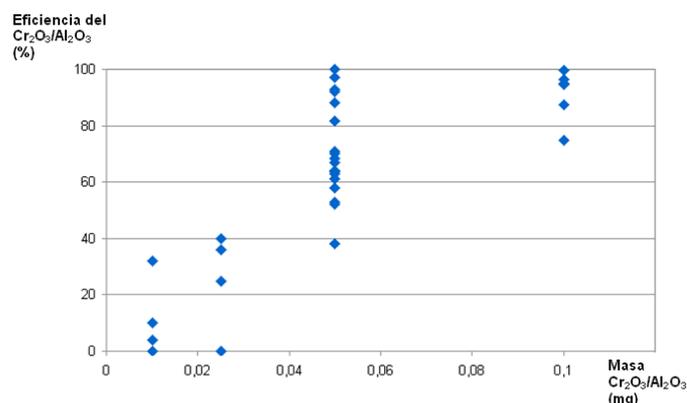
5. PROCESAMIENTO DE DATOS

Se recopilan y procesan los datos obtenidos de las experiencias y de las caracterizaciones. Los datos fueron transferidos a planillas de cálculo con el fin de obtener para cada experiencia, los siguientes parámetros:

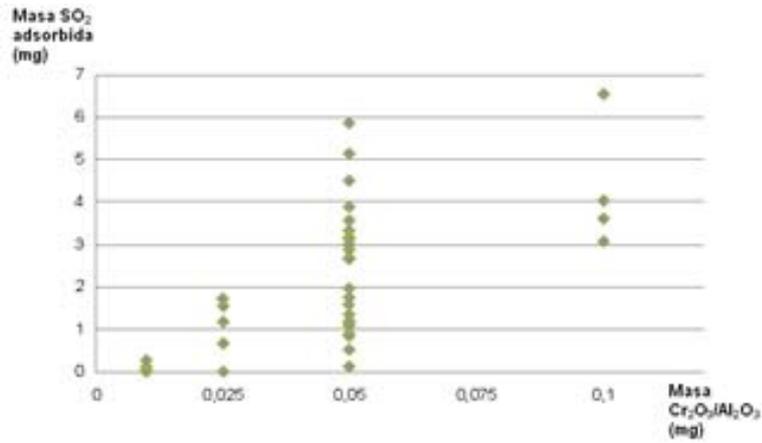
- Eficiencia del catalizador Cr_2O_3 / Al_2O_3 : se calcula su eficiencia como adsorbente de NO en función de la masa empleada para formar el lecho catalítico, de la temperatura de reacción y del tipo y cantidad de gases reactivos empleados en cada experiencia.
- Energía de adsorción de los productos presentes sobre su superficie
- Posibilidad de regeneración y eficiencia en las adsorciones sucesivas Posibilidad de aplicar este método en chimeneas industriales.
- Cantidad de masa de SO_2 , CO_2 y NO que se suministró al equipo.
- Cantidad de masa de SO_2/S° retenida.

6. RESULTADOS EXPERIMENTALES: LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: PERÍODO 2013-2015

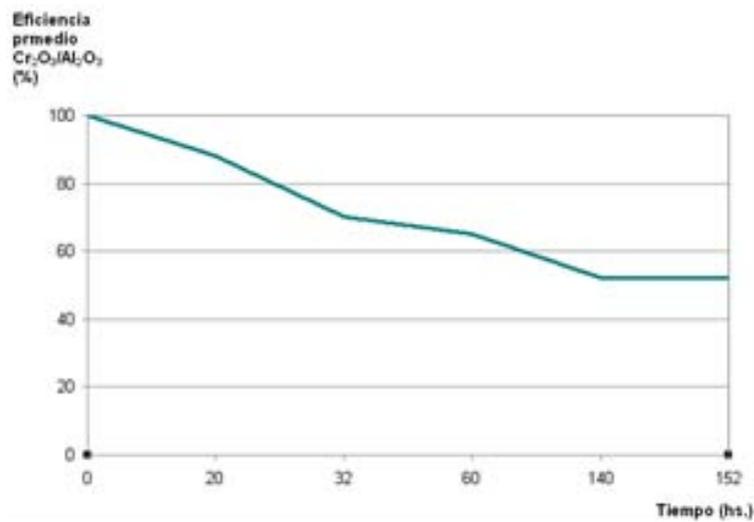
6.1. Eficiencia de adsorción del Catalizador:



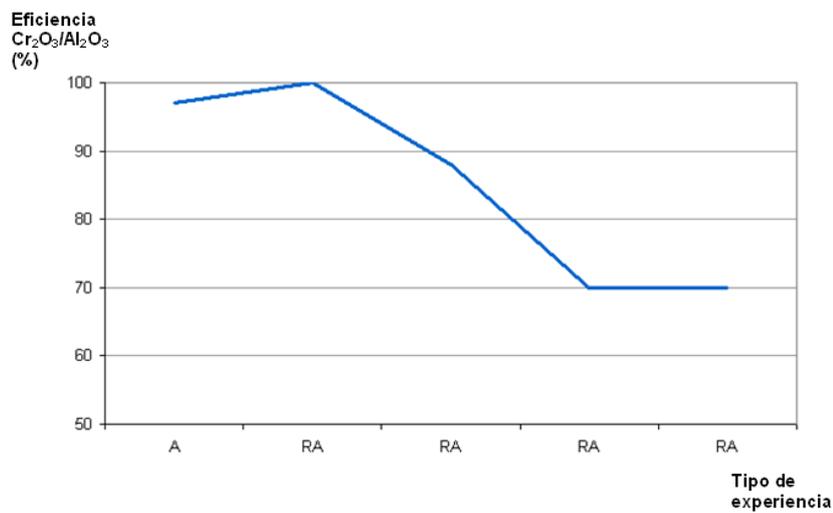
Eficiencia de adsorción en función de la masa de Cr_2O_3/Al_2O_3 empleada



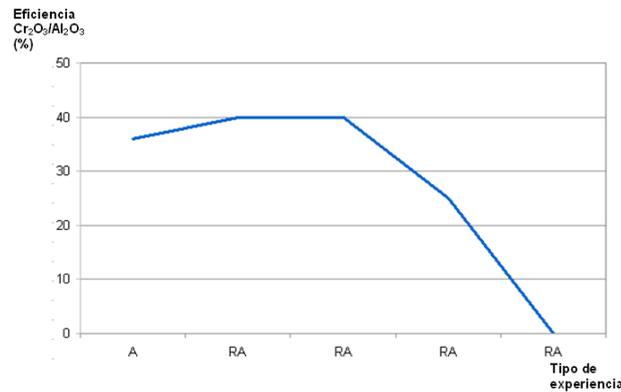
Dependencia de la masa de SO_2 retenida en función de la masa de Cr_2O_3/Al_2O_3 empleada



Eficiencia promedio de adsorción en función del tiempo



Eficiencia de adsorción en función de las adsorciones sucesivas – Masa $Cr_2O_3/Al_2O_3 = 0,050$ g

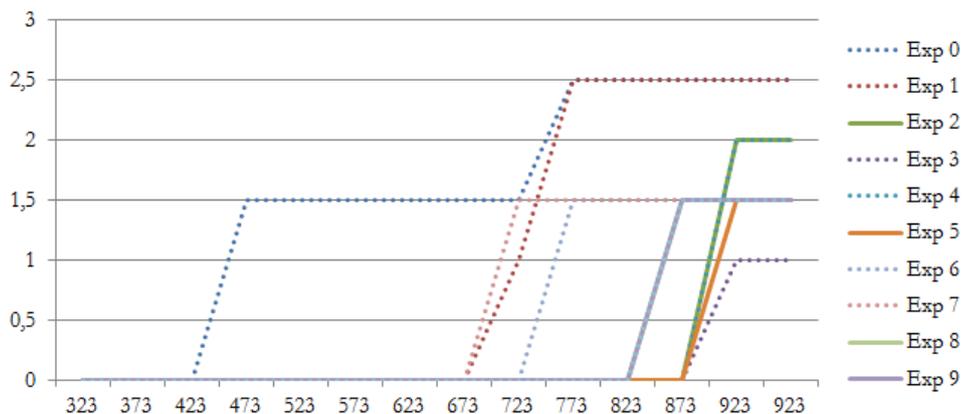


Eficiencia de adsorción en función de las adsorciones sucesivas – Masa $Cr_2O_3/Al_2O_3 = 0,025g$

6.2. Resultados de la adsorción de NO:

La siguiente tabla corresponde a la concentración de NO medido en función de la temperatura de reacción. Se puede observar que a los 723 K comienza a haber emisión de gas reactivo. Las experiencias fueron realizadas durante 8 horas, por lo que el próximo paso es estudiar la eficiencia del catalizador en la adsorción del monóxido de nitrógeno en función del tiempo, con la finalidad de saber su periodo de vida útil en este tipo de proceso.

Experiencia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T (K)	NO (ppm)										
323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
423	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
473	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
523	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
573	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
623	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
673	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
723	1,5	1	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0
773	2,5	2,5	0	0	0	0	1,5	1,5	0	0	0
823	2,5	2,5	0	0	0	0	1,5	1,5	0	0	0
873	2,5	2,5	0	0	0	0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
923	2,5	2,5	2	1	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
923	2,5	2,5	2	1	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5



Eficiencia de adsorción del NO en función de temperatura- Masa $Cr_2O_3/Al_2O_3 = 0,050 g$

Se observa una eficiencia de adsorción de NO sobre el óxido de Cromo del 80,78%.

7. RESULTADOS EXPERIMENTALES: TRABAJO DE TESIS DOCTORAL: PERÍODO 2011-2015 RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS:

El objetivo principal del presente trabajo es el estudio de la cinética de la reacción entre el dióxido de azufre, oxígeno atmosférico y el metano. La preparación del equipo de trabajo consta de los siguientes pasos:

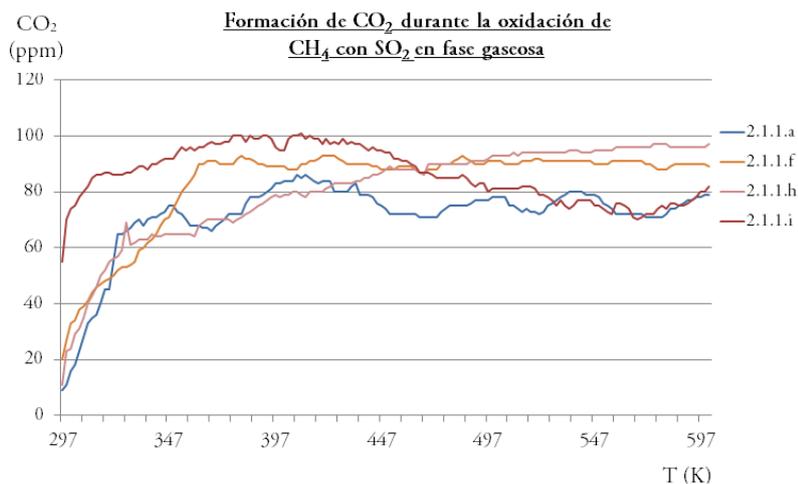
1. Preparación de un lecho de $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$, con una masa, de 0.100, 0.050 o 0.025 g, según el tipo de experiencia a realizar.
2. Suministro de N_2 , con el objeto de remover aquellas moléculas de gases atmosféricos que pudieren estar adsorbidos en la superficie el óxido. Se comienza a temperatura ambiente. Luego, se continúa con el ascenso lineal hasta llegar a los 323 K. Durante este proceso, se mide la concentración de CO_2 emitida, proveniente de los gases atmosféricos adsorbidos en la superficie catalítica. Luego, se deja atemperar el equipo nuevamente a 298K, para luego comenzar con la experiencia. Esta etapa puede saltarse, dependiendo del tipo de experiencia a realizar.
3. Comienzo de la experiencia a Temperatura ambiente. Se eleva la temperatura siguiendo un programa de aumento lineal ($T = T_0 + \beta t$). El valor de β es de 10.8 K min^{-1} , por lo que la rampa de temperatura es de primer orden.
4. Suministro de los gases reactivos: CH_4 , SO_2 y O_2 , en las proporciones necesarias dependiendo del tipo de experiencia a realizar.
5. Medición del CO_2 y de SO_2 a la salida de la columna con los respectivos detectores.
6. Construcción, con los datos colectados, de las siguientes gráficas:
 - a) concentración de CO_2 producido en función de la temperatura de reacción,
 - b) gráficas del logaritmo neperiano de la concentración de CO_2 producido respecto del inverso de la temperatura en unidades Kelvin. Con este método se calcularon las energías de activación correspondientes a las gráficas de las experiencias recientes, las cuales consisten en estudiar la concentración de CO_2 producida respecto de la temperatura, tomada en intervalos de 5K. Los resultados obtenidos para el cálculo de la energía de activación de cada reacción son comparados con los resultados obtenidos para los mismos sistemas adsorbato-sustrato mediante cálculos teóricos.

REDUCCIÓN DE SO_2 EN PRESENCIA DE CH_4

La reacción es: $2\text{SO}_2 + \text{CH}_4 \rightarrow 2\text{S} + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Con la finalidad de estudiar la influencia del óxido de cromo en la reacción, la misma se llevó a cabo tanto en fase gaseosa (ausencia del catalizador) como sobre la superficie catalítica. Además, esta reacción (en ausencia de oxígeno) nos permitirá comparar el poder oxidante del O_2 y el SO_2 frente al CH_4 .

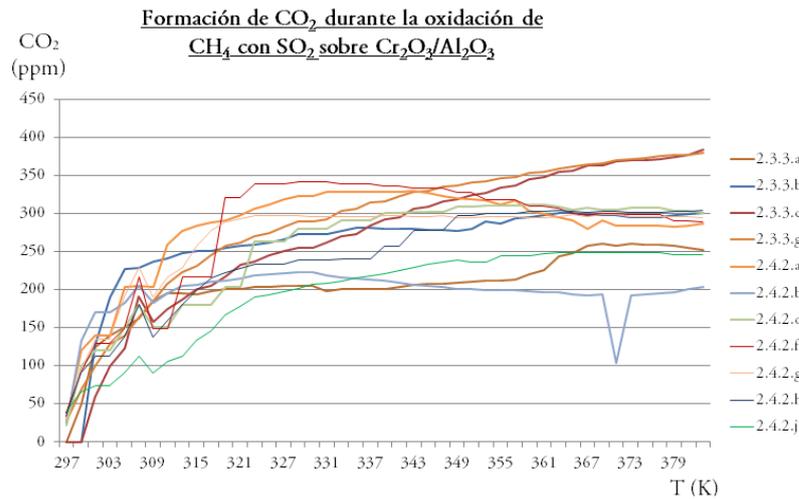
Reducción de SO_2 en presencia de CH_4 en fase gaseosa:

Caudales estequiométricos de $\text{SO}_2:\text{CH}_4$ de 2:1: Se detectó la presencia de CO_2 desde la temperatura inicial del horno. Luego, la concentración comenzó a ascender en forma progresiva, debido a que el medio obtiene parte de la energía necesaria para llevar a cabo el proceso de reducción del SO_2 , obteniéndose una eficiencia de conversión mayor. A partir de los 400 K, la concentración de CO_2 se estabiliza. Durante todo el intervalo de temperatura, no se detectó emisión de SO_2 a la salida del equipo. La energía de activación para la formación de CO_2 durante la oxidación de CH_4 con SO_2 en fase gaseosa y con una relación estequiométrica de caudales de gases reactivos, es de -9.032 eV.

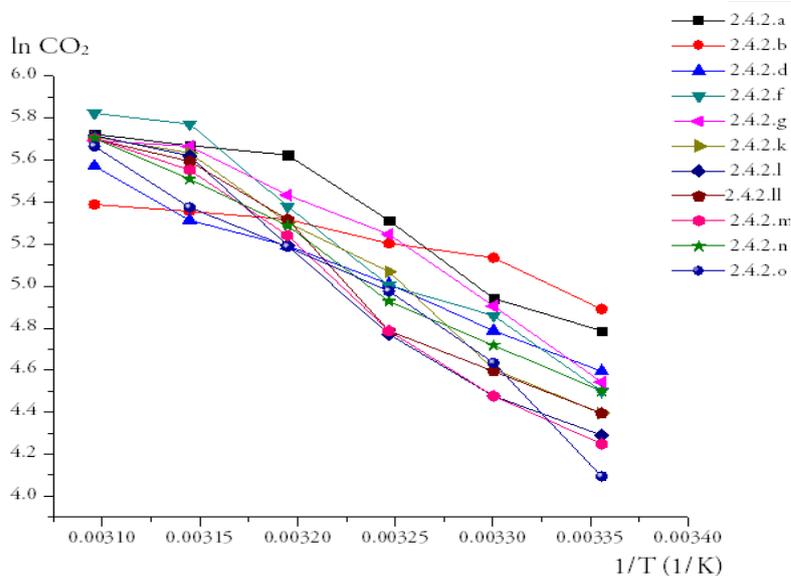


Reducción de SO_2 en presencia de CH_4 sobre $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$:

Caudales estequiométricos de $\text{SO}_2:\text{CH}_4$ de 2:1: En el primer caso, la generación de CO_2 comienza desde los 298 K con 210 ppm, asciende en forma escalonada a 242 ppm, y por último, la curva asciende bruscamente hasta las 613 ppm a los 349 K. El comportamiento de la misma se estabiliza entre las 613 y 626 ppm hasta llegar a los 454 K, donde hay un leve descenso hasta las 607 ppm. A los 503 K, se registraron 559 ppm.



Al parecer, cuando hay una menor producción de CO₂ hay cierta proporción de SO₂ que se emite, la cual no reaccionó en el sustrato catalítico. A partir de los 298 K comienza la producción de CO₂. A partir de este punto se manifiesta un marcado aumento de la concentración de gas producido hasta llegar a los 315 K con 200 ppm de CO₂ en promedio, siguiendo un comportamiento asintótico de la concentración de gas. Luego, la pendiente de cada curva disminuye. Se respetó la relación estequiométrica CH₄:SO₂ de 1:2, y la temperatura máxima programada fue de 973 K.



La energía de activación para la formación de CO₂ durante la oxidación de CH₄ con SO₂ sobre la superficie del Cr₂O₃/Al₂O₃, con una relación estequiométrica de caudales de gases reactivos, es de -0.119 eV

Caudales no estequiométricos de SO₂:CH₄ de 1:1: La energía de activación para la formación de CO₂ durante la oxidación de CH₄ con SO₂ sobre la superficie del Cr₂O₃/Al₂O₃, con una relación no estequiométrica de caudales de gases reactivos (1:1), es de -0.555 eV.

OXIDACIÓN DE CH₄ EN PRESENCIA DE O₂

La reacción es: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Se pretende comparar el porcentaje de conversión de CH₄ a CO₂ en presencia de SO₂ y de O₂ y el mismo porcentaje en presencia de O₂ únicamente. De este modo, se podría averiguar de qué reactivo provienen los átomos de oxígeno pertenecientes al CO₂, si provienen del SO₂ o el O₂ del medio.

Reducción de CH₄ en presencia de O₂ en fase gaseosa: En la presente experiencia se propone estudiar la reacción de combustión entre CH₄ y O₂ en fase gaseosa. El objetivo es determinar el grado de influencia de la temperatura en dicha reacción independientemente de la actividad aportada por el catalizador. No se detectó producción de CO₂.

Oxidación de CH₄ en presencia de O₂ sobre Cr₂O₃/Al₂O₃: Se estudia la oxidación del CH₄ con O₂ sobre el catalizador en estudio durante el intervalo de temperaturas de 298 a 973 °K. El objetivo es saber el origen de los O₂ del CO₂ que se forma como producto, junto con las características generales de la presente reacción, tales como: cantidad de moléculas de CO₂ producidas, temperatura a la que comienza a producirse, variación de su concentración respecto de

la temperatura (y al tener un coeficiente de calentamiento constante, una variable independiente podría ser el tiempo), y la cinética de reacción.

Caudales estequiométricos de $O_2:CH_4$ de 2:1: A partir de los 573 K, se puede observar el comienzo de la producción de CO_2 y un importante aumento de la concentración durante el aumento de la temperatura.

Caudales estequiométricos de $O_2:CH_4$ de 2:1: En las experiencias siguientes se empleó una muestra de catalizador por cada una. Previamente a realizarlas, se llevó a cabo la “limpieza” de la superficie catalítica, mediante el suministro de N_2 conjuntamente con un ascenso de temperatura en el sitio de reacción (ver Pre-tratamiento de las muestras). Paso siguiente, se suministraron los gases O_2 y CH_4 (en relación estequiométrica, 1:2) a flujo constante, junto con el aumento escalonado de temperatura. Las energías de activación para la reacción de CH_4 y O_2 sobre Cr_2O_3/Al_2O_3 para obtener CO_2 , con relación estequiométrica, es de -0.02 eV. Estos resultados serán comparados con aquellos obtenidos mediante cálculos mecanocuánticos para esta misma reacción.

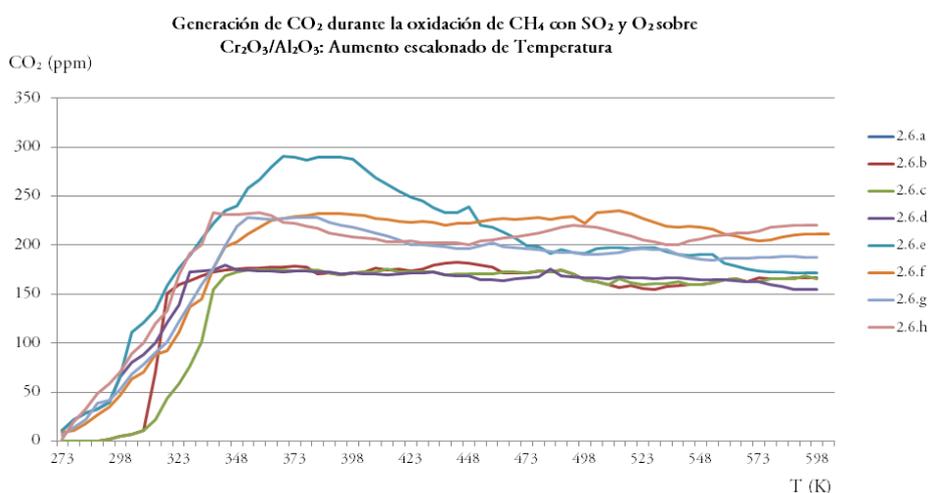
Caudales no estequiométricos de $O_2:CH_4$ de 1:1: Las siguientes experiencias se realizaron sobre la muestra de óxido de Cromo soportado en Alúmina previamente desorbido con Nitrógeno gaseoso, con la finalidad de evitar interferencia de otros gases presentes en el medio ambiental sobre la reacción en estudio.

REDUCCIÓN DE SO_2 EN PRESENCIA DE CH_4 Y O_2

La reacción es: $SO_2 + CH_4 + O_2 \rightarrow S^o + CO_2 + 2H_2O$

Reducción de SO_2 en presencia de CH_4 y O_2 sobre Cr_2O_3/Al_2O_3 :

Caudales estequiométricos de $O_2:SO_2:CH_4$ de 1:1:1: Se observa producción de CO_2 a partir de temperatura ambiente, y un aumento en la producción de CO_2 hasta llegar a los 373 K aproximadamente, donde las curvas comienzan a estabilizarse en una producción de 170 y 250 ppm aproximadamente.



Caudales no estequiométricos de $O_2:SO_2:CH_4$ de 0.5:1: Empleando un aumento “lineal” de temperatura, la misma relación no estequiométrica de caudales que es $CH_4:SO_2:O_2 = 1:1:0,5$, y sustrato “sin limpiar” (sin hacer pasar previamente a la experiencia N_2 gaseoso con el fin de desorber todos los gases ambientales que pudieren haber quedado adheridos allí), la energía de activación es de -0.0689 eV. Manteniendo las mismas condiciones experimentales, pero limpiando previamente el sustrato, se obtienen una energía de activación de -0.4889 eV, siendo mayor que la energía obtenida para llevar a cabo la misma reacción empleando el sustrato “limpio”.

CÁLCULO DE LAS ENERGÍAS DE ACTIVACIÓN DE LA REACCIÓN GLOBAL:

Los signos negativos para las energías de activación hacen referencia a la cantidad de energía que se debe entregar al sistema para que haya reacción y adsorción en la superficie del sustrato. Según los resultados obtenidos para las energías de activación de cada reacción, en el caso de la reducción de SO_2 con CH_4 sobre Cr_2O_3/Al_2O_3 , esta energía es 10 veces menor si no se realiza la limpieza previa de la superficie del sustrato con N_2 antes de comenzar la catálisis (0.050 eV). Si la reacción es de oxidación de CH_4 con O_2 sobre Cr_2O_3/Al_2O_3 , la energía de activación es 0.2 eV menor si no se realiza la limpieza previa de la superficie (0.700 eV). Para la reacción global de reducción de SO_2 con CH_4 en presencia de O_2 sobre Cr_2O_3/Al_2O_3 , esta energía es de 1 eV mayor si se lleva a cabo esta limpieza. Las energías de activación para las tres reacciones son notablemente menores si no se limpia la superficie con N_2 . Por lo tanto, se concluye que los gases atmosféricos adsorbidos en la superficie catalítica favorecen la reducción del SO_2 , la oxidación del CH_4 y la formación de CO_2 sobre la misma.

Nº exp	Reacción	Relación de caudales	Sustrato limpio	Masa de catalizador (g)	Aumento lineal de temperatura	Aumento escalonado de temperatura	Intervalo de temperatura (K)	Intervalo de temperatura (°C)	Energía de Activación (eV)	Observaciones
2.1.1	CH ₄ + SO ₂	2:1	Sí	0.0000	-	Sí	296 - 1273	23 - 1000	-0.8129	
2.3.2		1:1	Sí	0.0200	Sí	-	302 - 1273	29 - 1000	-0.4870	
2.3.3		2:1	Sí	0.1000	Sí	-	296 - 973	23 - 700	-1.2481	
2.4.1		2:1	Sí	0.1000	-	Sí	323 - 673	50 - 400	-0.6668	
2.4.2		2:1	No	0.1000	-	Sí	298 - 383	25 - 110	-0.0500	
2.1.2	CH ₄ + O ₂	2:1	-	0.0000	Sí	-	296 - 1273	23 - 1000	-	No se detecta producción de CO ₂
2.3.5		2:1	Sí	0.1000	-	Sí	298 - 623	25 - 350	-1.0064	
2.3.6		2:1	Sí	1.0000	-	Sí	298 - 623	25 - 350	-0.9120	
2.3.1.2		2:1	No	0.0250	-	Sí	298 - 623	25 - 350	-0.7000	
2.0, 2.5	CH ₄ + SO ₂ + O ₂	1:1:0.5	Sí	0.1000	-	Sí	298 - 623	25 - 350	-1.4420	
2.6		1:1:0.5	No	0.1000	-	Sí	298 - 623	25 - 350	-0.4889	
2.3.1	CH ₄	2:1	Sí	0.025	Sí	-	296 - 1273	23 - 1000	-	No se detecta producción de CO ₂

8. RESULTADOS TEÓRICOS: TRABAJO DE TESIS DOCTORAL: PERÍODO 2011-2015

Mediante cálculos teóricos se llevó a cabo el estudio de las estructuras moleculares, las geometrías y las fuerzas que interactúan en las reacciones de adsorción y de oxidación de CH₄, en ausencia y presencia de SO₂ y O₂ sobre la superficie de Cr₂O₃ (0001), mediante cálculos computacionales basados en la Teoría Funcional de la Densidad (DFT). Se pretende hallar los sitios más aptos para llevar a cabo la adsorción de cada una de las moléculas mencionadas.

8.1. Detalles computacionales:

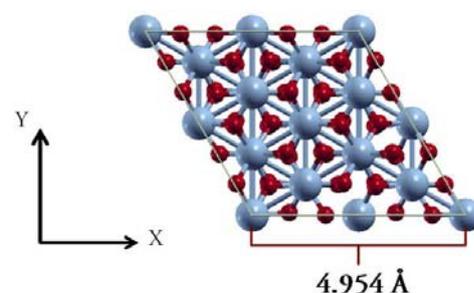
Plano X-Y de la supercelda, cara (0001) del Cr₂O₃,

donde se estudia la adsorción de los gases

reactivos y productos.

La energía de adsorción de cada molécula de adsorbato se calcula como:

$$E_a = E(\text{Adsorbato}/\text{Cr}_2\text{O}_3) - E(\text{Adsorbato}) - E(\text{Cr}_2\text{O}_3).$$



El primer término es la energía de la configuración optimizada de la molécula de adsorbato relajada y ligada a la superficie limpia. El segundo término es la energía de la molécula de adsorbato optimizada en fase gaseosa (aislada) y el tercer término es la energía de la superficie optimizada. Con esta definición, se tiene que los valores negativos de E_a obtenidos son para las configuraciones estables. En un comienzo se optimizaron las estructuras de cada molécula aislada, con el fin de luego emplear estos resultados en los trabajos de cálculo siguientes, llamados “sistemas simples”: S sobre Cr₂O₃ (0001), SO₂ sobre Cr₂O₃ (0001), CH₄ sobre Cr₂O₃ (0001), O₂ sobre Cr₂O₃ (0001), en estado molecular y disociativo. Sobre los resultados correspondientes a las geometrías más estables, se adsorbieron moléculas de las mismas especies. Son los llamados “sistemas compuestos”: SO₂ sobre O₂ adsorbido previamente en Cr₂O₃ (0001), en estado molecular y disociativo, CH₄ sobre O₂ adsorbido previamente en Cr₂O₃ (0001), en estado molecular y disociativo, y O₂ en estado molecular y disociativo sobre SO₂, adsorbido previamente en Cr₂O₃ (0001).

8.2. Correlación entre resultados teóricos y experimentales:

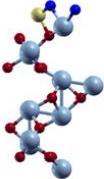
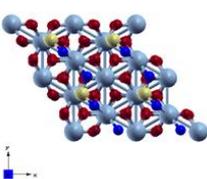
En base a los resultados obtenidos por Difracción Rayos X sobre las muestras de Cr₂O₃ empleadas en el trabajo experimental, un porcentaje mayor al 70% de las mismas tiene estructura cristalina. Por lo tanto, los resultados de las geometrías y energías de adsorción obtenidos mediante los cálculos teóricos sobre la cara más estable de este óxido son reproducibles, a nivel experimental, en un 70% de los casos.

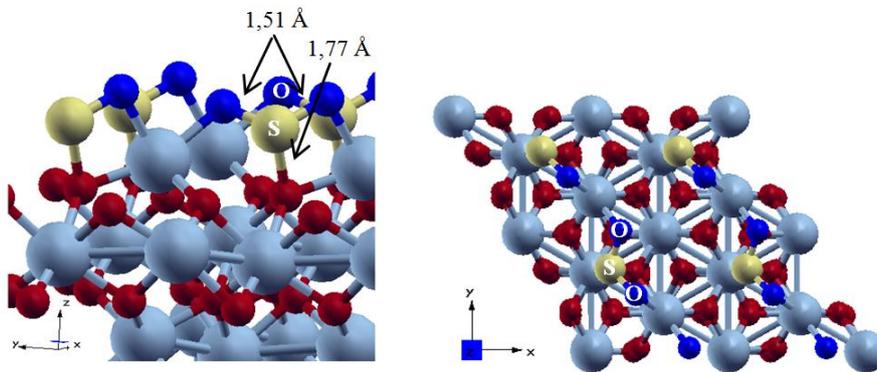
8.3. Resultados:

Se pretende hallar la configuración de adsorción más estable para cada sistema. Los valores de energía presentados son negativos debido a que, en cada caso, se logró una adsorción estable.

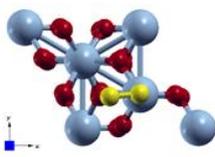
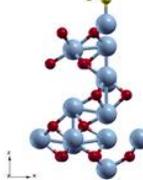
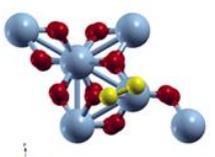
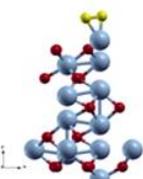
8.3.1. Sistemas simples: adsorbato sobre sustrato

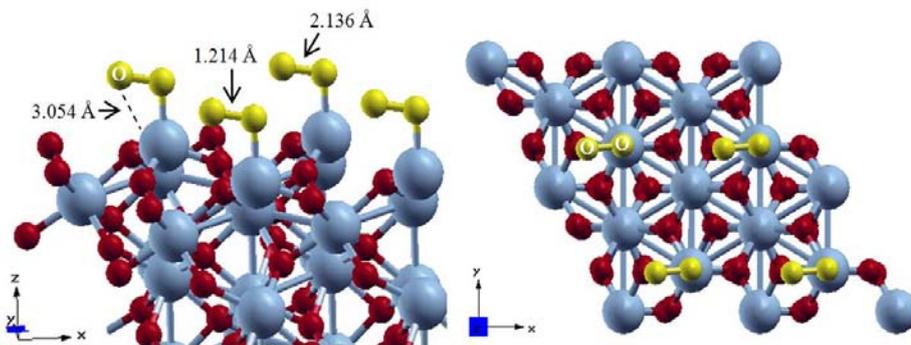
 SO₂ sobre Cr₂O₃ (0001):

Eads (eV)	Geometría		D S-O _{ads} (Å)	D S-Cr (Å)
	X-Y	X-Z		
-3.09			1.51	1.77



 *O₂ molecular sobre Cr₂O₃ (0001):*

Eads (eV)	Geometría		D O ₁ -O ₂ (Å)	D O ₁ -Cr ₃ (Å)	D O ₂ -Cr ₁ (Å)
	X-Y	X-Z			
-0.478			1.214	3.054	2.136
-0.446			1.344	2.002	1.993



En ambos casos, se observa que la molécula de oxígeno se adsorbe a la superficie por medio del mismo átomo de cromo. El primero, con -0.478 eV, es 0.002 eV más estable.

9. CONCLUSIONES PRELIMINARES

Respecto a la etapa experimental, se llegan a las siguientes conclusiones preliminares:

- La eficiencia de adsorción del catalizador al SO_2 es cercana al 100%, desde temperatura ambiente hasta los 1023 K. La superficie catalítica adsorbe mayor cantidad de SO_2 cuanto mayor es su masa, por lo tanto, la eficiencia de la retención en la readsorción depende de la misma, disminuyendo un 20% cuando la masa disminuye un 50%. Además, se puede regenerar dos veces sin pérdida de eficiencia. Para una tercera adsorción, su eficiencia disminuye a un 75%, para ciclos de 24hs y con una masa de 0.075 g.
- Se obtiene mayor retención con una relación de caudales de gases reactivos de $\text{SO}_2:\text{CH}_4:\text{O}_2 = 1:1:0,5$. Entre los 298 y 363 K de temperatura, se obtiene la energía necesaria para oxidar el CH_4 con los átomos de oxígeno del SO_2 y formar CO_2 . La reducción del SO_2 en presencia de CH_4 y/o en presencia de O_2 llega a su máxima eficiencia hasta una temperatura máxima de 923 K. Luego de ese valor, la disminución de adsorción de SO_2 es significativa. El O_2 compite por los sitios activos de la superficie catalítica, disponibles para reducir el SO_2 .
- Respecto a la adsorción del NO sobre el catalizador en estudio, Se observa una eficiencia de adsorción de NO sobre el óxido de Cromo del 80,78%.

Respecto a la etapa teórica, las conclusiones preliminares son las siguientes:

- Para los sistemas simples:
 - El SO_2 se adsorbe sobre la superficie Cr_2O_3 (0001), con una energía de -3.09 eV para la configuración más estable. En la misma, se forman especies sulfito que involucran a los átomos de oxígeno de la superficie.
 - El CH_4 no se adsorbe en forma estable sobre la superficie en estudio, ni en estado molecular ni en disociativo. El hecho de que el metano no se disocie sobre la superficie en estudio para formar CO_2 se verifica además mediante resultados experimentales, ya que no se detecta presencia del gas producto si se hace pasar únicamente metano en el equipo experimental.
 - El O_2 se adsorbe sobre el Cr_2O_3 tanto en estado molecular como en estado disociativo. para el primer caso, la energía de adsorción para la configuración más estable es de -0.478 eV, y para el segundo caso, es de -0.474 eV. Ambas configuraciones son técnicamente igual de estables.
 - Hay CO_2 que se adsorbe en el sustrato, lo cual es avalado por los resultados experimentales y por los cálculos teóricos que presentan una energía de adsorción de -2.79 eV para el SO_2 y de -0.812 eV para el CO_2 (el segundo se adsorbe de forma menos estable)
- Para los sistemas complejos:
 - a) No se hallaron resultados de geometrías estables para la adsorción de una molécula de metano, sobre la geometría más estable para la adsorción de una molécula de O_2 en estado molecular.
 - b) Para la adsorción de O_2 en estado molecular sobre este sustrato, se obtiene la configuración más estable con una energía de adsorción de -0.478 eV. Para la adsorción del mismo gas pero en estado disociativo, la energía es de -0.4743 eV.
 - c) El metano no se adsorbe sobre la molécula de O_2 en Cr_2O_3 (0001) si éste último se encuentra en estado molecular. Sin embargo, para la adsorción de una molécula de CH_4 sobre O_2 previamente adsorbido en forma disociada, se obtienen dos geometrías estables en las cuales se disocia la molécula de CH_4 se forma un OH en superficie con el O ligado al Cr de la primera capa, un H que queda en fase gaseosa, y el segundo átomo de O formando un grupo metoxilo (R-O-CH_3).

Monitoreo de condiciones de Higiene y Seguridad del ambiente en entornos industriales usando redes de sensores inalámbricos

Rodríguez, Eduardo; Deco, Claudia; Burzacca, Luciana; Pettinari, Mauro;
Costa, Santiago; Bender, Cristina

Proyecto “Monitoreo y Análisis de Condiciones de Higiene y Seguridad en Entornos Industriales usando Redes de Sensores Inalámbricos”

Departamento de Investigación Institucional.
Facultad de Química e Ingeniería del Rosario.
Pontificia Universidad Católica Argentina (PUCA)
Av. Pellegrini 3314, (2000) Rosario, Santa Fe, Argentina

{ejrodriguez,cdeco,lucianaburzacca,mauro_pettinari,santiagocosta,cbender}@uca.edu.ar

Resumen. Las redes de sensores inalámbricos han atraído mucha atención en los últimos años debido a la integración de tecnología inalámbrica, computación y tecnología de sensores. Estas redes consisten en una serie de nodos equipados con capacidades de procesamiento, comunicación y sensado. Utilizan protocolos especiales de radio para transmitir datos en un modo multisalto de operación. En este trabajo se propone utilizar una red de sensores para el monitoreo de las condiciones ambientales de Higiene y Seguridad en entornos industriales. Concretamente se monitorean Temperatura, Humedad, Ruido y Luminosidad. Se propone esta recolección de datos para dar soporte a la inspección anual de un auditor externo, por lo que no se considera esta recolección como crítica dado que no controlan ningún dispositivo. En primera instancia se aborda el problema utilizando una red de sensores con módulos que utilizan el protocolo 802.15 los cuales transmiten a un nodo maestro que sirve como gateway para enviar la información a un servidor que la almacena. La recolección de datos se realiza a través de una plataforma arduino como interface entre el módulo inalámbrico y los sensores. Esta primera propuesta es contrastada con un enfoque de Internet de las Cosas (IoT) utilizando módulos Arduino con WiFi embebido, denominados Wido, que permiten la comunicación de datos directamente al servidor de almacenaje. El trabajo comprende la caracterización del problema, elección del hardware, diseño de la red y la realización de pruebas para evaluar el funcionamiento de ambos enfoques.

Palabras Claves: Redes de Sensores, Monitoreo condiciones de Higiene y Seguridad, Entornos Industriales, Internet de las cosas.

Abstract. Wireless sensor networks have attracted much attention in recent years due to the integration of wireless technology, computing and sensor technology. These networks consist of series of nodes equipped with processing, communication and sensing capabilities. They use special radio protocols for transmitting data in a multi-hop mode. In this paper we propose using a sensor network for monitoring environmental conditions of hygiene and safety in industrial environments. Specifically, temperature, humidity, noise and luminosity are monitored. This data collection is proposed to support, for example, the annual inspection of an external auditor and it is not critical because they do not control any device. The first is to use a sensor network with modules that use the 802.15 protocol which transmit to a master node that works as a gateway to send information to a server that stores it. Data collection is done through an Arduino platform as an interface between the wireless module and sensors. This first proposal is contrasted with an Internet of Things (IoT) approach using Arduino with embedded WiFi modules, called Wido, which allow communication of data directly to the storage server. This work includes problem characterization, hardware selection, network design and testing to evaluate the performance of both approaches.

Keywords: Sensor Network, Monitoring of Conditions of Hygiene and Safety, Industrial Environment, Internet of Things.

1. INTRODUCCIÓN.

Las redes de sensores inalámbricos consisten en una serie de nodos que están equipados con procesamiento, comunicación y capacidades de sensado. Utilizan protocolos especiales de radio para transmitir datos en un modo multisalvo de operación [1]. En términos generales, la medición de parámetros físicos hace que los sensores sean la tecnología más adecuada para el monitoreo y reporte de importantes mediciones cuantificables. En primer lugar, los nodos deben ser capaces de comunicarse con otros nodos a través de un módulo de radio altamente confiable que sea compatible con el protocolo de comunicación de la red, tal como el estándar IEEE 802.15.4 en nuestro caso. En segundo lugar, la red debe ser robusta para monitorear las mediciones requeridas, tales como la temperatura, durante un largo tiempo.

El sensado en los procesos industriales ha sido la aplicación básica de las redes de sensores desde su aparición y actualmente está ampliamente extendido a casi todos los campos de la industria. El objetivo del monitoreo de condiciones ambientales es una recolección de información eficiente, que se utiliza tanto para la prevención, en tiempo real o pospuesto, como para el análisis. La migración de las redes de sensores cableadas a las redes inalámbricas trae numerosas ventajas al facilitar el proceso de despliegue y la recolección de la información. De hecho, debido a su pequeño tamaño, los sensores pueden ser fácil y rápidamente desplegados en grandes escalas a bajo costo. Sus funciones inalámbricas los hacen independientes de cualquier infraestructura costosa y fija y también contribuyen a su éxito.

En este trabajo se propone utilizar una red de sensores para el monitoreo de las condiciones ambientales de Higiene y Seguridad en entornos industriales. Concretamente se monitorea Temperatura, Humedad, Ruido y Luminosidad. El proyecto comprende la caracterización del problema, la elección del hardware, el diseño de la red y la realización de pruebas para demostrar su funcionamiento. No se considera la recolección de estos datos como crítica ya que no controlan ningún dispositivo y se propone esta recolección de datos para dar soporte a la inspección anual de un auditor externo. Esto da la posibilidad de utilizar protocolos y dispositivos que no tengan tantas prestaciones dado que un muestreo de datos cada minuto será más que suficiente para conformar una excelente base de datos del tema. Es decir, no se utilizarán protocolos ni dispositivos que se usen en procesos industriales, sino aquellos aptos para muestreo ambiental no crítico. Los valores límites para temperatura, humedad, ruido y luminosidad, como así también cómo se realizan estos controles son los establecidos por la Ley de Higiene y Seguridad.

Si bien desde la concepción del proyecto se pensó en una red de sensores inalámbricos para abordar el problema, posteriores avances que se han podido observar en lo que se denomina Internet de las Cosas (IoT) nos llevan a la necesidad de contrastar la propuesta inicial con otra que tenga en cuenta este abordaje. Esto se hace necesario sobre todo teniendo en cuenta un análisis preliminar de los costos de una y otra solución.

2. CONCEPTOS BASICOS

REDES DE SENSORES

Una Red de Sensores Inalámbrica (WSN) se caracteriza por su facilidad de despliegue y por ser auto-configurable, ofrecer servicios de encaminamiento entre nodos sin visión directa, así como registrar datos referentes a los sensores locales de cada nodo. Además, gestiona eficientemente la energía y así obtiene una alta tasa de autonomía.

La evolución tecnológica trajo aparejada equipamiento de pequeño tamaño con capacidad de procesamiento, conectividad inalámbrica y de bajo costo. Estos dispositivos se denominan *motes* con una unidad de procesamiento de cómputo mínimo, memoria, una unidad de comunicación inalámbrica y uno o varios dispositivos de sensado que capturan parámetros como temperatura, humedad, etc. Una red de sensores inalámbrica está formada por un conjunto de *motes* comunicados entre sí. Su distribución puede ser aleatoria o planificada y los nodos pueden trabajar de modo cooperativo.

La red se auto-organiza y auto-corrige, es decir, los nodos establecen y mantienen de forma automática la conectividad entre ellos. Los nodos estáticos están normalmente alimentados en pared y con una ubicación conocida y fija. Los nodos móviles necesitarán ser a baterías. Los sistemas son diseñados para trabajar en condiciones normales. La medición de la temperatura podría, por ejemplo prevenir un incendio mediante la supervisión de esos valores. El despliegue de nodos de sensores en el entorno físico puede tomar varias formas [2]. Puede ser aleatorio o en forma deliberada en lugares elegidos en una posición fija. El despliegue también puede ser un proceso continuo, con nuevos nodos desplegados en cualquier momento durante el uso de la red, por ejemplo, para reemplazar los nodos fallidos o para mejorar la cobertura de la red.

INTERNET DE LA COSAS (IoT)

Se denomina así al concepto que define la red global de información y comunicación en donde todos los objetos que nos rodean, independientemente de su naturaleza, tamaño y geometría, se encuentran identificados y conectados permanentemente a Internet. Esto permite la captura, almacenamiento y gestión de toda la información emitida por dichos objetos con la finalidad de automatizar actividades y procesos diarios en la vida cotidiana así como analizar

todos los datos generados aportando información útil que ayude a la correcta toma de decisión frente a determinadas situaciones [3]. Las tecnologías de software y hardware en las que se apoya están totalmente desarrolladas y listas para implantarse. Por ejemplo, tecnologías como Big Data, Business Intelligence, Analytics, Cloud Computing, dispositivos Wearables, etiquetas RFID, fibra óptica, comunicaciones Wireless, Smart cities, etc. Una ventaja es la capacidad de poder ser aplicada por ejemplo a sensores ubicados en múltiples puntos recogiendo información sobre parámetros ambientales. Existen distintos protocolos para la transmisión de los datos como se puede ver en la Figura 1.

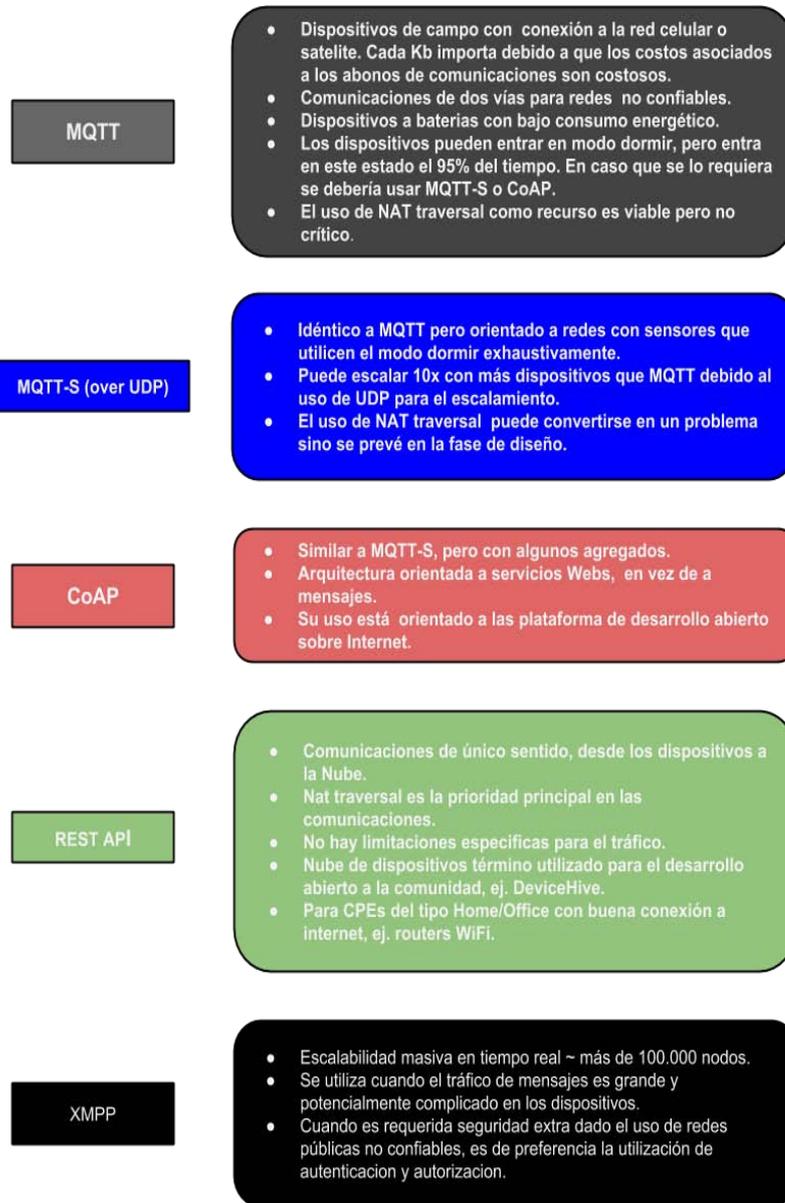


Figura 1. Distintos protocolos para la transmisión de los datos [4]

En la Figura 1, se resumen características relevantes de los protocolos MQTT, MQTT-S, CoAP, REST-API y XMPP. En particular, en este trabajo utilizamos el protocolo MQTT.

Para el protocolo MQTT podemos encontrar distintos Servidores: IBM WebSphere MQ Telemetry que es un addon para MQ versión 7 y superiores, Mosquitto que es un Servidor open source MQTT con clientes C, C++, Python y Javascript, MQTT.js que es un Servidor MQTT node.js, RabbitMQ que es el broker AMQP de SpringSource que tiene un MQTT plugin y Apache Apollo que es el nuevo ActiveMQ soporta MQTT via un plugin. En este trabajo utilizamos el Servidor Mosquitto.

Se estima que actualmente hay 11.000 millones de objetos conectados a Internet y que el crecimiento será exponencial estimando que para 2020 habrá 50.000 millones de objetos conectados [5].

3. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA.

El problema que intentamos resolver implica la toma de datos ambientales de sensores esparcidos dentro de la superficie de una planta industrial. Se propone esta recolección de datos que conforman las condiciones de higiene y seguridad ambientales de un puesto de trabajo, para dar soporte a la inspección anual de un auditor externo, por lo que no se considera esta recolección como crítica dado que no controlan ningún dispositivo. No hay necesidad de efectuar un monitoreo minucioso ya que dichos datos servirán para conformar una base de datos a los efectos de verificar el cumplimiento de las condiciones necesarias para el desarrollo de un trabajo en un período de tiempo.

Según la definición de ISA100 podemos ubicar nuestro problema como perteneciente a la clase de aplicación de monitoreo de condiciones no críticas. Esto nos lleva a que para solucionar el problema podemos utilizar protocolos y dispositivos que no necesariamente están diseñados para entornos industriales [2]. Por lo tanto se utilizan en este proyecto protocolos y dispositivos generalmente usados para el sensado de datos ambientales.

Desde el punto de vista de la energía tampoco tenemos necesidades especiales dado que por tratarse de una planta industrial generalmente tendremos fácil acceso a fuentes de energía eléctrica. Otra cuestión que debería considerarse es el tema de la interferencia que los equipamientos industriales podrían hacer sobre los dispositivos inalámbricos. Este tema se puede solucionar variando la ubicación de los dispositivos y no será abordado en este trabajo.

A partir del 24/04/1972 rige en todo el territorio de la República Argentina la ley N° 19587 y reglamentaciones correspondientes [6]. Esta ley establece las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo.

Dentro de sus normas generales se destaca para este trabajo el artículo 4, que comprende las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otro índole que tenga por objeto: a) Proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores; b) Prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo; c) Estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

También se destaca del artículo 6 de esta ley, con las reglamentaciones de las condiciones de higiene y seguridad de los ambientes de trabajo; en particular el inciso b) factores físicos, referido a: cubaje, ventilación, temperatura, carga térmica, presión, humedad, iluminación, ruido, vibraciones y radiaciones ionizantes.

Dentro de las reglamentaciones se destacan para el presente trabajo los siguientes anexos:

Anexo I. Título IV: Condiciones de higiene en los ambientes laborales. Capítulo 8: Carga Térmica, artículo 60; Capítulo 12: Iluminación y color, artículos 71 a 84; Capítulo 13: Ruido y vibraciones; Capítulo 18: Protección contra incendio.

Anexo II. Correspondiente al artículo 60. Capítulo 8. Estrés térmico (carga térmica). Se tomó como estándar los valores TGBH (índice temperatura globo y bulbo húmedo) que se calculan en lugares sin exposición directa del sol (para lugares interiores o exteriores sin carga solar) con la siguiente ecuación: $TGBH = 0,7 TBH + 0,3 TG$. En lugares con exposición directa al sol se calcula con la siguiente ecuación: $TGBH = 0.7 TBH + 0.2 TG + 0.1 TBS$. TBH es la temperatura húmeda (a veces llamada temperatura natural del termómetro del bulbo húmedo), TG es la temperatura del globo (a veces llamada temperatura del termómetro del globo) y TBS es la temperatura del aire seco (a veces llamado, temperatura del termómetro del bulbo seco). Dado que la medida TGBH es solamente un índice del medio ambiente, los criterios de selección han de ajustarse a las contribuciones de las demandas del trabajo continuo y a la ropa así como al estado de aclimatación.

En la Tabla 1 se dan los criterios para los valores TGBH basados en el estado de aclimatación, del gasto energético debido al trabajo y la proporción aproximada de trabajo dentro de un horario.

Tabla 1. Criterios para los valores TGBH

Exigencias de Trabajo	Aclimatado				Sin Aclimatar			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado
100% Trabajo	29.5	27.5	26.0	---	27.5	25.0	22.5	---
75% Trabajo 25% descanso	30.5	28.5	27.5	---	29.0	26.5	24.5	---
50% Trabajo 50% descanso	31.5	29.5	28.5	27.5	30.0	28.0	26.5	25.0
25% Trabajo 75% descanso	32.5	31.0	30.0	29.5	31.0	29.0	28.0	26.5

Anexo IV. Correspondiente a los art. 71 a 84. Capítulo 12. Iluminación y color. Se toma la unidad de medida LUX (equivalente a un lumen/metro cuadrado). La intensidad mínima de iluminación, medida sobre el plano de trabajo, ya sea éste horizontal, vertical u oblicuo, está establecido en la Tabla 2, de acuerdo con la dificultad de la tarea visual.

Tabla 2. Intensidad mínima de iluminación

Clase de tarea visual	Iluminación sobre el plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	100	Para permitir movimientos seguros, por ejemplo, en lugares de poco tránsito: Sala de calderas, depósitos de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	100 a 300	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tareas moderadamente críticas y prolongadas con detalles medianos	300 a 750	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste	750 a 1500	Trabajos finos mecánicos y manuales, montaje e inspección, pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste.	1500 a 3000 3000 (*)	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina. Trabajo fino de relojería y reparación (*)
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000 a 10000	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

Anexo V. Correspondiente a los art. 85 a 94. Capítulo 13. Acústica. Ruido y vibraciones donde se muestra que el límite máximo tolerado es de 90 dBA, pero el decreto N° 351/79 considera los 85 dBA como un nivel de precaución.

4. ABORDAJE: ARQUITECTURA DE RED.

Como ya se mencionó en la introducción utilizaremos dos abordajes para nuestra aplicación: uno usando redes de sensores inalámbricos y otro según el enfoque utilizado en Internet de la cosas. En ambos casos utilizaremos plataformas Arduino o compatibles que manejan la recolección de los datos provenientes de sensores que se anexan a las mismas. Para la transmisión de los datos se utiliza el protocolo MQ Telemetry Transport (MQTT) (<http://mqtt.org/>) dado que se encuentra disponible para plataformas Arduino y puede ser utilizado en ambos abordajes.

El protocolo MQTT es un protocolo de transporte de mensajes en la forma Cliente/Servidor. Es liviano, abierto, sencillo y está diseñado para que sea fácil de implementar. Estas características lo hacen ideal para su uso en muchas situaciones, incluyendo entornos limitados como para la comunicación de máquina a máquina (M2M) y el Internet de las Cosas, contextos en los que se requiere una pequeña huella de código y/o el ancho de banda es un bien escaso. El protocolo se ejecuta a través de TCP/IP, o sobre otros protocolos de red que proporcionan conexiones ordenadas, sin pérdidas y bidireccionales. La versión 3 de este protocolo utiliza la opción de publicar/suscribir y da soporte a tres calidades de servicio: "transmitir y olvidar", "al menos una vez" y "exactamente una vez". Con tres calidades de servicio, puede buscar un punto intermedio entre la latencia baja y la fiabilidad. "Transmitir y olvidar" utiliza almacenamiento de dispositivos no persistente y sólo una transmisión para enviar o recibir una publicación. Las opciones de "al menos una vez" y "exactamente una vez" necesitan almacenamiento persistente en el dispositivo para poder mantener el estado del protocolo y guardar un mensaje hasta obtener el acuse de recibo del mismo.

En este proyecto, se utilizan sensores de temperatura y humedad (en una sola unidad), de sonido y de luminosidad.

Para el enfoque de *Redes de Sensores* se utilizan módulos inalámbricos Xbee los cuales están conectados a los Arduino recibiendo los datos de ellos y transmitiéndolos a los otros nodos. La red que forman los Xbee es una red mallada que una vez configurada se encarga de transmitir los datos que recibe cada uno de los nodos a un nodo central. En dicha red existen tres tipos de nodos:

- *Coordinador*: es el nodo que tiene como única función formar la red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos Routers y End Points. Una vez formada la

red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutado de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.

- *Router*: es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para enrutar un paquete de información. Lógicamente un router debe unirse a una red Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros routers o de End points.
- *End Device*: los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un Coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.

La arquitectura de esta red es sencilla y puede observarse en la Figura 2.

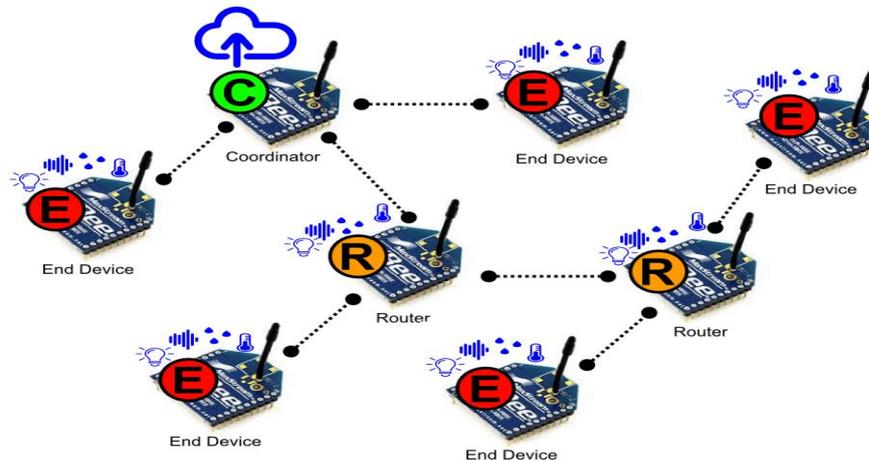


Figura 2. Arquitectura Red de sensores.

En la Tabla 3 se muestra un cálculo estimativo del costo de este tipo de solución.

Tabla 3. Costo estimativo Redes de Sensores

SOLUCIÓN I (Nodo basado en ARDUINO XBEE)	
DESCRIPCIÓN	Precio Aprox. en Dólares
Arduino UNO Rev 3	54
Xbee Shield	38
Transmisor Xbee	60
Sensor de Temperatura y Humedad DHT22	24
Sensor de Luminosidad TSL2561	18
Sensor de sonido analógico DFR0034	17
TOTAL POR NODO	211

Desde el punto de vista de *Internet de las Cosas* se utilizan módulos Arduino compatibles denominados Wido que tienen un módulo WiFi embebido. Estos dispositivos toman los datos de los sensores de la misma manera que en el abordaje anterior y los transmiten directamente al host donde se encuentra el servidor que recoge los datos y los almacena en una base de datos. Para lograr esta transmisión el Wido se conecta a un Punto de Acceso inalámbrico o a una red mallada que está conectada a Internet.

La arquitectura de esta red es sencilla y puede observarse en la Figura 3.

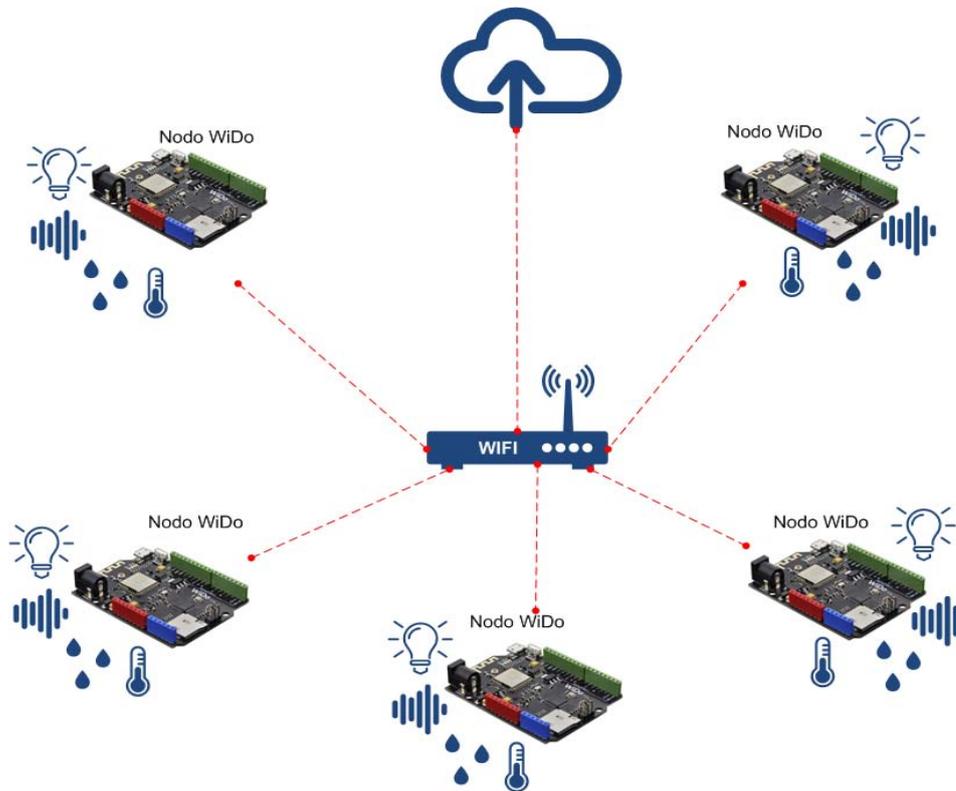


Figura 3 Arquitectura Red IOT.

En la Tabla 4 se muestra un cálculo estimativo del costo de este tipo de solución.

Tabla 4. Costo estimativo Internet de las Cosas

SOLUCIÓN II (Nodo basado en WiDo)	
DESCRIPCIÓN	Precio Aprox. en Dólares
WiDo DFR0321	72
Sensor de Temperatura y Humedad DHT22	24
Sensor de Luminosidad TSL2561	18
Sensor de sonido analógico DFR0034	17
TOTAL POR NODO	131

Descripción del hardware.

Se utiliza una plataforma Arduino que es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales. Se trabaja con el siguiente hardware:

- Placa WiDo: placa compatible con Arduino Leonardo con módulo WiFi integrado.
- Placa Arduino Uno R3
- Módulo Xbee versión 2
- Sensor de humedad y temperatura HT22
- Sensor de luminosidad TSL2561
- Sensor de ruido DFR0034

Comparación de costos.

Para hacer una estimación de la cantidad de datos a manejar, se calculó una frecuencia de muestreo de 1 minuto, por lo que se tienen 4 datos por minuto por cada nodo, lo que implica 5760 datos diarios por nodo. En este proyecto se trabajó con 10 nodos pero una aplicación real debe ser capaz de manejar cientos de ellos. La Tabla 5 muestra el costo para esta cantidad de nodos.

Tabla 5. Comparativa de Costos

	Sensores (10 de cada uno)	Nodos (10)	Nodos intermedios	Nodo Central	Costo Total (en US\$)
Red de Sensores	Temp+Hum, Ruido, Luminosidad	Xbee+Arduino	Xbee	Xbee+Arduino yun	
	(24+18+17)x10	(54+38+60)x10	54 x 2	54+160	2432
IoT	Temp+Hum, Ruido, Luminosidad	WiDo		AP Wifi	
	(24+18+17)x10	75x10		220	1600

Como se observa en la Tabla 5, el costo para implementar una red IoT para 10 nodos, resulta un 65% del costo de implementar una red de sensores para la misma cantidad de nodos.

5. CONCLUSIONES.

En este trabajo se muestra que es posible implementar un sistema de sensado y monitoreo permanente de condiciones ambientales en entornos industriales, lo cual redundará en beneficio de las condiciones laborales de los operarios. De todas maneras dado que la ley no exige este tipo de monitoreo su implementación depende de la voluntad de la empresa.

Además, aquí se mostraron dos tipos de abordaje para el problema y como se pudo observar el costo de la solución utilizando el abordaje de Internet de las Cosas es menor que si se usa el enfoque de Redes de Sensores. Esto puede cambiar dado el avance que se registra a diario en ambas tecnologías utilizadas.

6. REFERENCIAS.

- [1] Santini, S.; Ostermaier, B.; Vitaletti, A. (2008). "First experiences using wireless sensor networks for noise pollution monitoring". Proceedings of the workshop on Real-world wireless sensor networks, REALWSN '08, pages 61–65, New York, NY, USA. ACM.
- [2] Güngör, V. Çağrı; Hancke, Gerhard P. (2013). Industrial Wireless Sensor Networks: Applications, Protocols, and Standards. CRC Press (April 4, 2013).
- [3] Conner, Margery, (2010). "Sensors empower the "Internet of Things"" EDN Network (Issue 10). pp. 32–38. Disponible en www.edn.com/design/sensors/4363366/Sensors-empower-the-quot-Internet-of-Things-quot-. ISSN 0012-7515. Consultado 3 de agosto de 2015.
- [4] Figura extraída de <http://about.sofia2.com/2014/05/29/protocolos-iot-mqtt-rest-coap-xmpp-y-sofia2/>. Consultado 26 de Julio 2015.
- [5] Howard, Philip N. (2015). "How big is the Internet of Things and how big will it get?". The Brookings Institution. Disponible en www.brookings.edu/blogs/techtank/posts/2015/06/8-future-of-iot-part-1. Consultado 26 de Junio 2015.
- [6] Parada, Ricardo A. (comp.) y Errecaborde José D. (comp.). (2015). Higiene y seguridad en el trabajo. Versión 2.1. ERREPAR S.A.. Páginas 7-92. Buenos Aires. ISDN 978-987-01-1750-6.

Análisis de la eficiencia técnica de programas de desarrollo empresarial: Avance de investigación II

Luis Piacenza, Pablo Salvático, Azul Chamorro

Proyecto “Análisis de la eficiencia técnica de programas públicos y privados de desarrollo empresarial. Un enfoque desde el Análisis Envoltante de Datos en la evaluación de los factores clave para el diseño de programas de desarrollo empresarial”

Facultad de Química e Ingeniería – Pontificia Universidad Católica Argentina (PUCA)
Av. Pellegrini 3314 – 2000 – Rosario – Santa Fe – Argentina

{lpiacenza,pablo_salvatico,azul_chamorro}@uca.edu.ar

Abstract. *Stimulus programmes funded by State typically offered to Small and Medium Enterprises. These schemes do not count either on proven tools to benchmark their performances nor on procedures to appraise the possible results in the absence of the stimulus. From the area of Operational Research, the comparative efficiency can be measured by using decision-based techniques like DEA.*

Keywords: *DEA, Stimulus Programmes for Private Enterprise.*

Resumen. *Los programas financiados por el sector público, generalmente se ofrecen a PyMEs. Estos no cuentan con una herramienta que permita comparar sus niveles de desempeño ni procedimientos para valorar los resultados posibles en la ausencia del estímulo. Desde la Investigación Operativa puede la comparación de la eficiencia puede medirse usando técnicas de decisión como DEA.*

Palabras Clave: *DEA, Programas de desarrollo empresarial.*

INTRODUCCIÓN

En el avance anterior (Piacenza, Salvático, & Chamorro, 2014) se planteaban las condiciones de borde de nuestro estudio de la eficiencia técnica de los programas de estímulo a la competitividad. En este documento, se muestra el avance en dos fases consecutivas de colección de información.

En primer lugar, se contactó a un grupo de empresas mediante breves entrevistas, que incluían preguntas abiertas y cerradas sobre el uso de los programas de estímulo a la competitividad disponibles, y su apertura para compartir información financiera y no financiera con el equipo del proyecto.

En una segunda fase se realiza una selección de empresas apropiada a los resultados obtenidos en el primer contacto, obteniéndose información cuantitativa para realizar corridas DEA sobre los mismos, de acuerdo a un modelo planteado que nos permita evaluar las diferencias entre los scores de eficiencia técnica entre aquellas organizaciones que han recibido estímulos y aquellas que no.

La investigación continúa su curso a partir de las conclusiones obtenidas, a los efectos de obtener una mayor cantidad de datos e interpretar los resultados desde distintos ángulos.

LA HERRAMIENTA DEA

DEA (Análisis Envoltante de Datos, por sus siglas en inglés) puede definirse como una colección de técnicas para evaluar la eficiencia de un grupo de unidades de transformación o unidades de decisión (DMU por sus siglas en inglés que es la denominación que adoptaremos en adelante) mediante el uso de Programación Lineal. Una DMU es una entidad que transforma las entradas en salidas mediante el uso de tecnologías (por ejemplo una máquina, una institución, un proceso productivo o una organización). En los modelos DEA la tecnología usada por cada DMU no es objeto de análisis, puesto que los modelos se enfocan en la capacidad de la DMU de transformar las entradas en salidas.

El enfoque estadístico más característico para comparar DMUs son las medidas de tendencia central, que evalúan a las DMU respecto de una DMU promedio. En contraste, DEA es un método de frontera (o de puntos extremos) y compara a cada DMU con las “mejores DMU”.

El análisis de la formulación del método DEA no es objeto de este trabajo. Una fundamentos de DEA pueden encontrarse claramente detallados en los trabajos de Charnes, Cooper, & Rhodes (1978) y en trabajos posteriores como el de Pérez Mackeprang & Alberto de Azcona (2001).

La formulación de modelos DEA

Una de las claves para un buen modelo es la formulación del mismo. En el caso de DEA se pueden identificar una serie de características que conducen a una buena formulación. A tal efecto se toman las conclusiones del trabajo de Smith (1997). En función de que, como hemos mencionado, este trabajo no tiene por objeto analizar la técnica DEA sino darle aplicación, la fundamentación teórica y verificaciones empíricas de estas conclusiones pueden encontrarse en el citado trabajo.¹

- Omisión de una entrada: El hecho de subestimar una entrada afecta a la formulación teórica, puesto que en la restricción impuesta a las entradas esta puede tener peso suficiente para transformarse en la restricción más importante del modelo y por tanto distorsionar los resultados
- Inclusión de una variable extraña: La inclusión de una variable que no es representativa en el proceso analizado aumenta el número de restricciones reduciendo el poder de discriminación del modelo. Por tanto si el input agregado tiene valores favorables en una DMU ineficiente esta puede tornarse eficiente.
- Suposición errónea sobre las economías de escala: Aceptar CRS puede implicar que unidades eficientes en los límites de las economías de escala sean determinadas ineficientes. Por el contrario, aceptar VRS cuando los rendimientos son constantes (lineales) puede sobreestimar la eficiencia de DMUs de tamaños extremos.

Además del análisis de la modelización inicial, esta última consideración contribuye a la robustez de los resultados;

- Covarianza entre entradas: Según las pruebas empíricas de Smith (1997), una covarianza alta entre entradas conduce a mejores estimaciones de eficiencia debido a que aumenta su poder de discriminación. Este trabajo demuestra cómo la baja covarianza implica una sobreestimación de unidades eficientes.

Selección de modelo de análisis

Fundamentos básicos

En función de los criterios establecidos en los párrafos precedentes se estudiaron una serie de modelos acerca del proceso de generación de valor económico de una organización. Estos modelos además están limitados a la información disponible en los tres cuerpos de los estados contables;

- El balance general
- El estado de resultados
- El estado de flujo de efectivo

Considerando que la información a utilizar es la de estas tres fuentes, y que estas fuentes pueden combinarse para establecer ratios de forma de balance, ratios operativos y otras mediciones financieras, se estudiaron las posibles combinaciones de entradas y salidas que pudieran sintetizar de manera clara y comprensible el proceso de creación de valor económico.

El proceso de creación de valor económico debe verse desde la riqueza que un activo genera para el accionista, por tanto no es tan relevante cuánto la empresa vendió (en unidades o en moneda) sino cuánto valor económico creó². De manera general existen dos formas de ver el valor generado para el accionista en los estados contables (Brealey & Myers, 1991). Una acción puede generar valor de alguna de las dos formas siguientes:

- Por los flujos de fondos generados por la tenencia de la acción
- Por la valoración de la acción, que refleja las expectativas de flujos de fondos futuros puestas en la empresa

¹ El avance anterior de este proyecto (Piacenza, Salvático, & Chamorro, 2014) incluía una descripción detallada de los fundamentos del método.

² Se ha observado en muchos modelos DEA publicados en trabajos científicos, que comúnmente las Ventas son una salida del sistema, sobre el supuesto de “cuanto más ventas mejor”. Sin embargo, cuando se considera el valor económico de una organización, un aumento de las Ventas constante, supone un aumento del Activo y como contraparte, del Patrimonio Neto y/o del Pasivo. Cuando el financiamiento de la empresa se torna muy oneroso, la organización no crea valor económico sino que por el contrario puede destruirlo cuando la contribución marginal de la empresa se torna negativa. Incluso aún cuando el financiamiento es por aumento del Patrimonio Neto, si la contribución marginal decrece, el resultado por acción es menor, lo que hace al empresario “más pobre”.

En otras palabras, el valor generado y distribuido, neto de los gastos y costos puede verse en el incremento del valor patrimonial de la organización, antes del pago de dividendos.

Algunos modelos sencillos que reducen la cantidad de entradas y salidas posibles a un número razonable y claro de entradas y salidas, se proponen en los estudios de Jackson & Palmer (1988) y Majumdar (1998).

MODELIZACIÓN

Estamos ahora en condiciones de modelizar el problema en función de los datos de uso frecuente, y verificar que estos satisfagan las condiciones de modelización descritos hasta aquí. Utilizaremos un modelo basado en el utilizado por Majumdar (1988) al que añadiremos un output adicional: una auto-evaluación de sustentabilidad.

A los efectos de evaluar la eficiencia de las organizaciones desde una perspectiva que no sea estrictamente financiera, se incluye un output relacionado con el valor que cada compañía es capaz de entregar a la sociedad. En virtud de la proliferación de distintos modelos para la evaluación (Gibson, Hassan, & Tansey, 2013, p-180) optaremos por una autoevaluación sobre conceptos sencillos que permitan dar un puntaje a este output basado en una evaluación subjetiva.

Luego, nuestro modelo a utilizar será;

Inputs
<p>Capital de trabajo: El Capital de Trabajo son los recursos con los que cuenta la empresa para su operación normal en el ejercicio corriente. Contablemente el capital de trabajo surge de restar el Pasivo Corriente del Activo Corriente.</p> <p>Capital fijo: Es la parte del Capital de la empresa asociado a los activos que sirven para la operación de su negocio tales como maquinarias, patentes, y otros activos que se amortizarán en el largo plazo, mientras la organización produce valor agregado.</p>

Outputs
<p>Valor agregado: Es el valor agregado a la acción en el período contable, medido en Pesos Argentinos, como las utilidades generadas (retenidas y distribuidas) del último ejercicio fiscal.</p> <p>Sostenibilidad: Es el valor obtenido mediante un proceso de autoevaluación en el que se consulta a la organización sobre 10 variables relacionadas al Pacto Global de Naciones Unidas³, pidiéndole una opinión sobre el grado de adherencia a sus principios. Esta autoevaluación se computa en una calificación 1-10 sin otorgar un peso específico a ninguno de los 10 principios.</p>

Toma de muestras

Estudio preliminar

Nuestro estudio preliminar consistió en entrevistas a veinte (20) empresas ubicadas en el sur de la provincia de Santa Fe. 10 de estas empresas indicaron haber recibido algún tipo de subsidio o asistencia del gobierno o de entes privados, relacionados a la mejora de la competitividad. 7 indicaron no haberlos recibido y 3 indicaron haberlos solicitado sin éxito. La mayoría de los que solicitaron y obtuvieron o no, fueron del Gobierno Nacional y solamente 2 indicaron haber presentado solicitudes a mecanismos del sector privado. En general las experiencias convergen, ya que las declaraciones verbales indican que los mecanismos son engorrosos y demandan en general mucho tiempo para su consecución. Sin embargo, la visión general es que los objetivos para los que fueron presentados suelen cumplirse y las experiencias resultan positivas.

³ El Pacto Mundial es un instrumento de las Naciones Unidas (ONU). Su fin es promover el diálogo social para la creación de una ciudadanía corporativa global, que permita conciliar los intereses de las empresas, con los valores y demandas de la sociedad civil, los proyectos de la ONU, los planteamientos de sindicatos y organizaciones no gubernamentales (ONG) sobre la base de 10 principios en áreas relacionadas con los derechos humanos, el trabajo, el medio ambiente y la corrupción. (Naciones Unidas, 2015)

Con el objeto de identificar el potencial de la investigación de nutrirse de una base de datos representativa, se consultó a este primer grupo sobre su apertura a la comunicación de su información financiera para el uso académico. La mitad de los entrevistados manifestaron no estar dispuestos a compartir su información financiera básica, es decir, estados contables. Si bien esta información es de acceso público de acuerdo con la Ley de Sociedades Comerciales, su obtención es complicada ya que debe hacerse por medio de los estamentos correspondientes al control de las Sociedades Comerciales. El hecho es que la voluntad de compartir la información no parece ser una característica común, y existe cierta correlación entre el tamaño de la entidad y la apertura a mostrar su información, siendo esta apertura mayor en las organizaciones de mayor tamaño.

Como consecuencia, para la segunda fase del estudio, se optó por limitar la cantidad de información a requerir, y además limitar el tipo y tamaño de entidades a involucrar en el estudio, conjuntamente con el número total de estas organizaciones. De esta manera, la fase de colección de información cuantitativa apuntada a la prueba del modelo y las correspondientes corridas DEA se limita a un número de 22 empresas medianas de acuerdo a la definición de la Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa de la Nación.

Resulta entonces que nuestra población bajo estudio a través de la muestra seleccionada se circunscribe a compañías de mediano tamaño, que operan el sur de Santa Fe y sur de Entre Ríos que cuentan con una calificación bancaria para operaciones de crédito en bancos de primera línea.

Esta limitación nos permite además tener una mayor certeza sobre la fiabilidad de la información financiera, ya que esta última restricción introducida sobre la calificación bancaria hace que, al menos, los estados contables se hallen auditados sin salvedades y hayan sido sujetos a la revisión del comité de créditos de bancos de primera línea.

Dentro del conjunto de empresas analizado se aseguró que un grupo efectivamente recibiera subsidios (limitándose a los programas del Estado) a los efectos de tener un grupo experimental. Las empresas restantes constituyen nuestro grupo testigo. Se calculan las corridas DEA para todo el conjunto, indistintamente de la existencia de subsidios y se buscarán las correlaciones que pudieran existir entre la eficiencia técnica determinada por el score de DEA y la presencia o no de subsidios.

Corridas DEA

Cómputo DEA

Existe una recomendación general para la cantidad de DMU a utilizar para optimizar la capacidad de discriminación de DEA. La regla utilizada es que si n es la cantidad de DMUs, $n \geq \text{Max} \{r \times s ; 3(r + s)\}$ donde r y s son el número de entradas y salidas respectivamente. En el caso particular del problema bajo análisis se verifica que $n=22 \geq \text{Max} \{6 ; 15\}$

De todas maneras, la convergencia del modelo finalmente se evaluará en virtud de la representatividad de la muestra y la robustez de los resultados, sustentando la selección de variables y DMUs.

Recolección y carga de datos

Se seleccionaron 22 empresas⁴ y se obtuvieron sus estados contables auditados para el último ejercicio anual cerrado. Se verificó que estos estados contables no presentaran inconsistencias importantes con los años anteriores a efectos de filtrar datos que pudieran ser outliers al momento de la entrada.

Los datos colectados fueron:

Empresa	Capital de Trabajo {I}	Capital Fijo {I}	Valor Generado {O}	Puntaje Sustentabilidad {O}
MAQAGRO	11.816	66.756	9.919,942	76
ELECTR	28.752	6.117	2.036,349	94
CHACINA	2.301	20.809	278,841	55
ROPA	918	509	282,699	64
BLANCO	52.224	12.119	4.759,131	43
AGROALIM1	151.608	3.454.153	590.660,163	86
AGROALIM2	3.068	2.073	924,973	39
AGROP1	217	4.550	3.733,275	50

⁴ Los nombres de las empresas han sido disfrazados para cuidar la confidencialidad de los datos. Los nombres empleados buscan reflejar sector de cada empresa a efectos informativos.

Empresa	Capital de Trabajo {I}	Capital Fijo {I}	Valor Generado {O}	Puntaje Sustentabilidad {O}
AGROP2	12.028	28.634	3.619,338	55
AGROP3	14.002	7.807	1.160,901	56
SERVPUB1	11.985	80.929	226,601	57
SERVPUB2	656	11.848	1.254,703	59
AUTOMOV	12.248	3.603	1.243,035	69
AUTOPART	31.438	22.373	3.232,899	66
AGROP4	3.741	1.546	62,922	78
CONSTRUCT	1.676	5.663	1.559,024	39
SUPERMERC1	10.816	23.044	4.963,678	71
AGROALIM3	18.688	39.620	2.139,480	89
SALUD	650	10.330	1.183,818	93
TRANSPOR	31.572	24.664	4.920,468	42
SIDERURD	301.539	70.311	7.994,361	96
SUPERMERC2	326	485	104,275	47

Capital de Trabajo, Capital Fijo y Valor Generado en '000 de Pesos Argentinos

Análisis DEA usando EMS

Para el cómputo del modelo DEA se utilizó una herramienta denominada EMS, Efficiency Measurement System v. 1.3.0 creada por la Universidad de Dortmund. (Scheel).

Los datos se analizan para un modelo convexo orientado a las salidas, con rendimientos variables de entrada. El modelo elegido permite computar supereficiencias (es decir, scores mayores a 100%)

Obteniéndose el cómputo de los resultados como sigue:

MAQAGRO	117,44%
ELECTR	80,61%
CHACINA	169,20%
ROPA	44,46%
BLANCO	105,50%
AGROALIM1	1,68%
AGROALIM2	157,10%
AGROP1	big
AGROP2	154,54%
AGROP3	159,37%
SERVPUB1	163,87%
SERVPUB2	146,73%
AUTOMOV	112,92%
AUTOPART	142,40%
AGROP4	87,73%
CONSTRUCT	167,57%
SUPERMERC1	107,13%
AGROALIM3	105,20%
SALUD	63,27%
TRANSPOR	138,28%
SIDERURD	97,83%
SUPERMERC2	big

Los resultados 'big' se consideran outliers y se quitan del análisis. El dato 'big' aparece cuando la eficiencia técnica es

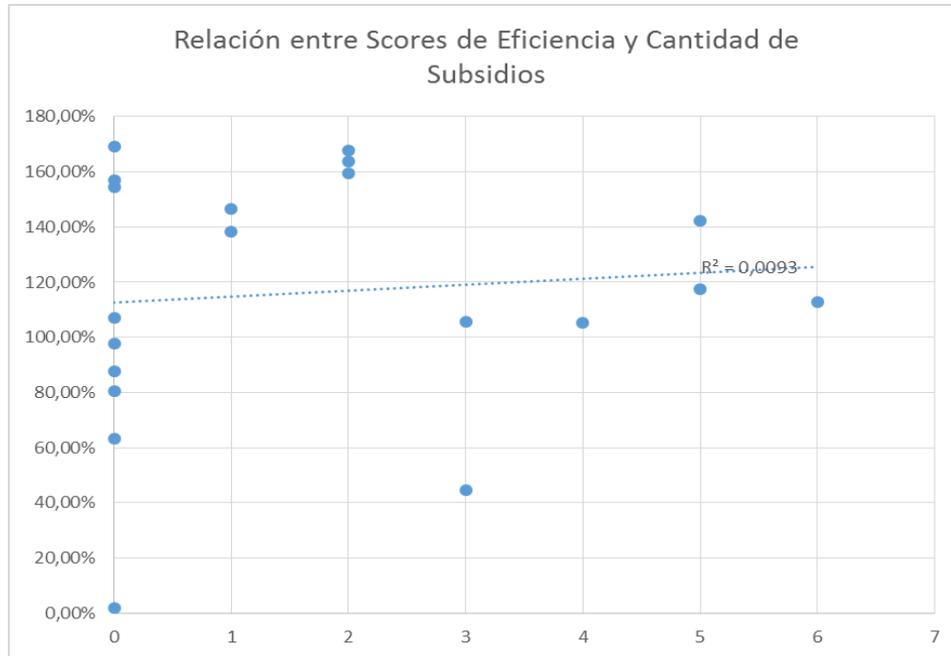
un outlier para una prueba t de Student al 95% de confianza sobre la variable ‘Score de Eficiencia’.

Análisis del grupo testigo y el grupo experimental

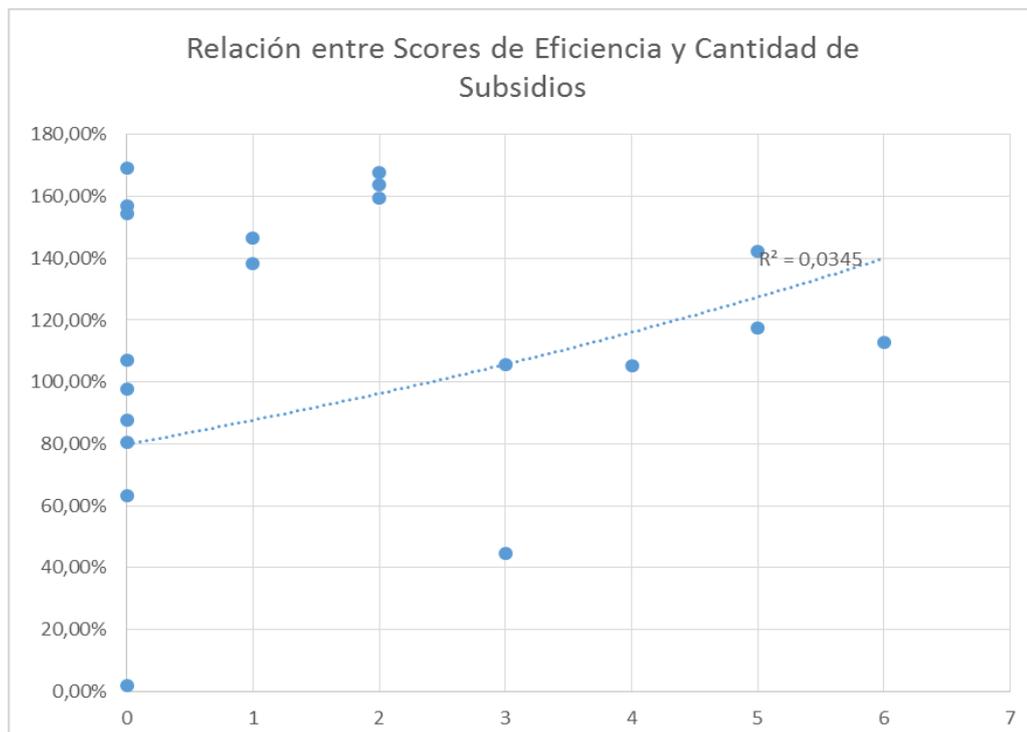
Para analizar el efecto de los programas de estímulo, se consultó a las empresas sobre la cantidad de programas suscritos y ejecutados (incluyendo los que están actualmente en ejecución) a lo largo de los últimos cinco ejercicios fiscales, a los efectos de ver el efecto agregado de los mismos.

Buscando las correlaciones entre scores de eficiencia y programas de estímulo, se construye el siguiente diagrama de dispersión, que busca interpolar una recta de mínimos cuadrados entre los puntos del diagrama.

El resultado se expone en el siguiente gráfico



Si se busca interpolar adicionalmente una función exponencial, el R^2 se reduce. Sin embargo los niveles de correlación siguen siendo aún muy bajos



CONCLUSIONES

En función de los resultados observados hasta el momento, no se encuentra una correlación fuerte entre los scores de eficiencia técnica obtenidos mediante DEA y el número de programas de estímulo, lo que resulta claramente visible en los bajos valores de R-cuadrado. Por lo tanto, no se puede suponer una relación causal.

Esto no es evidencia suficiente para descartar la causalidad. Sin embargo, en la muestra analizada no se pueden atribuir correlaciones en compañías de diversos sectores y similar tamaño, por lo tanto también podríamos decir que de nuestros hallazgos, podemos observar un considerable número de empresas con altos niveles de eficiencia que no necesariamente han empleado estos mecanismos⁵.

No obstante lo expuesto en los últimos dos párrafos, también se puede observar en los datos que todas las organizaciones que recibieron estímulos, a excepción de una, obtuvieron scores iguales o superiores al 100%. Esto también puede ser una pista a favor de estos programas. De verificarse una hipótesis en línea con esta pista, podríamos identificar una correlación entre estos programas y el establecimiento de unas condiciones mínimas de eficiencia / competitividad.

Aplicaciones ulteriores

Los resultados del análisis de los datos de campo nos llevaron en primera instancia a una doble negación: No encontramos información suficiente para descartar la hipótesis de que los programas de competitividad hacen a las empresas más eficientes en un período razonable. Asimismo, estos programas anuncian que la asignación de fondos públicos contribuye a la competitividad empresarial en su conjunto. Por los métodos empleados, ni esa correlación, ni la causalidad anunciada son verificables por el momento.

Surge una pista de los datos que es pasible de estudio y que nos plantea una revisión en nuestra pregunta de investigación. Esta consiste en la observación de que si bien estos programas no necesariamente mantienen una relación lineal con los scores de eficiencia o supereficiencia, sin embargo, los mismos podrían coadyuvar a lograr las condiciones mínimas de eficiencia competitiva, lo que podría implicar una contribución positiva al desarrollo empresarial en general. En el estudio realizado, 11 de 12 empresas que recibieron los estímulos se encontraron sobre la frontera de eficiencia, mientras que 4 de 9 que no los recibieron se encontraron sobre esta frontera.

Posteriores trabajos pueden, mediante la ampliación de las muestras, la segmentación de sectores, la variación de los modelos empleados u otras alteraciones de los supuestos, ampliar el conocimiento disponible sobre esta relación.

Adicionalmente, las futuras corridas de los datos deberán incluir un análisis pormenorizado de las holguras en entradas y salidas y los resultados de computar distintos modelos.

REFERENCIAS

- Brealey, R., & Myers, S. (1991). *Principles of Corporate Finance*. New York: McGraw-Hill.
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). "Measuring the efficiency of decisional making units. *European Journal of Operational Research* – Vol. 2, 129-44.
- Gibson, B., Hassan, S., & Tansey, J. (2013). *Sustainability assessment: criteria and processes*. Routledge.
- Jackson, P. .. (1988). The economics of internal organization :The efficiency of parastatals in less developed countries. En P. Cook, & C. Kirkpatric, *Privatization in Less Developed Countries* (págs. 195-216). New York: St. Martin's Press.
- Majumdar, S. (1998). Assessing Comparative Efficiency of the State-Owned Mixed and Private Sectors in Indian Industry. *Public Choice, Vol. 96, No. 1/2, 1-24*.
- Månsson, J. (2003). How can we use the result from a DEA analysis? Identificarion of firm-relevant reference units. *Journal of Applied Economics Vol VI, N°1., 157-75*.
- Pérez Mackeprang, C., & Alberto de Azcona, C. (2001). Medida de la eficiencia técnica utilizando la programación matemática (Métodos DEA). *Revista de la Escuela de Perfeccionamiento en Investigación Operativa N° 21., 93-112*.
- Piacenza, L., Salvático, P., & Chamorro, A. (2014). Análisis de la eficiencia técnica de programas de desarrollo empresarial: Avance de investigación. *Energeia. Vol11 - Nro11, 57-64*.
- Scheel, H. (s.f.). <http://wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/ems>.

⁵ Del total analizado, 4 empresas tienen scores superiores al 100% sin haber recibido ningún estímulo. Dos superan el 100% con un solo programa en su haber. Llamamos la atención tres scores cercanos al 160% con dos programas.

Smith, P. (1997). Model misspecification in Data Envelopment Analysis. *Annals of Operations Research. TIMS/ORSA Joint National Meeting, Boston.*, 233-252.

Naciones Unidas (Julio de 2015). <http://www.pactomundial.org/global-compact/>.

Estudio de los procesos de transferencia de masa, cantidad de movimiento y energía en el secado de granos de origen agrícola. Desarrollo de herramientas de cálculo aplicables al diseño de equipos y control de procesos

**Boffa, Guillermo; Casiello, Francisco; Farías, Ana María; Galaretto, Oscar;
Giannico Fernando; Herrera, Luis**

Proyecto “Secado industrial de granos de origen agrícola (Estado del arte, herramientas de cálculo en la determinación de parámetros psicrométricos del aire de secado y aplicación de redes neuronales al control de procesos de secado)”

Facultad de Química e Ingeniería Fray Rogelio Bacon de Rosario
Universidad Católica Argentina. Av. Pellegrini 3314 Rosario 2000

ingeniería_rosario@uca.edu.ar

Resumen. *Se ha mencionado en publicaciones anteriores que el estudio sobre secado de granos de origen agrícola forma parte de un proyecto amplio de investigación institucional dirigido a desarrollar temas vinculados a la actividad industrial en la zona núcleo agropecuaria, donde se encuentra ubicada la Facultad. En este trabajo se presenta una herramienta de cálculo, cuya estructura se formuló en trabajos anteriores [6], que permite determinar la relación aire/combustible y el consumo de combustible teórico de procesos particulares que utilicen gases de combustión en lugar de aire. Disponer del estándar de consumo que provee la herramienta significa, para el usuario, la posibilidad de valorar las diferencias con los consumos reales de su instalación e identificar causas asignables de operación o diseño y eventualmente corregirlas. También se avanzó en el análisis del control de procesos mediante redes neuronales y en el presente trabajo se compara el funcionamiento de sistemas de control convencionales tipo PID con el desempeño de los neuro controladores, cuando contamos con incertidumbre en las especificaciones de diseño. Respecto al desarrollo de métodos de laboratorio para determinar la densidad de sustancias pulverulentas considerado en trabajos anteriores [6], se elaboraron listas de materiales de laboratorio necesarios para llevarlo a cabo. Finalmente, se está gestionando la donación por parte de empresas industriales de la zona de equipamiento en desuso para la construcción de un secadero a escala piloto.*

Palabras Clave: *Energía; Procesos; Secado; Termodinámica*

Abstract. *It has been mentioned in previous publications that the study on agricultural grain drying processes is part of a broader research project related to industrial activity in the agricultural core zone around Rosario in Argentina, where the School of Engineering of the Catholic University of Argentina, Campus Rosario, is located. This paper presents a calculation tool, whose structure was formulated in previous work [6], which determines the air / fuel and theoretical fuel consumption of particular processes that use combustion gas instead of air. Having the consumer standard tool provides means for the user to assess the differences with the real consumption and identify assignable causes of operation or design and eventually correct them. Progress was also made in the analysis of process control using neural networks in this paper, and the operation of systems of conventional PID control performance compared neuro drivers when we have uncertainty in the design specifications. Regarding the development of laboratory methods for determining the density of powdery substances considered in previous work [6], lists necessary laboratory materials were prepared to carry it out. Finally, the donation of unused equipment is being managed by industrial companies for the construction of a pilot-scale dryer.*

Keywords: *Energy; processes; Drying; Thermodynamics*

1. DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE PARA SISTEMAS DE SECADO CON GASES DE COMBUSTIÓN

1.1.- Estructura de la planilla de cálculo

Se ha utilizado como base planillas de cálculo Excel y elementos de VBA. La figura (1) muestra la estrategia de cálculo ya presentada [6] y utilizada en la elaboración de la planilla.

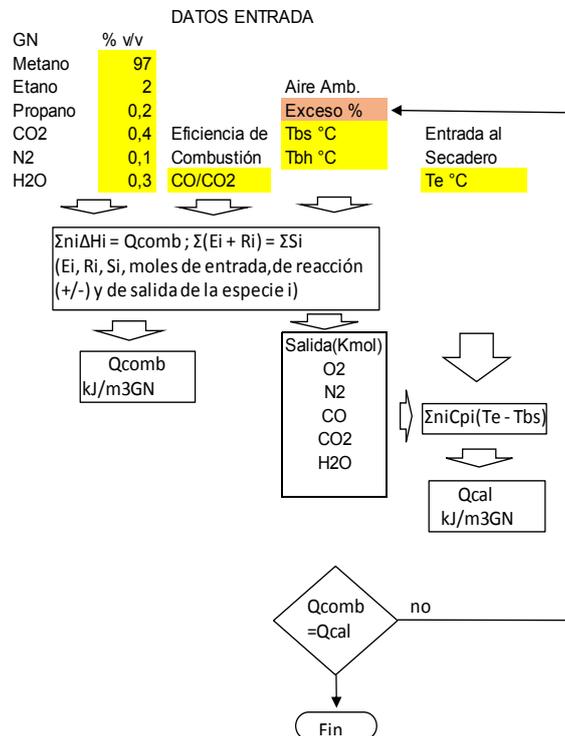


Figura 1. Estrategia de cálculo para obtener la relación aire/combustible y la composición de los gases de secado. Fuente: elaboración propia.

La planilla tiene incorporados, además de los pesos moleculares, calores de combustión y calores específicos de las especies puras, la composición estándar del GN de red disponible en nuestro país y una composición típica de LPG, combustible mayoritariamente utilizado en aplicaciones rurales de procesos de secado. El paquete de datos aplicable se carga automáticamente al seleccionar el combustible en la lista desplegable del formulario de ingreso.

Está claro que para utilizar correctamente la herramienta con combustibles de composición diferente, debe intervenir la planilla para agregar la opción.

En la versión que se presenta no está incorporada la eficiencia de combustión pues ésta depende del sistema particular al que se aplique, y si bien puede estimarse a partir de datos de diseño (tipo de quemadores, presiones de combustible y aire, geometría de la cámara, etc.) en rigor no puede determinarse de antemano pero sí pueden hacerse determinaciones de CO y CO₂ en marcha y agregar la relación a la planilla. Debe aclararse sin embargo que estos cálculos rigurosos cuantitativamente pueden resultar irrelevantes debido al gran exceso de aire con que trabajan estos sistemas.

1.2.- Formulario de entrada de datos y visualización de resultados.

En la Figura 2 se presenta un formulario de usuario tipo, que cuenta con una serie de celdas accesibles para el ingreso de datos, (únicamente los datos de temperatura de bulbo seco y húmedo del aire ambiente y la temperatura deseada de ingreso al secadero), además de una celda con lista desplegable para seleccionar el combustible.

Tiene incorporado un botón que debe accionarse al finalizar el ingreso de datos, el evento tiene asociada una macro disponible en VBA que ajusta el exceso de aire tal que la temperatura adiabática de llama sea la requerida por el proceso.

Finalmente se muestra una aplicación a secaderos continuos en régimen estacionario, donde el resultado principal es el consumo de combustible teórico para la operación particular.

DATOS DE ENTRADA

AIRE

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	28	<<Ingresar
TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO (°C)	19	<<Ingresar
COMBUSTIBLE	GN	<<Ingresar
TEMPERATURA REQUERIDA PARA SECAR (°C)	75	<<Ingresar

RESULTADOS

RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE (m3/m3)	574,5	<<CALCULAR
TEMPERATURA (°C)	75	
COMPOSICIÓN (% p/p)		
	CO2	0,27%
	H2O	1,44%
	CO	0,00%
	O2	22,61%
	N2	75,69%
HUMEDAD ABSOLUTA (kgv / kg gas)		0,015
HUMEDAD RELATIVA (%)		5,9%

APLICACIÓN A SECADERO INDUSTRIAL EN RÉGIMEN ESTACIONARIO

ALIMENTACIÓN (ton/h)	12	<<Ingresar
RELACIÓN DE SECADO (m3G/Ton)	1700	<<Ingresar
GAS DE SECADO (m3G/h)	20400	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE Nm3/nora	35,5	

Figura 2: Formulario de entrada de datos y resultados. Fuente: Elaboración propia.

1.3.- Características y funcionamiento de la planilla de cálculo.

En la Figura 3 se muestra la planilla con los cálculos principales, que se resumen como sigue: .

- Con los datos de Temperaturas de bulbo húmedo y seco se calculan todos los parámetros psicrométricos del aire ambiente aplicando correlaciones polinómicas desarrolladas en trabajos anteriores [4][5], se utiliza en este caso la humedad absoluta para incorporar el contenido de agua inicial al balance de masa.
- Utilizando los datos de composición y PCI del combustible seleccionado se calcula el calor generado en base unitaria.
- Por estequiometría y utilizando la eficiencia de combustión (desactivada en el ejemplo) se calcula el oxígeno consumido y los productos de la combustión.
- Se fija un exceso de aire arbitrario y se calcula la composición del gas de secado y el peso molecular medio, también se calcula la humedad absoluta y relativa de la mezcla utilizando las correlaciones desarrolladas con anterioridad [4][5].
- Seguidamente se calcula la cantidad de calor consumida por las especies resultantes para alcanzar una temperatura adiabática de llama igual a la requerida por el proceso.
- Finalmente se compara la cantidad de calor consumida con la generada en la combustión y se ajusta el exceso de aire hasta diferencia cero. El programa ejecuta la iteración automáticamente al oprimir el botón “Calcular” del formulario de entrada de datos.
- Como la base de cálculo es el volumen unitario de combustible, el aire calculado es directamente la relación aire / combustible que satisface la condición de temperatura establecida.

HUMEDAD DEL AIRE			
X (kg/kg _{gas})	0,01236438		
Xv (m ³ H ₂ O/m ³ as)	0,020		

CALOR GENERADO				BALANCE DE O ₂				
GN	Base GN % v/v	PM Nm ³ /h	Caudal (kg/h)	% p/p	PCI ΔHcomb.(kj/kg)	Q (kj/h)	O ₂ Esteq. m ³ /h	+ Exceso
Metano	97	16	0,69285714	94,2548281	-49966,048	-34619,3	Metano	1,94
Etano	2	30	0,02678571	3,64387222	-47441,328	-1270,7	Etano	0,07
Propano	0,2	44	0,00392857	0,53443459	-46311,056	-181,9	Propano	0,01
CO ₂	0,4	44	0,00785714	1,06886918			CO ₂	0
N ₂	0,1	28	0,00125	0,17004737			N ₂	0
H ₂ O	0,3	18	0,00241071	0,3279485			H ₂ O	0
Total	1 m ³ /h		0,73508929	100	Total	-36072,0	Total	2,02
								120,64

PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN				N ₂ Nm ³ /h		Aire Nm ³ /h	
	CO ₂ m ³ /h	H ₂ O m ³ /h	CO m ³ /h	7,60	453,85	9,62	574,49
Metano	0,97	1,94	0				
Etano	0,04	0,06	0				
Propano	0,006	0,008	0				
TOTAL	1,016	2,008	0				

ENTRADA A SECADERO				HUMEDAD DEL GAS DE SECADO		
	Nm ³ /h	PM	kg/h	% p/p	X (kg/kg)	0,01456665
CO ₂	1,016	44	1,99571429	0,27%	Pv (bar)	0,02281887
H ₂ O	13,3919723	18	10,7614063	1,44%	Ps (bar)	0,38595589
CO	0	28	0	0,00%	H.R	5,9%
O ₂	118,623413	32	169,462018	22,61%		
N ₂	453,850028	28	567,312535	75,69%		
Mezcla	586,881413	28,6080103	749,531674	100,00%		
Gas Seco	573,489441	28,8557257	738,770268			

CÁLCULO DE LA TEMPERATURA ADIABÁTICA			
EXCESO %	5872,44617		
T mezcla	75		
Cp (kj/kg°C)	Q kj/h		
CO ₂	0,84	78,7908	
H ₂ O	1,881	951,383649	
CO		0	
O ₂	0,918	7311,60823	
N ₂	1,04	27730,2367	
		36072,02	
Diferencia Q	0		

Figura 3: Resumen de la planilla de cálculo. Fuente: Elaboración propia.

2. CONTROL DE PROCESOS DE SECADO DE GRANOS CON REDES NEURONALES

Diseño del control, basado en las especificaciones:

En esta etapa, el diseño del control de procesos de secado de granos se basará en desarrollar un controlador clásico con las especificaciones dadas de margen de ganancia o de fase. Posteriormente ya una vez contando con este diseño clásico se podrá comparar su desempeño frente al desempeño de los neuro controladores, cuando contamos con incertidumbre en las especificaciones de diseño, tal como ocurre en el caso real {1}.

a) Especificaciones de margen de amplitud:

Comenzaremos por considerar la planta $b/(s+a)$ con retardo, ya planteada en trabajos anteriores. Tomaremos el caso con retardo de 0,1. La vamos a realimentar con un clásico regulador del tipo PID, por lo cual debemos SETEAR tres ganancias. Mostramos, primeramente, la estructura del sistema en cuestión:

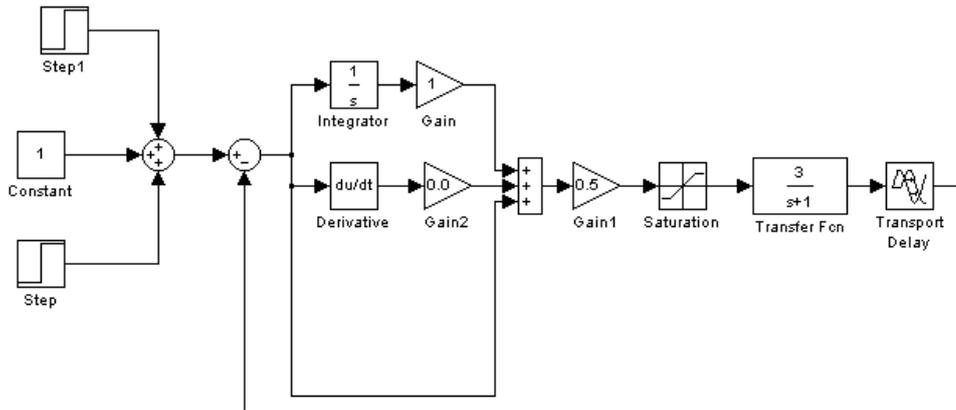


Figura 4. Estructura del sistema de control digital PID. Fuente: elaboración propia.

Para la parametrización del regulador se ha utilizado como criterio el de obtener un lazo con margen de ganancia de 10. Recordemos que, la ganancia de la Función Descriptiva (k_c), es lo que falta al punto de cruce de la curva de Nyquist del sistema a lazo abierto para llegar a -1 ; el margen de ganancia es, precisamente, lo que querríamos que le faltara al punto de cruce de la curva del sistema a lazo cerrado para llegar a -1 , por lo cual la ganancia proporcional del regulador se obtiene fácilmente haciendo:

$$K = k_c / A_m \quad \text{donde 'A}_m\text{' es el margen de ganancia especificado}$$

$$K_c = 4d/\pi a = 5,787 \text{ entonces } k = 0,5787$$

Elegimos, para este caso $T_i = 1$ (es el único grado de libertad que tenemos para diseñar) y T_d queda fijado a $1/\omega_c^2 \cdot T_i$ para mantener el margen de ganancia en 10; siendo $\omega_c = 15,7$, T_d queda fijado a 0,004. Los resultados se muestran a continuación.

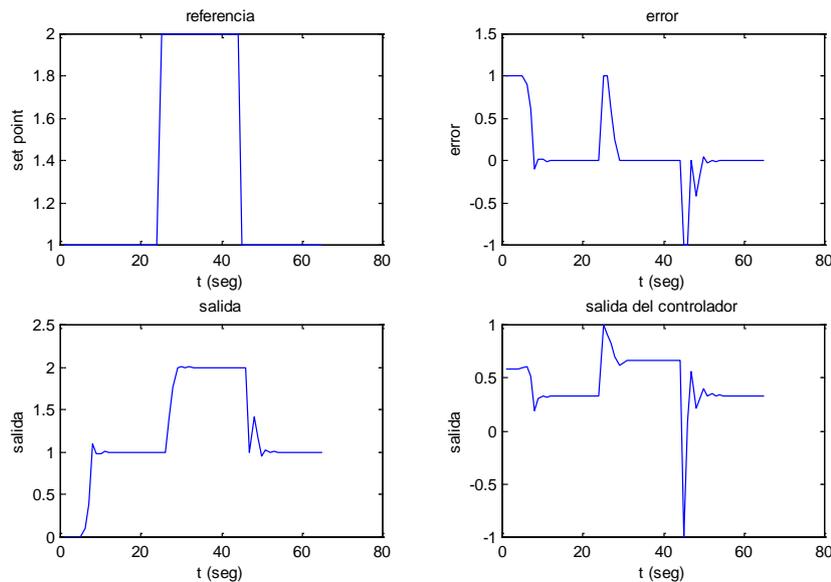


Figura 5. Especificaciones de margen de amplitud. Fuente: elaboración propia).

b) Especificaciones de margen de fase

Trabajaremos ahora sobre la planta $1/s \cdot (s+1) \cdot (s+10)$ que ya analizamos anteriormente. La idea ahora será especificar margen de fase. La estructura del sistema es la siguiente:

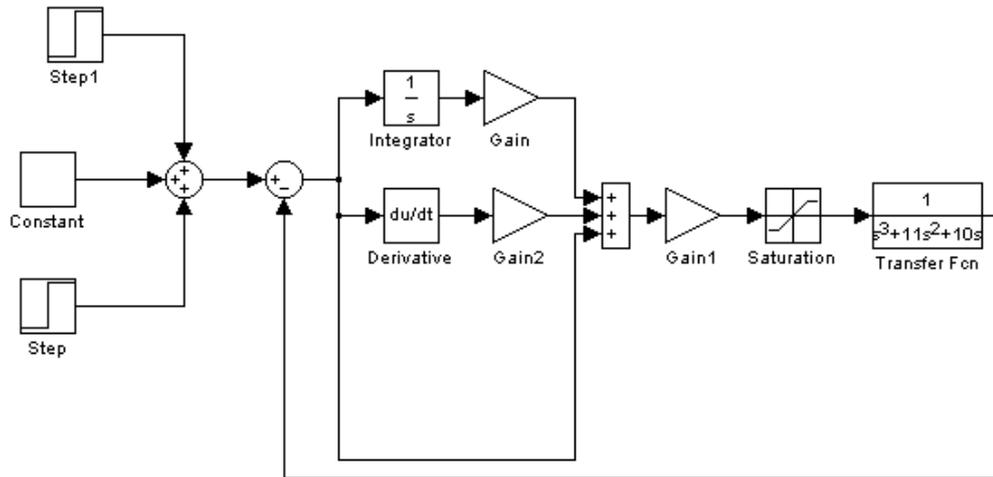


Figura 6. Estructura del PID realimentado. Fuente: elaboración propia.

Primeramente resulta importante visualizar algunos detalles de las curva de Nyquist del sistema:

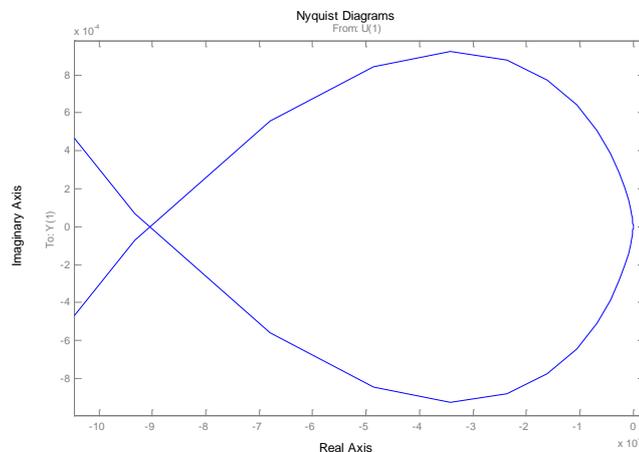


Figura 7. Curva de Nyquist. Fuente: elaboración propia.

Lo que se muestra aquí es el detalle de la curva de Nyquist cerca del origen a fin de ver con que precisión se obtuvo el punto de cruce. Como vemos, el punto de cruce se halla en $-0,009$; como se dijo, la estimación de este punto es $-1/kc$; siendo $kc = 106$, obtenemos un valor de $-0,009434$ que esta tan solo un 4 % alejado del simulado.

Nuestro objetivo será entonces, el de diseñar para obtener un margen de fase de 60° . Como ya vimos, $kc = 106$; especificamos un margen de fase (ϕ_m) de 60° , por lo cual, realizando los cálculos necesarios, tenemos:

$$k = kc \cdot \cos(\phi_m) = 53 \quad \text{Hacemos } T_i = \alpha \cdot T_d \quad \text{haciendo } \alpha = 0,2$$

$$T_d = 1,065, \text{ entonces } T_i = 0,213$$

Mostramos a continuación el resultado:

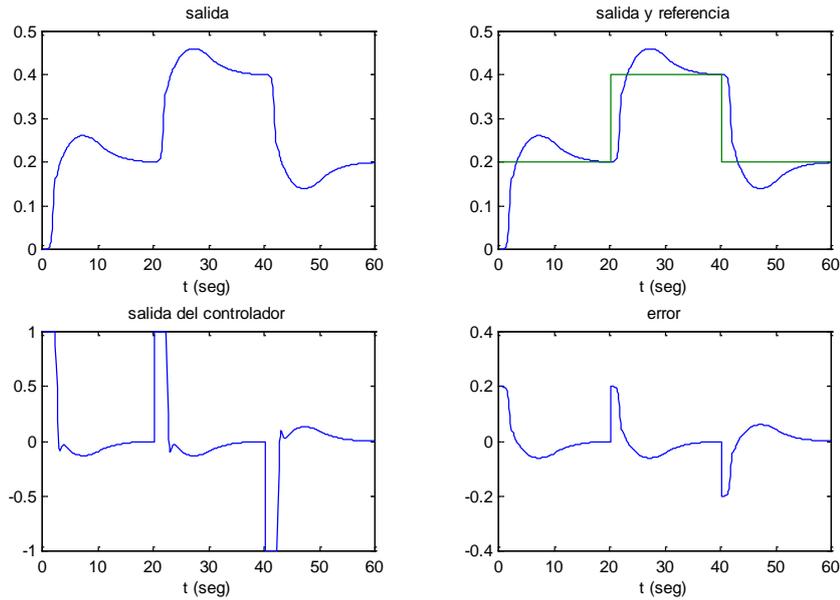


Figura 8. Especificaciones de margen de fase. Fuente: elaboración propia.

c) Estudio del caso completo

Vamos a desarrollar ahora el caso completo, que es un sistema de tercer orden, que resulta con un grado de mayor complejidad, similar al proceso de secado de granos.

La planta entonces queda definida por:

$$10$$

$$s^3 + 13s^2 + 32s + 20$$

Primeramente analizaremos un poco la planta; comenzamos viendo la constelación de polos y ceros, diagramas de Nyquist y Bode y respuesta al escalón:

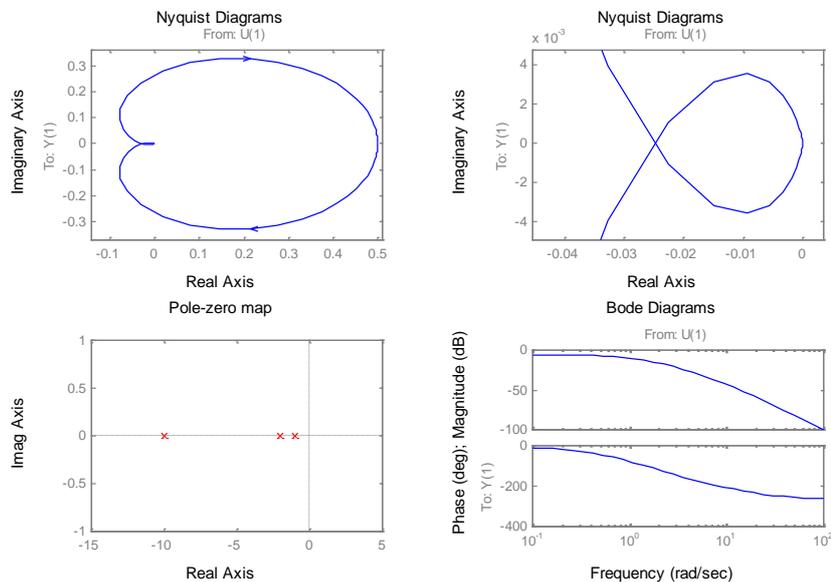


Figura 9. Especificaciones del caso completo. Fuente: elaboración propia.

Y la respuesta a un escalón unitario:

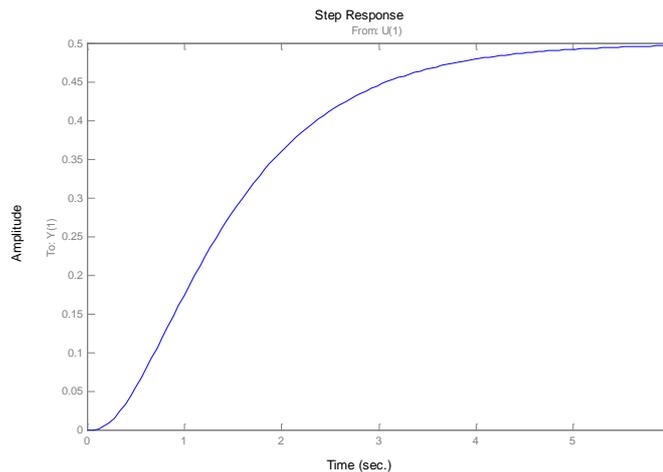


Figura 10. Respuesta a un escalón. Fuente: elaboración propia.

De los anteriores ensayos podemos visualizar que:

$$T = 1,2 \quad a = 0,0065 \quad d = 1$$

De aquí:

$$\omega_c = 5,236 \text{ rad/seg} \quad kc = 195$$

Diseñaremos entonces, nuestro controlador, según las especificaciones, para lograr un margen de ganancia de 10. De allí van a surgir los siguientes parámetros para el clásico controlador PID

$$P = 19,5 \quad - \quad I = 0,2 \quad - \quad D = 0,182$$

3. CONCLUSIONES

3.1. Sistemas de secado que utilizan gases de combustión

Se ha obtenido una herramienta de cálculo de aplicación sencilla que provee como resultado principal la relación aire / combustible teórico de cualquier proceso de secado particular que utilice gases de combustión únicamente con datos de temperatura de bulbo húmedo y seco del aire ambiente y la temperatura de ingreso al secadero requerida. Su aplicación en control de procesos permite valorar las desviaciones y eventualmente actuar sobre las causas para conseguir ahorros de energía genuinos en instalaciones reales.

3.2. Sistema de control con redes neuronales

Hemos revisado algunos elementos que hacen al diseño e implementación de un sistema de control de procesos de secado de granos empleando un esquema clásico de control con especificaciones de diseño dadas. Ahora bien, a la hora de considerar los retardos propios de la planta, las no linealidades presentes y las posibles perturbaciones aleatorias, hemos analizado en trabajos anteriores también la implementación de controladores adaptivos con redes neuronales mediante estrategias que recurren al entrenamiento de la red neuronal fuera de línea (neuro/identificador) y el empleo de una red neuronal para diseñar el control necesario (neuro/controlador).

4. ACCIONES FUTURAS

4.1. Balance de masa y energía

- Se está considerando la aplicación específica de estas herramientas de cálculo a la problemática del secado en lecho fijo como sucede en aplicaciones rurales y centros de acopio, con el objetivo de determinar temperaturas óptimas de secado, tiempos de tratamiento, curvas de calentamiento, etc. teniendo en cuenta que la efectividad

del proceso depende fuertemente de las condiciones de humedad y temperatura del aire ambiente.

- Se espera disponer de los materiales de laboratorio necesarios para concluir el desarrollo de los métodos de determinación de densidad real de materiales pulverulentos para aplicarlos al cálculo de potencia necesaria para circular aire en lechos fijos y móviles.
- Se ha alcanzado un preacuerdo con una empresa industrial de la zona para la donación de equipamiento en desuso pero apto para montar una planta piloto de secado de granos. Se ha identificado una serie de equipos que posee la empresa útiles a este propósito y se espera concretar en breve la donación para comenzar la adaptación de los mismos al proyecto.

4.2. Neurocontroladores

- Como trabajo futuro estamos explorando en detalle este esquema de controlador adaptivo con redes neuronales y múltiples controladores (técnica conocida como: Multiple Models, Switching and Tuning) que permita alcanzar un aprendizaje on-line {2, 3} y un desempeño más eficiente del sistema de control, comparándolo con este esquema tradicional de control presentado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA) y a la Facultad de Química e Ingeniería del Rosario por financiar este proyecto de investigación.

REFERENCIAS

- [1] Huailin S. and Youguo P. (2005), *ACSE 05 Conference*, 19-21 December 2005, CICC, Cairo, Egypt.
- [2] Levin U. and Narendra K. (1993), *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 4, no. 2, pp. 192-206.
- [3] K. S. Narendra and J. Balakrishnan, *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 42, no. 2, pp. 171-187, 1997.
- [4] Boffa, Guillermo; Casiello, Francisco; Fariás, Ana María; Galaretto. Oscar: Revista Energeia - Número Aniversario – Año 10 / 2012 – 2013 ISSN 1668 -1622,
- [5] Boffa, Guillermo; Casiello, Francisco; Fariás, Ana María; Galaretto. Oscar: Giannico Fernando; Herrera, Luis; Scuracchio Pablo. COINI 2014 (Presentación en) VII CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.
- [6] Boffa, Guillermo; Casiello, Francisco; Fariás Ana María; Galaretto, Oscar; Giannico, Fernando; Herrera, Luis; Scuracchio, Pablo. Revista Energeia –Año 12 – N°12 – 2014 ISSN 1668 – 1622.

Marginalidad urbana y organizaciones de la sociedad civil en el barrio San Francisquito de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina.

Fernández, Carlos y Aradas Díaz, María Elena

Proyecto “Marginalidad urbana y organizaciones de la sociedad civil en asentamientos precarios de las Áreas Metropolitanas de Buenos Aires y Rosario”

Facultad de Química e Ingeniería Fray Rogelio Bacon de Rosario
Universidad Católica Argentina. Av. Pellegrini 3314 Rosario 2000

Resumen. *Nuestro Proyecto de Investigación, coordinado por el Centro Franciscano de Estudio y Desarrollo Regional (CEFEDER) con la Facultad de Química e Ingeniería de la Universidad Católica Argentina, sede Rosario, tiene como uno de sus objetivos identificar y caracterizar las organizaciones de la sociedad civil (OSC), analizar y describir los modos del accionar de las organizaciones sociales en relación a la organización comunitaria, la participación social y la acción colectiva barrial, que entendemos clave para la sustentabilidad del territorio. Para esta perspectiva nos ayudará un cambio epistémico que pretende ir del “estar” al ser” y lo realizaremos de la mano del pensador Argentino Rodolfo Kusch, pensador nacido en Buenos Aires (1922 – 1979) que se destacó como un verdadero arqueólogo de nuestro pensar argentino y americano. La metodología de investigación es la investigación acción participativa, que apunta a descubrir en cuanto estas organizaciones en interacción con la comunidad, aportan a la construcción del “nosotros comunitario”. En esta primera etapa intentamos saber quiénes están-siendo en el barrio con su accionar como organizaciones barriales. El avance de la investigación se encuentra en la fase de relevamiento de las organizaciones barriales reconocidas por los pobladores locales.*

Abstract. *Our research project, coordinated by the Regional Franciscan Center for Study and Development (CEFEDER) of the Catholic University Argentina, Rosario headquarters, has as one of its objectives to identify and characterize the civil society organizations (CSOs), analyze and describe the modes of action of social organizations in relation to community organization, social participation and neighborhood collective action, we mean key to the sustainability of the territory. For this perspective will help us epistemic change that aims to go from "being" to be "and we will hand the Argentine philosopher Rodolfo Kusch, thinker born in Buenos Aires (1922-1979) stood out as a true archaeologist of our thinking Argentine and American. The research methodology is participatory action research, which aims to discover these organizations as interacting with the community, contribute to the construction of "us Community". In this first stage we try to know who is-being in the neighborhood with their actions as neighborhood organizations. The progress of the investigation is in the phase of survey of neighborhood organizations recognized by local people.*

ENCUADRE TEÓRICO

Este enfoque epistémico busca lo más, lo diferente y único de un otro. Para esta mirada o perspectiva nos ayudará un cambio epistémico que pretende ir del “estar” al “ser” y lo realizaremos de la mano del pensador Argentino Rodolfo Kusch, que fue descubriendo aquello que a modo de magma interno soporta la corteza de lo que vemos y permite a ésta su manifestación, en una búsqueda por superar la dialéctica de una cultura mestiza, polarizada entre el mero “estar” americano como categoría opuesta al “ser” europeo. Es el principal iniciador del empleo filosófico de la diferencia entre “ser” y “estar”, característica de nuestra lengua, para designar algo propio, aunque no exclusivo, sino universal, de lo que él mismo llamó “América Profunda” y que diera lugar a una de sus obras más emblemáticas. De esta manera intentó darle un alcance y explicación filosófica a lo que descubrió en sus trabajos de campo antropológicos, tanto de las culturas indígenas (sobre todo las andinas), como en la cultura urbana popular latinoamericana. En la intervinculación de dichas dimensiones se puede comprender la existencia cultural de los pueblos y de los hombres como un “estar-siendo-así”. Nosotros intentaremos llegar al “estar – siendo” de aquellos que habitan el barrio San Francisquito, un estar siendo desde la marginalidad y el hedor que dicho estar supone en contraste con la pulcritud del “ser alguien” propio de la urbanidad.

Pero para poder arribar a dicho núcleo fundante, es necesario realizar todo un camino y parte de este camino, quizás a modo de primera etapa o meta, pretende ser nuestro aporte académico intentando poder saber quiénes están-siendo en el barrio con su accionar como organizaciones sociales civiles. Dicho trabajo pretende no solo ser un mero recurso informativo, sino más bien y por sobre todas las cosas, apunta a la construcción del “nosotros comunitario” para quienes están siendo en dicho barrio.

Cabe destacar que dicho trabajo lo realizamos en sintonía con la Escuela Técnica Privada Incorporada EETPI N° 2076 “San Francisquito”, con la que se ha firmado un convenio de colaboración académica. Dicha institución está inserta en el territorio donde se desarrolla la investigación, lo que facilita el acceso al barrio y a las familias. Pero lejos de pensar a la Escuela como una “herramienta” (ni siquiera se nos ocurre como medio para...) buscamos que ella misma sea la protagonista de dicha iniciativa aportada por nosotros. En la búsqueda de datos, contactos y encuentros se sumaron alumnos y docentes de la Carrera de Ing. Ambiental de la UCA Rosario, Facultad de Ing. y Química “Fray Roger Bacon,” brindando sus aportes y conocimientos para tal efecto, pero sobre todo con un espíritu abierto en una búsqueda por compartir las riquezas, dispuestos a aprender mucho más de aquellos con quienes intentamos estar siendo, pues estamos convencidos que San Francisquito tiene algo distinto y por ende nuevo que decirnos, no solo a nosotros que buscaremos “estar” con ellos, sino a ellos mismos, lo que están allí siendo. San Francisquito tiene algo nuevo que decirle y mostrarle a Rosario como un “barrio otro” y no como un simple “otro barrio”.

Muchas veces lo diferente no es entendido como riqueza sino como “hedor”¹, sobre todo cuando no entra en los parámetros de cierta “pulcritud” pre establecida. Pero lo cierto es que toda realidad humana es hedienta, pues incluso hasta en la pretendida pulcritud (social, académica, moral) encontramos hedor no reconocido o quizás ya demasiado acostumbrados a sentirlo. Lo “otro” visto como diferente puede ser visto como hediento, pero lo otro visto como riqueza puede ser entendido como fruto, hacia donde lo vital tiende y se resuelve de forma definitiva.

Hasta allí no gustaría llegar alguna vez, no pretendemos tener éxito ya que este concepto está demasiado relacionado con el “ser alguien”, sino más bien lograr frutos, pues el fruto tiene que ver con la vida y sobre todo el fruto surge de la tierra y vuelve a ella integrando lo diferente en lo nuevo para poder seguir estar siendo con los demás.

Pensar lo “nuestro otro” desde un “paradigma otro”.

“Pensar lo nuestro otro...” es el resultado, por un lado, de animarnos a pensar desde nosotros, ya que como nos señala R. Kusch en el inicio de su obra *“Geocultura del Hombre Americano”*², tenemos miedo de pensar lo nuestro y en definitiva terminamos pensando con pensamientos prestados. De ahí la interesante y minuciosa tarea de este autor por rescatar de lo profundo aquello que nos pertenece y que desconocemos, en gran parte porque fue tapado o “fagocitado”. En parte Kusch busca rescatar el “estar ahí” de ese pensamiento nuestro y americano, pero creo que todavía falta trabajar el “siendo” en la medida en que dichas categorías puedan ser incorporadas como nuestras también, a las que ya tenemos en la superficie.

Lo “nuestro otro” referido al pensar, tiene su inspiración y justificación en lo que Walter Mignolo en *“Historias locales/diseños globales”*³, llama “paradigma otro”, relacionado con la diversidad (y diversalidad) de algunas formas críticas de pensamiento analítico y de proyectos futuros asentados sobre las historias y experiencias marcadas por la colonialidad y la modernidad. Así, según Mignolo, es “paradigma otro”, en última instancia, el pensamiento crítico y utopístico que se articula en todos aquellos lugares en los cuales la expansión imperial/colonial le negó la posibilidad de razón, de pensamiento y de pensar el futuro. También, es “paradigma otro” en cuanto exigencia inherente, al no poder aceptarse un pensamiento reduccionista que busque presentar tanto un “paradigma maestro” como un “paradigma nuevo” e intentando por lo mismo imponerse como la “nueva” verdad. La hegemonía de un “paradigma otro”, será utopísticamente, la hegemonía de la diversidad, entendiendo esto último como aquello que mira a la “diversidad como proyecto universal” y no ya a un nuevo “universal abstracto”. Un “paradigma otro” emerge en su diversidad, en y desde las perspectivas de las historias coloniales, en el conflicto entre las lenguas, los saberes, los sentires; en y desde las historias locales a las que les fueron negadas potencial epistémico y en el mejor de los casos, fueron tan solo reconocidos como conocimientos locales o localizados. Por ello un “paradigma otro” no es un “paradigma de transición”, sino un paradigma de “disrupción”, entroncándose por lo mismo en la discontinuidad de la tradición clásica. En definitiva, por todo lo antepuesto, un “paradigma otro”, atendiendo incluso a su diversidad planetaria, está conectado por una experiencia histórica común: el colonialismo; y por un principio epistémico que ha marcado todas sus historias: el horizonte colonial de la modernidad.

¹ Kusch, Rodolfo, “El Hedor de América”, *Dimensión*, Revista trimestral de cultura y crítica. Año V, N°7, Santiago del Estero (Argentina), mayo de 1961. “Y el hedor de América es todo lo que se da más allá de nuestra populosa y cómoda ciudad natal. Es el camión lleno de indios, que debemos tomar para ir a cualquier parte del altiplano y lo es la segunda clase de algún tren y lo son las villas miserias, pobladas por correntinos, que circundan a Buenos Aires”.

² Kusch, Rodolfo, Obras Completas, “*Geocultura del Hombre Americano*”, Tomo III, Editorial Fundación Ross, Rosario, 2000.

³ Mignolo, Walter, “*Historias Locales /Diseños globales: Colonialidad, conocimientos subalternos y pensamientos fronterizos*”, Akal, Madrid 2000

Un concepto que Rodolfo Kusch desarrolla en el capítulo III de su obra *“América Profunda”*⁴ ilustra a las claras mucho de lo ya postulado pero desde una actividad puramente biológica: *“La Fagocitación”*. En primer lugar critica el término “aculturación” ya utilizado desde la filosofía de la cultura⁵ para referirse al contacto dado entre culturas diferentes y si bien no niega que en América esta aculturación se haya producido desde un plano material como la arquitectura o la vestimenta, entiende que en otros órdenes pudo haberse producido un proceso inverso, un proceso de *“fagocitación”* de lo blanco por lo indígena.

En estrecha relación con esto, Kusch, en el capítulo I de su obra *“Geocultura del hombre americano”*⁶ establecerá un puente entre el ser y el pensar, relación que sumados al pensamiento subalterno en América tendrán en común nada más y nada menos que: “el miedo”. El capítulo se titula “El miedo de ser nosotros mismos” y el primer tema a abordar girará en torno a: “El miedo a pensar lo nuestro”. Parte de cierto presupuesto, aludiendo que el estancamiento del filosofar entre nosotros, la imposibilidad de adelantar o emprender un filosofar, según el pensar de algunos, se debe a la falta o ausencia de técnica para realizar eso. No obstante esto último, a Kusch le parece que la técnica en relación al pensamiento o “técnica para pensar” viene como resultado de un proceso y no al principio del mismo, más aún, aplicado al filosofar, éste pensar en su núcleo más esencial debe tener por sobre todo cierta independencia de la técnica misma para filosofar. Ciertamente le parece que lo mismo le acontece a lo que llamamos el “pensar popular”, pero de forma inversa, pues la técnica sería requerida cuando hay un bloqueo o urgencia, cuando hay sobre todo inseguridad, apareciendo ésta, la técnica como parte de una exigencia dada a la postre. De esta forma nos presenta la situación del pensar culto y del pensar popular como realidades simétricamente invertida. Así, si en el pensar culto predomina lo técnico, en el popular pasa a segundo plano, teniendo en cambio mayor predominio en éste último lo semántico. Si en los sectores populares se dice *“algo”*, en el sector culto se dice *“cómo”*. Sin embargo, para nuestro autor, esto no debería estar implicando una división o separación, sino más bien se podría decir que se estaría realizando una falsa elección de dos elementos que necesariamente se correlacionan, ya que es natural que haya un *“algo”* y un *“como”* en el decir, pero y en todo caso, no sería natural que ambos se distancien de tal forma que se sobrevalore más el *“cómo”* en perjuicio del *“algo”*. Así no puede dejar de señalar que nuestra limitación y esterilidad filosófica se deba a que en el filosofar impuesto por las generaciones liberales y academicistas, solo se buscó enseñar técnicas que incluso eran ajenas, dejando como resultado el no uso de las mismas en miras a la filosofía, justamente por ser técnicas y ajenas.

El “estar siendo” como clave epistémica

Rodolfo Kusch tiene mucho que decirnos en relación a lo que se constituye a partir incluso del lenguaje. Como Fanon en su obra *“Piel Negra, Máscaras Blancas”*⁷, Kusch también se vale del lenguaje para trabajar una de las categorías centrales de su pensamiento en la búsqueda por llegar a lo profundo de América y que creemos bien podría ser una manifestación clara para relacionarlo con la búsqueda de ese pensamiento fundante propio del barrio San Francisquito donde estamos realizando nuestra tarea de investigación. Tanto ser como estar en el infinitivo son indeterminados, y mientras que “ser” tiende a implicar lo definitivo o al menos lo permanente o habitual, apuntando más a lo esencial, “estar” en cambio, no expresa la naturaleza o esencia de las cosas, sino más bien un estado pasajero o circunstancial, algo precario y contingente, es decir, nada intrínseco. Sin embargo el estar no solo tiene una vinculación espacial, sino que también tiene una connotación temporal en cuanto a la duración, de ahí que Kusch para referirse al ser de los que están utilice el “estar-siendo”, dando a entender que la acción de ser emerge del trasfondo del estar como el “puro estar no más”. De estas características del estar (su indeterminación intrínseca, su situacionalidad) se deriva una particularidad de los entes que están siendo: *su pobreza e invalidez ontológica*. En relación con esto último lleva a Kusch a hablar de la búsqueda o del itinerario sapiencial del hombre para hallar, partiendo desde el mero estar y utilizando la mediación de lo simbólico, el centro *fundante* del ser, muy de manifiesto en la sabiduría popular de América que se sitúa al pensar desde la instancia del “estar” y desde su experiencia de precariedad y contingencia. La alternativa de superación, para nuestro autor, estaría en intentar volver a escribir desde el punto de vista de la “vida” y no tanto de la “razón”, aquello que se logra desde la problemática del *mero estar* y que no es otra cosa que comprender la pura vida de un sujeto. Y es probable que ese retorno a la pura vida del sujeto tenga caracteres de hediondez y desnudez vergonzante, frente a la pretendida y declamada pulcritud de la objetividad. Y eso ocurre porque las “viejas raíces vitales siempre hieden”. Así se nos invita a realizar una filosofía de la vida nacida en el quehacer diario del pueblo, como la que viven los pueblos originarios que encontramos en los diferentes lugares de nuestra patria, o la del chacarero de nuestros campos, o más aún, la del paria que habita al amparo de nuestra gran ciudad, olvidado de todos y con el miedo atroz de que lo lleven preso injustamente, o pierda su sueldo, o lo asesinen por nada. Es esta antigua y siempre nueva savia la que nos está haciendo falta incorporar.

Puesta en marcha en San Francisquito

“Quienes militamos en barrios periféricos de la Capital Federal asistimos a la emergencia de los diferentes paisajes culturales que fueron construyendo los migrantes de países limítrofes. Allí se refugian para defender

⁴ Kusch, Rodolfo, *“América Profunda”*, Obras Completas, Tomo II, Ed. Fundación Ross, Rosario, 2000. págs. 179 - 215

⁵ Puntualmente hace referencia a Spranger, Eduard, *Ensayos sobre la cultura*, Argos. Bs. As. 1947.

⁶ Kusch, Rodolfo, Opus cit, págs. 7-239.

⁷ Fanon, Frantz, *“Piel Negra, Máscaras Blancas”*, Ed. Abraxas, Bs. As. 1973

la significación de su existencia, allí reproducen su horizonte simbólico de pertenencia, desde allí resisten y avanzan, en cada toma de terreno, en cada corte de ruta. Esta superposición de situaciones cotidianas se da a diferentes escalas, con sus respectivos imaginarios asociados a cada uno de los niveles que plantea la multiplicidad de suelos que se definen en el espacio barrial. Kusch aportó el andamiaje teórico desde el cual situarse para comprender las estrategias simbólicas a partir de las cuales se configuran y coexisten las diferentes identidades. Pero también instaló otro modo de abordar el problema de lo humano no solo para pensar América, sino para vivir en ella”⁸.

En sintonía con la cita arriba expuesta nos sentimos movilizados en la misma perspectiva. Para ello nos valdremos de la forma que lo hiciera el mismo Kusch en sus trabajos de campo: escuchar lo que los hombres dicen y hacen para rescatar lo simbólico y seminal como núcleo pensante original y mestizo.

Nuestro primer contacto tendrá que ver en una primera etapa con un trabajo de relevamiento, pero intentaremos ir más allá de aquello que buscamos relevar centrándonos en lo que nos cuentan quienes relevamos más allá de lo que nos respondan desde nuestras preguntas provenientes de un saber técnico académico occidental. El desafío será estar atentos a sus intereses por sobre los nuestros.

METODOLOGÍA

El relevamiento de las organizaciones de la sociedad civil en el barrio, la abordamos desde dos perspectivas: la de los ciudadanos a través de encuestas a hogares sobre la percepción de los habitantes del barrio y el registro de las organizaciones barriales. Así como la administración de encuestas específicas a las OSC. Estos instrumentos de relevamiento de datos junto a la información secundaria existente a nivel del municipio, nos permitirá construir una cartografía de las organizaciones, sus actividades o servicios barriales, y la visión y participación de los pobladores en ellas.

La Investigación acción participativa, la concebimos como el “encuentro” entre dos tipos de conocimiento, el saber popular y el conocimiento científico, por lo que abordamos el estudio principalmente a través de una triangulación metodológica que combina abordajes cuanti y cualitativos y una diversidad de fuentes y técnicas de recolección de datos. Nos permite realizar abordajes en forma colectiva y reflexionar sobre el marco teórico del “estar siendo” para interpretar a las organizaciones y las interacciones con los pobladores barriales, en la búsqueda de indicios de un “nosotros comunitario” que entendemos existe y está en constante transformación.

Materiales y métodos

En las encuestas a hogares y en las encuestas a las organizaciones de la sociedad civil, ambos instrumentos se trabajan en forma articulada con el Programa de Estudios Interdisciplinarios sobre Organizaciones de la Sociedad Civil y Capacidades de Desarrollo Humano (UCA Buenos Aires), pero se adaptaron a la realidad de Rosario y en especial del Barrio San Francisquito.

De las encuestas a hogares las dimensiones de la presencia de Organizaciones Sociales, son claves para la identificación de las organizaciones barriales. Estas encuestas fueron realizadas por estudiantes de la Escuela San Francisquito a integrantes de hogares en la zona de estudio, para ello se realizó una capacitación a los jóvenes en módulos y una integración de los contenidos de la encuesta con la curricula de las materias, de modo que la actividad se integra a los contenidos académicos, permitiendo un aprendizaje significativo y desarrollando en los jóvenes capacidades y criterios para analizar la realidad del barrio en que viven, para pensar acciones que puedan modificar esa realidad.

Por otro lado se realizó la búsqueda de información secundaria a nivel del municipio local, en el distrito oeste, al que pertenece el barrio, en el sistema descentralizado que tiene la ciudad de Rosario.

Las encuestas a las organizaciones, releva información sobre las siguientes dimensiones de análisis: características institucionales, historia, principales objetivos, actividades y programas, servicios que prestan, equipamiento, fuentes de recursos y relaciones y redes

Las mismas, serán realizadas por estudiantes de las distintas carreras de la sede UCA Rosario, que recibirán capacitaciones, donde uno de los objetivos es facilitar el acercamiento y conocimiento de los jóvenes a los barrios marginales y sus comunidades como espacios de trabajo profesional, donde puedan integrarse con los saberes barriales en busca de soluciones a problemas complejos.

RESULTADOS

Los datos de las encuestas aplicadas y la información proporcionada por directivos y docentes de la Escuela San Francisquito, permitiendo conocer la localización de las organizaciones y organizarlas cartográficamente, como se puede ver que se encuentra en la siguiente figura.

⁸ Kusch, Florencia, “*El hedor y los márgenes: la militancia barrial (territorial)*” en “*El Hedor de América*” Reflexiones interdisciplinarias a 50 años de la América Profunda de Rodolfo Kusch. Coordinadores. José Tasat/Juan Pablo Pérez, EDUNTREF, Bs. AS. 2013, pág.93.

LAS ORGANIZACIONES CIVILES DEL BARRIO 2014

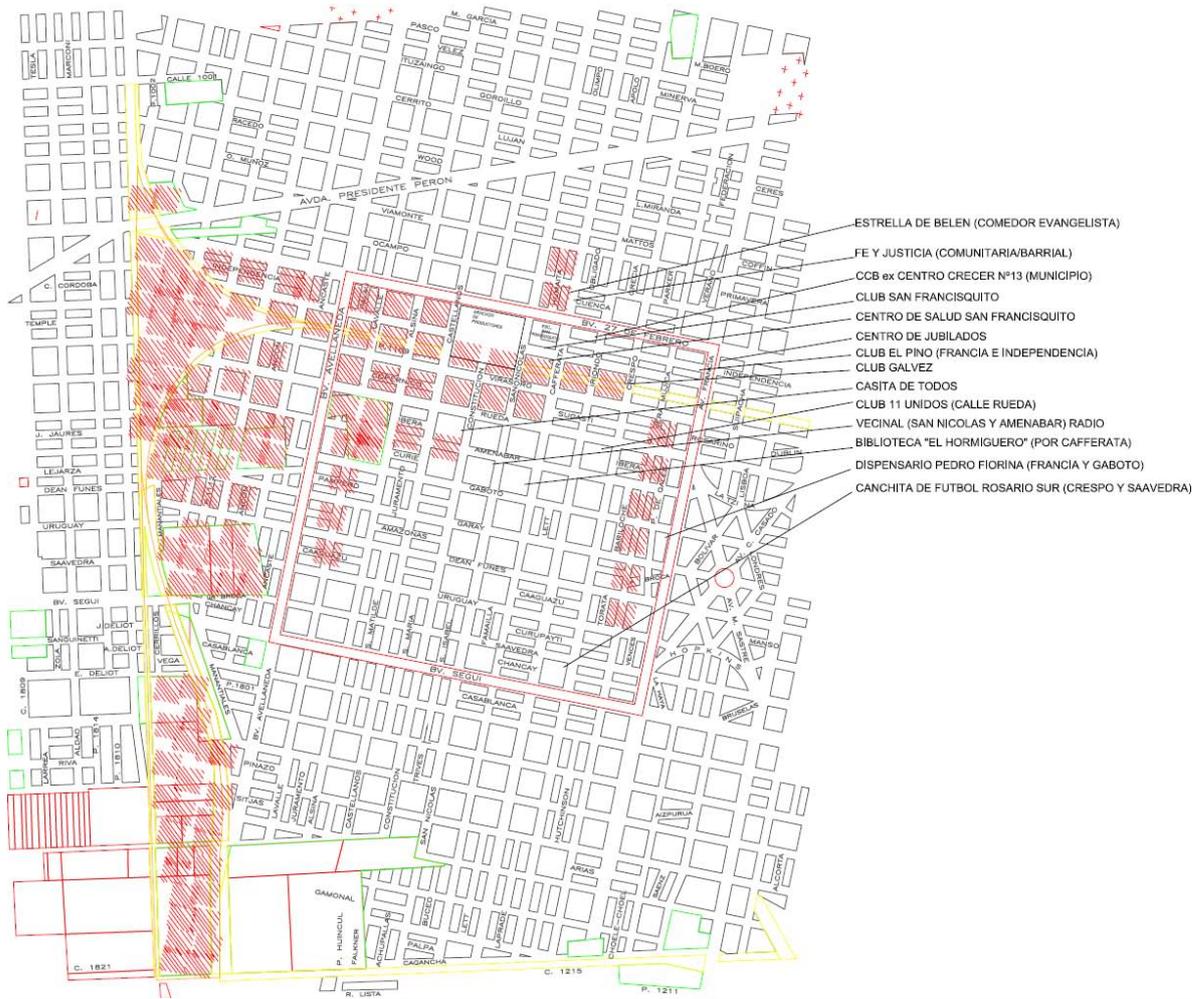


Figura 1: Organizaciones Barriales Barrio San Francisquito de la ciudad de Rosario Provincia de Santa Fe. Argentina. Fuente: Directivos y docentes Escuela San Francisquito.

Con respecto al relevamiento de Organizaciones Barriales, se realizaron contactos telefónicos con responsables del Distrito Oeste al que pertenece el Barrio. Rosario está dividida en Distritos descentralizados que nos facilitaron los registros de las organizaciones presentes en el territorio en estudio, que figuran en la tabla a continuación.

BASE DE DATOS ORGANIZACIONES SOCIEDADES CIVILES BARRIO SAN FRANCISQUITO
Aldeas Infantiles
C. C. Eduardo
C. C. Union
C.C. El Futuro de los Niños
C.C. La Esperanza
C.C. Niño Jesús de Belén
C.C. San Francisquito
Casa de Todos
Centro de Salud 14 Avellaneda Oeste
Centro de Salud 9 San Francisquito

BASE DE DATOS ORGANIZACIONES SOCIEDADES CIVILES BARRIO SAN FRANCISQUITO
Club Francisco de Godoy
Club San Francisquito
Escuela 119 Ortiz de Ocampo
Escuela Floriano Zapata
Escuela Guido Spano
Fe y Justicia de los Pobres
Parroquia San Francisco de las Llagas
San Francisquito de los Pobres
Vecinal Avellaneda Oeste

Tabla 1: Fuente: Distrito Oeste. Rosario

PARA SEGUIR PENSANDO...

Esta investigación nos desafía a una interpretación desde un marco epistémico que nos invita al encuentro con el otro, utilizamos el término: “esta-siendo” como un paradigma que acompaña la reflexión para desde allí entenderla y expresarla.

Pretendemos no solo ser un mero relevamiento, sino más bien y por sobre todas las cosas, apuntar a descubrir en cuanto estas organizaciones en interacción con la comunidad, aportan a la construcción del “nosotros comunitario”. En esta primera etapa intentamos saber quiénes están-siendo en el barrio con su accionar como organizaciones barriales.

De esta manera analizar la información generada desde un alcance y explicación filosófica a lo que el mismo Kush mismo descubrió en sus trabajos de campo antropológicos, tanto de las culturas indígenas (sobre todo las andinas), como en la cultura urbana popular latinoamericana. En la intervencionalidad de dichas dimensiones se puede comprender la existencia cultural de los pueblos y de los hombres como un “estar-siendo-así”. Nosotros intentamos llegar al “estar – siendo” de aquellos que habitan el barrio San Francisquito, un estar siendo desde la marginalidad y el hedor que dicho estar supone en contraste con la pulcritud del “ser alguien” propio de la urbanidad.

BIBLIOGRAFÍA

Balcarzar F. (2003) Investigación acción Participativa (IAP) Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. Fundamentos en humanidades. Año IV. N° I/II (7/8). p. 59-77

Balián, B. y Suarez, A.L. (coord.) (2011) *Pobreza y solidaridad social en Argentina. Aportes desde el enfoque de las capacidades*. Buenos Aires: EDUCA

Lepore, E. et. al. (2012). *Capacidades de desarrollo y sociedad civil en las villas de la Ciudad de Buenos Aires*. Buenos Aires: EDUCA

Marti, Joel. La Investigación – Acción Participativa. Estructura y Fases.

Kush, Rodolfo, “América Profunda”. (1962), Tomo II, Editorial Fundación Ross, Rosario, 2000

Scannone, Juan Carlos, “Nuevo Punto de Partida de la Filosofía Latinoamericana”, Editorial Guadalupe, Buenos Aires, 1990.

Artículo “Un proyecto pastoral que se planificó hace 30 años y creció con el barrio”, Entrevista. Padre Agustín Amantini, protagonista del desarrollo ejemplar de una comunidad. Diario La Capital, Suplemento Cáritas, Sábado 26/04/2008.

Boletín Parroquial San Francisquito, “Un poco de historia, de la antes y de la de ahora”, 2004.

Construyendo la memoria del Barrio San Francisquito

Enria, Graciela

Proyecto “Estudio de la marginalidad urbana y organizaciones de la sociedad civil en el barrio San Francisquito de la ciudad de Rosario”

Facultad de Química e Ingeniería Fray Rogelio Bacon de Rosario
Universidad Católica Argentina. Av. Pellegrini 3314 Rosario 2000

La leyenda de Rosario
.....
Ciudad pobre de pasado,
al que guarda con amor
tan pobre que no se acuerda
del nombre del fundador.
Rafael Ielpi

Resumen. *La constitución del barrio San Francisquito como barrio precarizado invita a desplegar múltiples estrategias de abordaje, en este caso, mediante un estudio intensivo que recupera las historias de vida de las familias que habitaron y aún hoy habitan el barrio posibilita una construcción subjetivo-colectiva de quienes viven y vivencian la vida cotidiana situaciones que nos habilitan a describir las condiciones de vida de los pobladores del Barrio San Francisquito.*

Abstract. *Building San Francisquito as e poverty bouro, invite us to do a cualitative study. On these way we recapture the life histories of families that lives on these terrirorie. From the data information construct a description colective-subjetive the every day life in San Francisquito.*

INTRODUCCIÓN

La constitución del paraje del Rosario en ciudad puede describirse desde los movimientos socio-poblacionales que marcaron la historia de la Argentina. Según los relatos nació como una posta de camino que se transformó -hacia finales del siglo XIX, principios del siglo XX- en un puerto que promovió un rápido proceso de urbanización, conocido como “*el granero del mundo*”. Los primeros asentamientos surgieron en la zona ribereña, desde donde se levantaría el puerto. Su crecimiento se debió a la confluencia de los poblados aledaños. El Oeste se pobló siguiendo el camino de carretas hacia la Candelaria, luego el sur con la apertura del frigorífico Swift y al norte se construyó el pueblo de Arroyito. Los ejes que estructuraron la expansión sobre el terreno fueron las vías del ferrocarril que transportaban granos hacia el puerto.

La época de esplendor coincidió con la afluencia migratoria europea (fines del SXIX hasta 1930), que obligó a un ordenamiento urbanístico rígido y coercitivo. El proyecto de comunicar la ciudad a través de los ferrocarriles vio la luz en 1864. La primera construcción tomó cuerpo en el año 1870, comunicando Rosario con la Candelaria. El tendido creció haciendo llegar al puerto de Rosario la producción de las zonas agrícola-ganaderas: al noroeste Córdoba, Santiago del Estero y Tucumán; al noreste Santa Fe, Chaco; sur Buenos Aires, Bahía Blanca. Desde Rosario al mundo.

Mostrada como puerto pujante, comenzó a atraer poblaciones migrantes desde otros puntos del país y del mundo. Numerosas familias arribaban en busca de mejores perspectivas de vida. Las más pobres se alojaron en las márgenes del casco urbano, constituyendo “*villas*” (italianismo) denominadas de “*emergencia*”, debido a que construían sus viviendas precarias, en las cercanías de las construcciones que mostraban la opulencia de los pobladores poseedores de los medios de producción, que serían sus empleadores, mientras pugnaban por alcanzar el bienestar anhelado (en la emergencia de vivir en un hogar mientras construían su casa propia).

Así, desde sus comienzos, Rosario se constituyó con la presencia de poblaciones precarizadas enclavadas dentro mismo

de la ciudad, hoy llamadas “*villas miseria*”.¹

En el proyecto de investigación que lleva adelante el Centro Franciscano de Estudios y Desarrollo Regional CEFEDER con la Facultad de Química e Ingeniería de la Universidad Católica Argentina sede Rosario, intentamos describirlos asentamientos en un barrio precarizado en términos históricos y vivenciales para comprender cómo se despliegan las acciones de la población en el proceso de construcción de la “*casa común*”, en un territorio que “*muestra un cambio veloz y constante*” en busca del progreso de las familias que se asientan en él.² Mediante un estudio intensivo, que requiere de la utilización de técnicas cualitativas que posibilitan recuperar las historias de vida de las familias que habitaron y aún hoy habitan el barrio, indagando en sus universos privados para comprender las múltiples intersecciones que dan sentido a la vida de los pobladores. Interpretando, explicando, mediante una construcción subjetivo-colectiva situaciones que nos habilitan a describir las condiciones de vida de los pobladores del Barrio San Francisquito.

El barrio San Francisquito

Los problemas suscitados en el país y la prosperidad enunciada, atrajo poblaciones migrantes. Desde Santiago del Estero llegaron familias pudientes y de trabajadores. Los Porcel se asentaron en el camino que unía la zona portuaria del Rosario con la Candelaria, donde existía una posta de recambio de caballos, en los terrenos lindantes establecieron quintas para aprovisionar a los habitantes el casco central. Una de esas quintas era propiedad de Ignacio Gorosito Roldan. Su llegada dará origen al poblado de *San Francisquito*. Cuenta Doña Ildefonsa que: “*tres días antes de salir de Santiago del Estero, por la invasión de los indios, estando el santito sobre la mesa, lo encontramos tres mañanas seguidas en el suelo, por lo que resolvimos traerlo y lo donamos a una capillita donde funcionaba una escuela*”. Allí se levantó un oratorio en un rancho con techo de paja, en medio de las casa quintas, propiedad de las cuatro hermanas. “*Mis padres tenían una casa quinta lindando con la familia de Pablo Salazar y siguiendo por detrás de la capilla, tenían su casa los esposos Porcel hasta llegar a la vía que cortaba el terreno de la iglesia, con la casa quinta de Cándido Molinares y su esposa Serapia Porcel.*” (relato de su nieta a Rosario y la región N° 27 y 29). El Barrio “San Francisquito” recibió el nombre de la devoción popular organizada alrededor de la pequeña estatua de San Francisco de las Llagas.³

En las fechas religiosas, el sagrario denominado desde entonces “San Francisquito” por el tamaño de la imagen, congregaba a pobladores - agricultores, hacendados, peones y operarios de hornos de ladrillo. Los *días de fiesta* se veía al “*Pueblo entero trasladándose allí donde había una multitud de carruajes y jinetes. El camino era una verdadera romería, desde la ciudad hasta la capilla*” (Rosario y la Región N° 27). El 7 de abril de 1864, debido al estado de deterioro de la capillita, la Sra Porcel donó un terreno de 100 por 159 varas para construir una nueva Capilla; más tarde se remataron seis manzanas de 100 varas por lado al costado de esa capilla (1856). Este segundo oratorio nunca llegó a construirse. Los terrenos donados fueron utilizados para el avance de la ciudad. Las descripciones históricas lo citan como “*el paraje San Francisquito*” y más tarde “*Pueblito*”; paralelo al camino de La Candelaria -hoy Casilda, sobre avenida Godoy. Con fecha 3 de junio de 1873 se sancionó la ordenanza que lo designa como Aldea San Francisquito.

La ciudad se expandía, abriéndose nuevos caminos para la salida de los granos, hecho que motivó la re-localización del oratorio. El 16 de octubre de 1898 se colocó la piedra fundacional en su emplazamiento actual en calle Cafferata 2680. Un año después, luego de muchos avatares se inaugura con las características edilicias como se la conoce hoy. En las *márgenes* del Rosario nace el Pueblito de San Francisquito. Pintaban la fisonomía de este territorio a principios del siglo XX la Capilla, rodeada de quintas, hornos de ladrillos, senderos de tierra, vías de ferrocarril que cortaban el paso.

Antecedentes de la marginalidad

Desde la clase pudiente de Rosario, consideraban necesario posicionar la “ciudad puerto” en el contexto mundial. Un grupo de notables – los hermanos Clemente y Juan Álvarez, Isidro Quiroga los Carrasco- instituyeron en Rosario un movimiento conocido con el nombre de Higienistas⁴. Se trataba de teorías europeas, importadas de la Francia revolucionaria, que reproducían las relaciones de pobreza y enfermedad. La primera gran lucha se estableció con el temor a las pestes -especialmente la tuberculosis- que, se conocía, acuciaban a las poblaciones mundiales y al estallido

¹ Villa Miseria: población que vive en situación de pobreza, con necesidades básicas insatisfechas, dificultades de inclusión, hoy ocupan 172 asentamientos irregulares que se distribuyen en los diferentes barrios de la ciudad (121.570 personas con Necesidades Básicas Insatisfechas fuente INDEC, Censo nacional de personas y viviendas 2010).

² Carta Encíclica Laudato Si del Santo Padre FRANCISCO. Sobre el cuidado de la casa común

³ El primer Oratorio se levantó en tierras de Ignacio Gorosito Roldan, distante a cuatro km de la plaza pública de Rosario -hoy plaza 25 de Mayo. A instancias de Doña Ildefonsa Oscars de Porcel y su madre Feliciano Rojas de Oscars, quienes portaron la imagen y el relato misterioso sobre San Francisco de Asís de las Llagas, desde Santiago del Estero en 1832.

⁴ el movimiento Higienista involucraba además a médicos, abogados, historiadores, políticos, estadígrafos

social siempre latente. Era necesario mostrar a Rosario como un puerto para llegar, sin el temor de volver enfermos. Desde el Congreso de la Nación, Rawson (Médico higienista) fogueaba en encendidos discursos: *“desde aquellas fétidas pocilgas cuyo aire jamás se renueva y en cuyo ambiente se cultivan gérmenes de las más terribles enfermedades, salen emanaciones, se incorporan a la atmósfera circunvecina y son conducidas por ella, tal vez, hasta los lujosos palacios de los ricos.”* (Vezzetti, H. 1985)

El problema llevó a Clemente Álvarez a fundar el “Hospital Rosario” en la margen sur de la población y se implementaron intervenciones urbanísticas. Es interesante reproducir el relato la experiencia de expulsión de la población de la *villa de emergencia* asentada sobre el borde sur del Boulevard Oroño para la construcción del Parque de la Independencia, *“...ante el espectáculo dantesco de hombres y cerdos a la rebusca de residuos entre el fango y el bañado, y la humareda producida por las piras de los que se logra quemar... con la consiguiente matanza de marranos, efectivizada a tiros por el escuadrón de seguridad.”* (Álvarez, J., 1943)

Es que la constatación de la dispar incidencia de enfermedades infectocontagiosas entre la zona céntrica y los barrios empobrecidos hacía temer la llegada de epidemias. Por ello se ordenó la construcción de los grandes parques de la futura ciudad con el propósito de brindar *“aire puro que limpie de miasmas”* provenientes de las miserias. Además, se tapiaron los terrenos baldíos, se construyeron veredas, se ordenaron los cementerios; se priorizó la extensión urbanística de la ciudad limitada por los bulevares en los que se implementó el tendido de una red de agua potable, que permitió a los pobladores del centro disponer de instalaciones sanitarias dentro del hogar, y el tendido de una red de cloacas (obra terminada en 1930).

Estas acciones preventivas dejaron fuera de la ciudad al *pueblo de San Francisquito*, ya que los límites marcados fueron 27 de Febrero y Avellaneda. Por lo que las formas de calificar al territorio que nos ocupa fueron selladas a principios del siglo XX, colocándolo en las **márgenes** de las demarcaciones ciudadanas en las que se realizaban acciones de promoción de la salud y prevención de las enfermedades.

El relato de la marginalidad queda plasmado en las palabras de sus primeros habitantes:

“al principio construimos una casillita de madera, mientras juntábamos el dinero para construir la casa. Se conserva hasta ahora en buen estado, la usamos como depósito y taller.”

El recuerdo de los pobladores

En 1901 Don Francisco Bianchi, migrante italiano, levantó su casa en lo que hoy es la intersección de las calles San Nicolás y Garay - edificación que puede verse emerger detrás de las nuevas construcciones.

“Mi abuelo vino de Italia y compró los terrenos que ocupan lo que hoy sería el espacio comprendido entre las calles Amenabar – Dean Funes y Constitución - Cafferata. Su hermano Carlos ocupó los terrenos desde Dean Funes para atrás. Luis Bianchi que era dueño hasta Godoy.”

Familias migrantes italianas se hacen poseedores de territorios en las márgenes de lo ya poblado, instalando sus viviendas rodeados por sus medios de producción. A principios del siglo XX se necesitaban ladrillos para la construcción de las viviendas y el puerto. Francisco Bianchi levantó una construcción típicamente italiana, rodeada de frutales donde fundó su familia

“Se casó por poder con mi abuela. que la trajo de Italia. Siempre contaban que un día se fue a buscarla al puerto. Cuando mi abuela, de apellido Tetamanti, bajó del barco y mi abuelo la vio dijo: ma che piccina è ; porque era bajita. Pero resultó muy trabajadora la abuela, siempre le puso el hombro. Mi abuelo era alto buen mozo, de ojos celestes. Siempre bien vestido de traje y zapatos, con su camisa impecable. Allí nacieron mi mamá y sus ocho hermanos, hasta mi hermana.”

Conservaban los mandatos de reproducción social de la Italia preguerra, todos juntos y reunidos. La búsqueda de la prosperidad familiar era un hecho colectivo.

“no sabemos de dónde sacó el dinero el nono; pero su familia debió tener dinero y... cobrar una buena herencia.”

La mesa familiar, sobre todo en las fiestas reproducía las costumbres del pueblo natal

“Mi abuelo pintó la casa de color rosado. En la casa del nono pasábamos las fiestas. Navidad, porque nos reuníamos el 25 y año nuevo. Tenía una galería a la que daban muchas piezas. Bueno eran dos patios separados uno de ellos. El otro para los peones que vivían con ellos .”

Instaló un horno de ladrillos, que serían vendidos para la construcción de las casas del casco central del Rosario. Así las capas superiores de la tierra fueron removidas. Este hecho sellaría el futuro de inundaciones que vivirían los habitantes del territorio. Una vez utilizada la materia prima para los ladrillos y luego de un viaje a su tierra natal cambió la producción de los terrenos hacia los insumos básicos de cultivo fruti-hortícola. Con él llegaron otros inmigrantes. Por

ello todas las referencias a partir de mediados de siglo XX describen un barrio de quintas.

“Después el abuelo volvió a Europa. Cuando volvió empezó con las quintas”

“La casa de mi abuelo estaba rodeada de frutales. Eran todo campo.”

“Cuando eramos chicos pasábamos y nos subíamos a los árboles a comer frutas, yo venía a comer higos negros de la casa rosada.”

Las familias fundaban su reproducción social sobre valores que hacían al concurso del apoyo familiar como modo de sostener la productividad, al trabajo y a la asistencia de los hijos a instituciones de instrucción formal (*estudio*), que consideraban como el vehículo que habilitaría las expectativas de ascenso social: *“la mayor herencia”*:

“Los hizo estudiar a todos hermanos. Los varones se vestían de traje y corbata y así salían desde la mañana. Uno de mis tíos trabajaba en la aduana, otro en el ferrocarril. Siempre buenos empleos por su educación. Todos tuvieron buen futuro. A las mujeres las mandaron a aprender costura. Mi mamá era bordadora y mi tía cosía muy bien. Las mujeres tenían que ocuparse de la casa, la familia.”

“La apuesta de los nonos era que los hijos varones estudiaran, todos preparados, hicieron que sus hijos estudiaran ese era el valor. Las mujeres eran amas de casa, ahora están poco en el hogar, no porque sean malas mujeres. Están trabajando afuera es otra función.”

El cambio de rubro estaba pensado, trajo consigo compatriotas:

“Mi viejo se vino con la guerra del '14. Le tocó combatir. Mi papá tenía una gran tristeza. Nunca contaba nada, ni siquiera hablaba italiano. Vino a trabajar en las quintas de mi abuelo. Allí lo conoció mi mamá, allí se casó y nació mi hermana. Después se independizó. Compró una quinta en Soldini.”

Nuevos pobladores arribaron desde el interior del país, muchos de ellos desde Santiago del Estero, Corrientes buscando mejoras económicas para una mejor vida:

“Mi papá compró los terrenos allá por el año '40. Había nacido en Busquet. Era albañil, muy trabajador. Mi Mamá santiagueña. Cuando se casaron rodaron muy poquito. Vivieron en la ciudad de Gálvez, después en el Trebol. Mi papá consiguió trabajo aquí y se vinieron, mi abuela materna ya estaba asentada a pocas cuadras donde compraron los terrenos a un gringo, Don Angelito creo que se llamaba. Tenía muchas quintas. Al principio la abuela los alojó en su casa. Mi hermana mayor venía en camino. Ni bien pudieron compraron los terrenos.”

“ Había un gringo que era dueño de todos los terrenos. Tenía como tanta cantidad de quintas desde 27 de febrero y Ovidio Lagos. Todo, todo eran de tierras de él. Esto era la nada.”

“ Mi papa fue el tercero en edificar sobre lo que hoy es avenida Francia. Después se fue haciendo todo despacito. Era todo monte.”

“Vinimos de Santiago del Estero. El primero fue mi hermano mayor, contratista de obra. Después vinieron los otros hermanos albañiles vinieron. Yo como obrero metalúrgico cortador y moldeador encontré empleo en Narvaez, hoy estaría enfrente de tribunales. Primero compré donde hoy esta barrio el triángulo. Cuando mis hermanos compran terrenos en la zona de quintas a pocas cuadras unos de otros también me vine con ellos. Los vendía Carlos Bianchi , anotaba una libretita los pagos mensuales que le íbamos haciendo. Los terrenos no estaban demarcados. Instalamos una casilla de madera a orillas de un callejón que atravesaba el terreno, en la que vivimos por un tiempo.”

“Al principio eramos casi todos familia, después vino otra gente. Lo único marcado era un callejón que pasaba acá atrás en el medio de mi terreno.”

Familia y trabajo a destajo destacan los medios con los que contaban para garantizar un bienestar soñado. Las manos de toda la familia posibilitaban alcanzar las metas. En casi todos los relatos resalta la posesión de la casa propia de material.

“todos los fines de semana la familia se reunía para levantar una de las casas. Todo lo hacíamos con esfuerzo. El descanso era el asado. La mesa tendida y todos juntos.”

“Los fines de semana mi familia se reunía para levantar una de las casas. Todo lo hacíamos solidariamente y siempre terminaba con una comida familiar”.

“Todos empezaban con poquito, hacían los cimientos con nombre y todo.”

“Una vez que logramos que el municipio demarcara los terrenos y las calles hoy Caferatta y Dean Funes y colocaran los mojones, comenzamos a construir. El diseño fue de mi hermano mayor, que era contratista. Todas las casas de mis hermanos son iguales: un estar cocina al que se accede por un portón de metal hecho por Justino, mi otro hermano. Al fondo una cocina muy bien instalada. al costado los dormitorios y el

baño. Todo bien iluminado. Atrás un gran patio en el que se conserva la casilla inicial como galpón.”

“Mi hermano empezó a construir, después seguimos los demás. El problema para empezar fue que hubo que solicitar que hicieran los mojones. Nosotros quedamos debajo. Cuando pase el pavimento nos vamos a inundar.”

“Era una inmensa nada. Mi papá laburaba, pero había mucha necesidad. La casa era precaria y fría. Era todo muy descubierto. Adentro teníamos una sola pieza. En invierno nos enfermábamos todos juntos.”

“Con el horno de ladrillos usaron la tierra. Nos damos cuenta, se nota la tierra colorada. No se cuánto le sacan ¿dos paladas? Cuando construimos nuestras casas algunos nos dimos cuenta porque debimos que levantar el terreno para que no se nos inundara la casa. Claro, a nosotros nos asesoró un primo que era ingeniero. Los que no sabían quedaron más bajo.”

Sin la concurrencia de todos que garantizaba una diversidad de conocimientos, habilidades, experticia; pero sobre todo fuerza de trabajo de hombres y mujeres alcanzar el objetivo se tornaba imposible.

“cuando era chiquita todo esto era descampado y había animales. Siempre recuerdo que mi mamá y mi tío estaban levantando los cimientos de esta casa, entonces me mandaron a comprar el pan y de repente escucho el grito de mi mamá porque me perseguía el toro. Desde entonces siempre mis tíos me cargaban, me decían que corriera cuando pasaba para tomar el pan.”

En la naturalidad del relato discurre el lugar de la mujer, en la casa pero desde todos los espacios: como controladora de la economía familiar y como albañil construyéndola.

En el barrio sólo habitaban unos pocos pobladores. Sus casas estaban separadas por lo que ellos mismos denominan montes, quintas, campos pero aún así comienzan a tejerse lazos por fuera de los estrictamente familiares. En el modo resolver la vida cotidiana primaba la subsistencia lograda por el cultivo de las propias hortalizas, la cría de animales de corral, lo importante era ahorrar el máximo posible para garantizar el futuro

“Cuando llegamos no había nada. Solo quintas, vacas, caballos que andaban sueltos. Nosotros teníamos 80 gallinas, con eso teníamos huevos y carne. Doña Pancha, la mujer del lechero recibía a los chicos del barrio a jugar y tomar la leche todas las tardes.”

“Criábamos gallinas batarazas, un gallo fino para pisarlas y patos. Siempre teníamos huevos y una gallina para comer. Un día, 7 de setiembre me acuerdo, me habían robado todo. Los vecinos me regalaron pollitos para empezar de nuevo.”

“Los vascos tenían una vaca que ordeñaban y nos daban la leche”

Los mayores que vivieron en el barrio desde niños lo recuerdan por los juegos, la escuela, las distancias.

“los amigos más cercanos estaban como a dos cuadras porque todo era quintas.”

“La iglesia estaba desde el principio. La escuela no. Yo fui a la Bolivia. A mi mamá le dijeron que en la Gendarmería los padres no se comprometían con el aprendizaje de los hijos. Ese era un valor muy importante para mis padres. Ellos no tenían mucha escuela.”

“La Gendarmería quedaba a dos cuadras, la maestra renegaba mucho con los padres que no colaboraban, no participaban. Mi mamá quería otro ritmo otra formación.”

“Mi mamá me llevaba en bicicleta hasta la escuela porque era lejos y no tenía otra posibilidad de comunicación.”

“Fui a la Escuela Bolivia, quedaba en La paz 3050. Iba caminando con todos los chicos. Todo era de tierra.”

“Recuerdo que mi mamá se preocupaba mucho por el delantal. ¡Que conducta! ¡Que respeto! La Directora se paraba en el patio y ni respirábamos, nos retorció las orejas si nos portábamos mal. Para gimnasia teníamos el Estadio Municipal. Íbamos uniformados zapatillas blancas, zoquetes blancos, rompeviento blanco pantaloncito corto azul, y un frío que te pelaba rodillas.”

Los juegos significaban la forma de crecer, socializarse y valorizar la vida

“Somos seis hermanos. A nosotros nos gustaba chibatear. Avenida Francia era un terraderal. No había calles todo camino de tierra. Cuando llovía se inundaba todos los autos se quedaban y nosotros nos hacíamos unos pesos empujándolos para que salieran del empantanado. Los chicos queríamos que lloviera para ligar propina. Nunca volví a ver tanta la cantidad de agua.”

“Nos hacíamos la canchita de football. Los dueños de los terrenos nos dejaban hacerla. Para pedir el permiso, armábamos un grupo íbamos todos juntos.”

“Jugábamos mucho”

“Jugábamos en la calle hasta entrada la noche.”

“Las casas estaban muy lejos una de otra, nunca tuve con quien jugar, como a cuatro cuadras estaba el otro chico. Siempre había mujer mayor que estaba mirándonos, teníamos que hacerle caso.”

No obstante ello las necesidades familiares llevaron a muchos a trabajar desde muy niños

“No terminé la primaria. Mis hermanos empezaron muy jóvenes a trabajar en una fábrica del barrio. El dueño le dijo a mi mamá <<los hermanos van a ir entrando a medida que terminen la escuela>>. Una semana antes de comenzar 6to grado, con guardapolvo y útiles ya comprados, me llegó el telegrama si quería trabajar. Mi papá necesitaba un cable. Mis hermanos eran muy trabajadores y había trabajo para mí. Mi madre dijo: <<ya te pones el mameluco y te vas trabajar y terminas de noche en la Zapata>>. Tenía 13 años, porque había repetido un año. No podía dormir que iba a tener mi plata y ayudar a mis padres.”... “La fábrica sigue allí. Roberto Colla -parrillas para ventiladores. Mi hermano mayor se está jubilando. Es quien ahora dirige a todo el personal.”

La edad sólo importa desde que se valora que es posible emprender un oficio, que se aprehende en el hacer. Si la familia se ve necesitada, es imperiosa la concurrencia de aportes al sustento familiar. La idea de trabajo infantil no surge sino hasta finales del SXX.

En los relatos surgen descripciones que pintan el barrio a en la primera mitad del siglo XX:

“Todo era tierra, sin calles abiertas. Monte y quintas.”

“Si soplabla el viento era un terraderal.”

“En verano pasaba la regadora para que no se levantara el polvo” .

“Me acuerdo del aljibe de donde sacábamos el agua”

“Siempre me pregunte a quién se le había ocurrido plantar tantos frutales. Me acuerdo los higo negros, los eucaliptos.”

“En la calle avenida Francia, la lámpara luz era amarillo naranja opaca no iluminaba nada, daba una imagen muy triste. Después en casa la misma luz.”

“En la casa teníamos lámpara, esa con camisa, era muy cara la luz. No teníamos para tender el cable.”

“El peluquero esta desde los primeros tiempos, es el viejito que saludé cuando entrábamos.”

“Los vendedores pasaban en carro. Me acuerdo del lechero con su carro con los tachos, salíamos con el jarro a comprar la leche. El hachurero. El panadero venia con la jardinera y el caballo vendía pan casero.”

“Juntábamos agua del aljibe o de la bomba. Después logramos tender una hilo -bueno, un cablecito- de luz del que pedía una sola lamparita amarilla. Más no había, compramos la bomba de agua y no podíamos encenderla.”

“También los italianos que empezaron con un almacén, el resto había que ir hasta Godoy”

“Hasta la vía honda todo era campo. Nosotros nos íbamos a cazar pajaritos. Mamá los cocinaba con polenta.”

“Uno podía hacer el mandado de noche al almacén. Eramos chicos. Quedaba como a tres cuadras, no había inseguridad.”

“No había calles, eran senderos de tierra”

“Cuando pasaba el tren era maravilloso. Cuando venían a jugar los equipos de la B, con Central o Newels, en el tren a venían las hinchadas. Mas grandes fueron cuando empezó el fútbol de primera. Los trenes venían llenos hasta en el techo. Cuando llegaba a calle Suipacha, ya mi mamá nos gritaba: <<a meterse adentro>>. Verlo pasar era impresionante. El tío de mi mama que vivía en la esquina nos invitaba a verlos pasar. Se sentían las matracas, los pitos y un griterío. El tren entraba bastante lento flotaban las banderas. Ahora no pasa más y se llenó de casas pobres.”

“Estábamos separados del resto de la ciudad por las vías del ferrocarril que cerraba todo. Castellanos e Iriondo estaban cortadas. Cuando salíamos, pasábamos debajo del alambre del ferrocarril, las calles eran de tierra. Levantábamos el alambre de San Nicolás y nos cambiábamos los zapatos al llegar a la calle La Paz. Nos íbamos al cine.”

La llegada del progreso

El barrio empezó a cambiar cuando se instaló el Mercado. Por Ley Provincial N° 5038 con fechadas en Santa Fe, 8 de

septiembre de 1959 y en Rosario, 17 de noviembre de 1960, se expropiaron los terrenos para la construcción del Mercado de Abasto. En su artículo 1º: se declara de utilidad pública y se autoriza a la Municipalidad de Rosario a expropiar fracciones de terrenos comprendidos entre las calles Cafferata, Ocampo, Virasoro y Alsina, que rodea el terreno adquirido para la construcción del Mercado de Abasto de la ciudad de Rosario indicado en la ordenanza N° 644 de fecha 22 de abril de 1950.

“Mi papá decía, cuando construyeron el mercado: <<¡Qué lindo! Va a ser un progreso importante para el barrio.>> Como él tenía quinta. Y no, no fue un progreso para el barrio. Se llenó de villas miseria.”

“La vía del ferrocarril a Buenos Aires se fue poblando con villa. Siempre hubo villa, pero no siempre fue lo mismo. Al principio la gente hacía una casa precaria mientras esperaba construirse la suya, compraban un terreno y construían. Ahora hacen los ranchitos y allí se quedan. El tren ya no puede pasar.”

Este hecho inicia un proceso de transformación del barrio. Como muchos dicen *“llegó el progreso, pero no fue para mejor. Se perdieron muchas cosas”*. Y los hijos de esas familias iniciaron sus vidas en él.

“El barrio va progresando, pero lo que más progresa es la delincuencia. No sé si esto se va arreglar. Yo quiero que mejore por mis nietos. Hay que buscar otro orden y hay muchos intereses políticos en juego.”

El hoy lo describe la precarización, la marginalidad, que puede concebirse como expresión de la vinculación de la inequidad y la fragmentación social con dinámicas socio-territoriales urbanas. Se trata de una nueva condición de pobreza que se expresa en la forma de un “nudo”, en el que la combinación de diversas dimensiones: *económica*, con escasez de trabajo regular y de un ingreso seguro, *urbanística* en la que se mezclan viviendas adecuadas o en buen estado con agrupaciones de viviendas levantadas con deshechos, en ausencia de calles o espacios urbanos comunes, que organizan en el territorio dificultando la circulación para quienes no son de allí, sin la garantía de los pre-requisitos de la salud⁵ que reafirma las desventajas de los que habitan en áreas de la ciudad con alta concentración de pobreza.

Así, a pesar de los esfuerzos y los anhelos, podemos decir con Francisco que *“Esta hermana clama por el daño que le provocamos a causa del uso irresponsable y del abuso de los bienes que Dios ha puesto en ella. Hemos crecido pensando que éramos sus propietarios y dominadores, autorizados a expoliarla. La violencia que hay en el corazón humano, herido por el pecado, también se manifiesta en los síntomas de enfermedad que advertimos en el suelo, en el agua, en el aire y en los seres vivientes. Por eso, entre los pobres más abandonados y maltratados, está nuestra oprimida y devastada tierra, que gime y sufre dolores de parto. (Rm 8,22). Laudato Si*

Bibliografía

Álvarez, Juan: Historia de Rosario 1943

Austin, John (1962) *Cómo hacer cosas con palabras. Palabras y acciones.* Compilador J.O Urmson PAIDOS Buenos Aires Argentina 2006

Brunner, Jerome (2001) *La fábrica de Historias. Derecho, Literatura, Vida.* Fondo de Cultura económica Argentina 2003

Carta de Ottawa, Organización Mundial de la Salud, 1985

Carta Encíclica Laudato Si' del Santo Padre Francisco Sobre el cuidado de la casa común.

González Rey, Fernando: *Investigación Cualitativa y subjetividad. Los procesos de construcción de la información.* Mc Graw Hill India 2007

Ley Provincial N° 5038 (Digesto Municipal de la Ciudad de Rosario 1956-1966. Tomo III. Página 168).

Revista: Rosario y la región N 27-29

Vezzetti, Hugo: *La locura en la Argentina* primera edición 1985 Editorial Paidós

5 Carta de OTTAWA (OPS-1985): Pre-requisitos de la salud: Paz, ambiente adecuado, viviendas, trabajo. Educación. Renta distribuida con justicia social y equidad

Análisis desde la ingeniería ambiental sobre la problemática de recuperar plásticos desechados los cuales son incorporados a materiales ó elementos constructivos en una vivienda económica como respuesta socio-ambiental.

Director: **Espinosa A.**

Integrantes: **Parodi J L, D'Alleva A, Forestieri S, Avendaño M, Bitteti V.**

Colaboradores: **CEFEDER Aradas María E.**

Proyecto "Recuperación de plásticos residuales para la conformación de placas livianas para la construcción de viviendas económicas sustentables"

Facultad de Química e Ingeniería Fray Rogelio Bacon de Rosario
Universidad Católica Argentina. Av.Pellegrini 3314 Rosario 2000

***Abstract.** Depending on the status of the investigation it has been consulted UNEP Yearbook 2014 and the report on "Assessment of Plastics" both warn of pollution that threatens marine life, tourism, fisheries and businesses. The meeting in Nairobi 2014, indicates increasing concern about the danger they represent as two (2) reports which were announced at the meeting of the United Nations Environment Programme (UNEA). No less important is the report on "the tendency of the flow of materials and resource productivity in Latin America," published in the field of UNEP in collaboration with CSIRO. This indicates that at present, the region extracts a greater volume of NN RR per unit of GDP compared to 1970. It is necessary to reflect on the housing needs for the type of composition of groups within society. Because there is a marked lack of social dwellings average cost for the age group of middle-class working families whose income does not cover deficit share of credit in a housing plan or who are at social risk such as fragments that comprise Reference neighborhood project. In another sense we argue that it is not to move them or dismantling them, a decision that usually does not solve the problem with new buildings where they do not melt the desire to live. Although we believe settle part of the emerging situation requires the district has regulations that establish certain uniformity of intervention techniques necessary; what must not be neglected is the complexity of local problems requesting the active intervention of all stakeholders involved. From this research have been relieved different experiences according to the brief summary made on the basis of the broad spectrum of practices examined, it is that we can apply some of these recorded experiences with the contribution of the analysis of the E.I. which work with lower pressure on minerals for construction and mitigate the waste of plastic waste that populate the settlements, facilitating its use "in situ" as the place I would have.*

En función del estado de la investigación se ha consultado el Anuario 2014 -PNUMA y el informe sobre "Valoración de los Plásticos", ambos advierten sobre la contaminación por plásticos que amenaza la vida marina, el turismo y la pesca. La reunión de Nairobi 2014, indica que aumenta la preocupación por el peligro que estos representan según dos (2) informes que se dieron a conocer en la asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEA). Los plásticos provocan un daño financiero de 13 mil millones de dólares a los ecosistemas marinos al año y aumenta la inquietud por los microplásticos. Si analizamos esta problemática en nuestro entorno local, sin perder la perspectiva global, es importante la presencia de los mismos en nuestra basura urbana, lo que generamos cotidianamente en nuestros hogares e instituciones en donde permanecemos gran parte de la jornada de trabajo. Incluso ampliando el horizonte estos pululan en los barrios más humildes por ser los recolectores y recicladores naturales ante la posibilidad económica que les brinda su venta asimétrica ante el comprador que dispone del valor de pago a ofrecerles. Se los debe considerar, razonando exhaustivamente, como captadores de dichos residuos en cercanía a las fuentes de generación y se podría inferir que colaboran en disminuir los volúmenes que llegan a los mares y océanos, donde la inversión para captarlo es mayor a la que se requiere trabajando con estos grupos recolectores en el origen.

No es menor la importancia del informe sobre “la tendencia del flujo de los materiales y productividad de los recursos en América Latina”, publicado en el ámbito del PNUMA en colaboración con CSIRO¹. Este indica que en la actualidad, la región extrae un mayor volumen de RR NN por unidad de PIB² comparado con el 1970. Este sector posee una importancia significativa en América Latina por su aporte directo e indirecto a la economía de la región que radica fundamentalmente en su papel indirecto en la satisfacción de las necesidades básicas a través de la infraestructura y el aumento de la tasa de urbanización prevista de un 80 % en el presente a un 90% en el 2050. Estos hechos imponen el consumo de minerales de construcción que aumentara en consecuencia para compensar dichas insuficiencias de hábitats y servicios básicos. En este párrafo es necesario reflexionar sobre necesidades de viviendas para que tipo de de grupos de familias que integran la sociedad. Porque existe un déficit marcado de falta de viviendas sociales de costo promedio para la franja etaria de hogares de clase media trabajadora cuyo ingreso no cubre la cuota de un crédito en un plan habitacional o los que se encuentran en riesgo social como algunos segmentos que integran el barrio de referencia del proyecto. Si para comprender la situación presente empleamos la teoría llamada “Curva Ambiental de Kuznet”³, la cual afirma que cuando los ingresos aumentan por encima de un cierto umbral, muchos impactos sobre el medio ambiente disminuyen. Lo que ha sucedido está vinculado más al modelo de consumo basado en inversiones inmobiliarias desmesuradas con superficies cubiertas excesivas que pertenecen a grupos de inversores que no las habitan precisamente, al modelo de consumo de acuerdo al ingreso “per cápita” y a las demandas externas, lo cual lejos se encuentra de disminuir impactos ambientales. Este informe analiza a diez países éntrelos que se encuentra incluido Argentina.

El Papa Francisco nos habla en su “Encíclica Laudato Sí” de una ecología integral y nos indica, ... “Dada la magnitud de los cambios, ya no es posible encontrar una respuesta específica e independiente para cada parte del problema. Es fundamental buscar soluciones integrales que consideren las interacciones de los sistemas naturales entre sí y con los sistemas sociales. No hay dos crisis separadas, una ambiental y otra social, sino una sola y compleja crisis socio-ambiental. Las líneas para la solución requieren una aproximación integral para combatir la pobreza, para devolver la dignidad a los excluidos y simultáneamente para cuidar la naturaleza”⁴ (139). En esta dirección reconocemos que la gran especialización propia de la tecnología es lo que limita ampliar su mirada sobre el conjunto. Si lo que se pretende es dar solución a las amplias contrariedades de la indigencia a los fines de alcanzar soluciones a la pobreza extrema es preciso aunar todo lo que ha generado el conocimiento en el conjunto de las áreas de saber científico y el saber común con miradas en la filosofía y la ética socio-económica-ambiental. Avanzar en desafiantes soluciones implica ser consciente sobre la no neutralidad de la ciencia y la tecnología, lo que indica considerar desde el inicio sin final, un proceso de intensiones y posibilidades que se han de configurar de modos diversos, en función de lo que identifica a un colectivo humano del cual se desea hacerse cargo. Al integrar el proyecto a un miembro de ciudad como es el Barrio de San Francisquito debemos meditar sobre su trayecto histórico, su acervo cultural, que se encuentra tan amenazado por la ausencia de calidad hábitat que es también ausencia de aptitud ambiental que se amplía por encima de un problema de saneamiento. Sino rescatamos la identidad común de este lugar, que lejos se encuentra de ser un “no-lugar”, como base para articular el proyecto con el fin de contribuir a mejorar grados de habitabilidad en algunos asentamientos que lo complementan. En otro sentido razonamos que no se trata de trasladarlos o desmembrarlos, decisión que por lo general no resuelve el problema con nuevas construcciones donde ellos no conquistan el deseo de habitar. Si bien consideramos que zanjar parte de la situación emergente que posee el barrio requiere de normativas que establecen cierta uniformidad de intervención técnicas necesarias; lo que no hay que desatender es la complejidad de la problemática local que solicita la injerencia activa de sus habitantes. Es comprender el trazado de los derechos que posee el barrio “per se”, su cultura, comprendiendo que el desarrollo de este grupo de ciudadanos nos indica un proceso histórico dentro de un contexto cultural mayor que es la ciudad, por lo que requiere del continuado protagonismo de sus actores sociales, en sus miradas y experiencias locales.

En ciertas áreas del barrio se relevan asentamientos irregulares en riesgo social, lo que nos indica expulsión de familias de la ciudad habitable, no solo por la exclusión de su derecho a la vivienda, sino por el derecho a la ciudad con toda su infraestructura y servicios. En este caso el saneamiento es inadecuado, los drenajes casi inexistentes, dificultad de abastecimiento y accesibilidad al transporte público por sus costos, problema por encontrar un empleo formal. Lamentablemente esta situación de descarte y ausencia de alternativas de trabajo que otorga dignidad, conlleva a constatar que en donde la población es más pobre de ingresos, falta infraestructura y son importantes los índices de violencia, resentimientos y consumo de sustancias dañosas para la salud integral de estos habitantes. El estado municipal debe ejercer su labor de rector del bien común y ello no lo puede hacer solo, por ello desde la Universidad Católica Argentina, en particular desde la Facultad de Química e Ingeniería, este grupo de investigación integrado en su gran mayoría por jóvenes estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental, basados en la doctrina social de la Iglesia y fortalecidos por la encíclica del Papa Francisco analizan desde su formación tecnológica- científica un aspecto que se

¹ CSIRO Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth

² Producto Interno Bruto

³ Informe de “Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina”PNUMA-UNEP.

⁴ Art 139- Pag 108 Carta Encíclica Laudato Sí’ del Santo Padre Francisco sobre el cuidado de la casa común.

relaciona con los plásticos que se reciclan de los residuos presentes en la sede del campus los cuales se pueden aplicar a materiales de la construcción, según experiencias relevadas. Cabe aclarar, además que el Campus se ha sumado al Programa Separe de la Municipalidad con el fin de acercar los materiales apartados en origen a las cooperativas de trabajo que los venden en el mercado local.

En relación a lo expresado al inicio del documento y compartiendo el valor que asume una vida humana digna, que entre otros factores solicita el acceso a la disponibilidad de una vivienda adecuada a las necesidades básicas que no afecte al ambiente, el reciclado de plásticos es una interesante opción. Lo de la vivienda es una perspectiva difícil de alcanzar teniendo en cuenta el particular déficit habitacional, que es un aspecto de la insostenibilidad. En esta clave los alumnos hicieron trabajos teóricos y de campo para relevar información sobre posibilidades de incorporar materiales alternativos en la construcción a partir del reciclado. Ello fue posible mediante la encuesta facilitada por el CEFEDER que localiza a trabajadores, emprendedores, artesanos, personas comunes que puedan realizar actividades relacionadas con la recolección, acopio y transformación de distintos plásticos y su re-uso en distintos productos. Se relevaron experiencias que aplicaron distintas estrategias para avanzar en la concreción de nuevas producciones que favorezcan a toda la sociedad a través de la incorporación de valor por recuperación de residuos aplicados como materia prima para la elaboración de materiales y/o elementos constructivos. Asimismo se acuerda en señalar la necesidad de educar para crear hábitos que favorezcan una conducta adecuada y el trabajo conjunto de los distintos actores sociales- Estado, Empresa, Universidad y el Barrio representado por su mediadora “la escuela” que posee injerencia en la dinámica de los jóvenes que representan a parte de esa sociedad, a los fines de hacer posible un ajuste de la calidad de vida de algunos grupos que se encuentran en mayor conflicto.

Señalan en común acuerdo algunos especialistas sobre las propiedades del plástico, al ser incorporado en la elaboración de materiales para construcción, los que contribuye significativamente al ahorro de energía debido a que aumenta la aislación térmica y sonora, y al alivianar el material respecto al uso de elementos tradicionales disminuye el costo de transporte y facilita su manejo. Ellos consideraron diversas fuentes de abastecimiento de residuos plásticos, sus costos y confiabilidad y procesos de transformación. Indagaron costos, precios de mercado, monto y tiempo de recupero de la inversión y rentabilidad de un proyecto específico propuesto en la ciudad de Rosario.

Con respecto a la tecnología para la construcción, hemos reflexionado sobre sus modos de ejecutar viviendas, lo que genera impactos ambientales en todas sus etapas, desde la extracción de materias primas, procesamiento de las mismas para obtener materiales, la aplicación de estos en construcción de edificios sumado a su cierre o abandono con su demolición. Construir implica consumir RR-NN, sabiendo que algunos son “no renovables” y con lleva a la aparición inevitable de situaciones de erosión y anegamiento en ciertos casos, gasto de energía en el transcurso, destrucción de hábitats naturales, contaminación por emisiones y gran generación de residuos de todo tipo. Ante esta declaración es necesario incorporarle el costo ambiental. En este punto reside el valor de examinar opciones viables para disminuir esta extracción y aprovechar aquellos materiales considerados desechables, los cuales mediante disímiles métodos industriales o artesanales permiten transformarlos en elemento con valía socio-económico ambiental. Surge de este modo la significación de recuperar plásticos observando la experiencia circundante con respecto a materiales que los han incorporado rescatando aquellos que facilitan autoconstrucción para viviendas en riesgo. Nuestra exploración implica el redimir técnicas que implementen materiales reciclados para la obtención de elementos constructivos que disminuyan efectos indeseados en el medio social en conflicto. Por lo general ellos recolectan estos residuos, por ello se les instruirá para re-utilizarlos aprovechando las propiedades y características de los mismos, lo que admite mejorar estas viviendas precarias. Existe un déficit, como estigma de una deuda pendiente, en cubrir necesidades básicas de estas comunidades, obligadas a habitar en algunos casos en asentamientos irregulares con su inevitable deterioro de calidad de vida traducida en hacinamiento, enfermedades y violencia. Ellos ocupan tierras vacantes, la subdivisión de lotes a veces es en forma ilegal, así como la construcción informal se une a las bajas o inexistentes condiciones de habitabilidad. Hemos tomado el Barrio San Francisquito como espacio- temporal de trabajo a los fines de hacer sinergia con el CEFEDER quienes han realizado encuestas para su proyecto. En base a estas hemos articulando inquietudes sobre los aspectos particulares de datos arrojados sobre estado habitacional. Debido a ello reflexionamos que es necesario considerar estos sobrantes como recursos disponibles, lo que sumado a la acción conjunta del saber académico (universidad), la colaboración de los ciudadanos (consumidores), la responsabilidad social de la industria y de los gobiernos locales integrados a el saber común de los protagonista principales de esta investigación nos permite empoderar los desafíos técnicos y prácticos que surgen cuando se los debe encauzar. En función de lo relevado existe genéricamente dos familias de plásticos: los termoplásticos y los termoestables que son más difíciles de reciclar. En el caso de los primeros se pueden fundir cuando se calientan pudiéndose moldear repetidas veces sin que sus propiedades originales se alteren demasiado o se aplica un proceso físico-mecánico de trituración, obteniendo diferentes granulometrías, lo que permite su re-utilización. Entre los más reconocidos presentes en los RSU encontramos PET (tereftalato de polietileno); PEBD (polietileno de baja densidad); PEAD (polietileno de alta densidad); PP (polipropileno); PVC (policloruro de vinilo); PS (poliestireno); EPS (poliestireno extruido) y PC (policarbonato)⁵.

Desde esta investigación se han explorado diferentes experiencias, entre ellas la fabricación de maderas plásticas de

⁵Braun, D., Carl Hanser Verlag Métodos Sencillos de Identificación de Plásticos, Munchen, 1989

nuestra región compuestas con un 50-60% de plásticos opacos y 40-50% de plásticos brillosos, mediante molino triturador se obtienen escamas de 20 mm promedio que luego se los pasa por una extrusora que lo funde a 300-350°C a los que se moldea en forma regular. Se desmoldan mediante émbolo obteniéndose el producto final como varillas, tirantes, tablas, durmientes, postes redondos y cuadrados. Otros tipos de producción son los ladrillos con plásticos que fueron desarrollados por el CEVE en Córdoba avalado por el CONICET⁶, quienes mezclan partículas plásticas con cemento Portland en una hormigonera agregando agua con aditivos químicos incorporados. Las proporciones se encuentran tabuladas en 1 cemento: 11/2 plástico triturado: 1 agua con aditivos. Cuando esta adquiere consistencia uniforme se la vierte en una máquina de moldear ladrillos o bloques realizando la compresión y postura de los mampuestos utilizando una máquina rodante. Pasan a la etapa de curado con agua (7 días); a los 28 días de su elaboración se los puede utilizar en mampostería de elevación. Lo importante no usa combustible como los hornos de ladrillos convencionales.

Según la investigación realizada por la Dra Sánchez de Colacelli y el Arq. Costilla⁷, justifica suficientemente una investigación conducente a reutilizar y reciclar poliestireno expandido (EPS) proveniente de embalajes en general. Ellos diseñaron una máquina simple, para reducir los trozos de EPS desechados a un tamaño adecuado. Se prepararon morteros y hormigones con diferentes dosificaciones realizando los ensayos correspondientes en el Laboratorio de Ensayos de Materiales Estructurales (LEME) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT). Se determinaron algunas características interesantes, como ser, los morteros resultaron de menor peso específico que los de materiales convencionales. Ellos se encuentran diseñando mampuestos y paneles con mejores características técnicas que los tradicionales en cuanto a peso y conductividad térmica. Su resistencia mecánica es suficiente para definir paramentos de cerramiento de viviendas y su capacidad de absorción de agua es similar a la de otros materiales.

De acuerdo a la apretada síntesis realizada en función del amplio espectro de prácticas analizadas y referenciando a el PNUMA⁸ sobre la necesidad perentoria de materiales basados en la productividad de recursos en América Latina, situación que seguirá en aumento, lo que se pretende fomentar es la investigación y la recopilación de datos oficiales en países de la región, algo clave para lograr una mejora continua en los niveles de vida sin producir aumentos cada vez mayores en la presión extractiva y la pérdida de capital natural. Desde enero del presente año se publican resúmenes temáticos, sobre todo en la categoría minerales de construcción. Del mismo modo asegura que se acentúan los asentamientos irregulares, debido a los niveles de empobrecimiento creciente y la concentración de riquezas. Poder hacer aplicación de alguna de las experiencias inspeccionadas en la presente investigación con el aporte del análisis de su I.A. colaborará con bajar la presión sobre dichos minerales y mitigar el desaprovechamiento de plásticos desechados que abundan en los asentamientos. Promover su uso “in situ” según el lugar que se lo disponga, con aplicación para materiales a utilizar en pisos mejora su comportamiento, del mismo en muros, losas y cubiertas de acuerdo a las mejores propiedades que los identifican. Nuestra discusión radica en analizar productividad y costos incluyendo otras variables conjuntamente con las económicas sujetos a las dinámicas de nuestro medio socio-económico- institucional y político.

BIBLIOGRAFÍA

Carta Encíclica Laudato Sí' del Santo Padre Francisco sobre el cuidado de la casa común.

América Latina en Movimiento- 505 Junio 2015. Año 39 2º Época. Francisco y los movimientos populares: Tierra, Techo y Trabajo.

Saja Sáez José A. de, Rodríguez Pérez Miguel A., Rodríguez Méndez Ma Luz. Materiales Estructura, Propiedades y Aplicaciones.- Cap. 5 Edit. Thomson

Braun, D., Carl Hanser Verlag Métodos Sencillos de Identificación de Plásticos, Munchen, 1989

Garrido L., Ibarra M., Marco C. Coordinadores Ciencia y tecnología de materiales polímeros (volumen I y volumen II) Edición Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros, CSIC, Madrid, 2004.

Seymour, R. B., Jr. Carraher, C. E. Introducción a la Química de Polímeros. Reverté, Barcelona, 1995.

Sánchez de Colacelli Ma Rosa - Costilla Angel M. Un material no tradicional usado de manera tradicional. Publicación web FAU-UNT.

Informe de “Tendencias del flujo de materiales y productividad de recursos en América Latina” Resumen de política:

⁶BERRETTA Horacio, ARGUELLO Ricardo, GATANI Mariana, GAGGINO Rosana. Nuevos materiales para la construcción: los plásticos reciclados. CEVE- CONICET- Argentina.

⁷Sánchez de Colacelli Ma Rosa - Costilla Angel M. Un material no tradicional usado de manera tradicional. Publicación web FAU-UNT

⁸Minerales de construcción- PNUMA-UNEP Anuario 2014 del PNUMA www.csiro.au/LatinAmerica

Minerales de construcción- PNUMA-UNEP-www.csiro.au/LatinAmericaCaribbeanResourceFlows. Anuario 2014 del PNUMA.

Chiara Lubick. La Espiritualidad Colectiva 3- Edit Ciudad Nueva

Michael S. Mamlouk y John P. Zaniwski Materiales para ingeniería Civil. Pearson Prentice Hall Educación. Madrid.

BERRETTA Horacio, ARGUELLO Ricardo, GATANI Mariana, GAGGINO Rosana. Nuevos materiales para la construcción: los plásticos reciclados. CEVE- CONICET- Argentina.

PET/PEN N° 33 -PET/PEN N° 34- PET/PEN N° 35- PET/PEN N° 36 Edit. Emma Fiorentino Publicaciones Técnicas S.R.L

Cuantificación de la captura de CO₂ por la flora nativa de totora en un humedal costero en Perú

H. Pérez Pinedo¹, E. Luccini^{2,3}, L. Herrera³, M. Parodi^{3,4}, M. Matar^{3,4}, L. Barrea^{3,4},
M. Mechni³ y E. Masramón³

Proyecto “Análisis y predicción de variables medioambientales. Efectos y aplicaciones en estudios de Impacto Ambiental”

¹ Maestrando de la Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina, Rosario.

² CONICET - Centro de Excelencia en Productos y Procesos de la Provincia de Córdoba (CEPROCOR).
Santa María de Punilla, Córdoba.

³ Facultad de Química e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica Argentina, Rosario.

⁴ Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario.

Resumen. Se cuantifica la captura de CO₂ por la flora nativa de totora (*Schoenoplectus californicus*) en los humedales de Villa María, sobre la costa del Pacífico en Perú. Se delimitó el área representativa ocupada por esta especie para evitar zonas heterogéneas y se cuadrículó la zona trazando líneas que atravesasen toda el área, donde se realizaron muestreos aleatorios de 1 m² de la parte aérea y de la raíz de la biomasa. El contenido de carbono en la estructura vegetal se determinó por método de “Walkley y Black” y la captura de dióxido de carbono se estimó mediante el “factor de conversión de carbono a dióxido de carbono”. Se obtuvo un valor de contenido de dióxido de carbono capturado por totora (partes aérea + raíz) de 84.05 tCO₂/ha comprobándose que, entre otros importantes servicios al medio ambiente y al Ser Humano, estos humedales actúan de modo crucial en la captación de CO₂ atmosférico ante el presente escenario de cambio climático planetario.

Palabras Clave: captura y almacenamiento de carbono - CO₂ - totora - humedales - Perú - cambio climático

Abstract. The CO₂ uptake by native flora species of totora (*Schoenoplectus californicus*) at the Villa Maria wetlands in Perú was studied. Representative areas were delimited, defining lines throughout the area where 1 m² samples were randomly taken of the aerial and the root parts of the biomass. The Walkley and Black method was used to determine the carbon content and the carbon-to-carbon dioxide conversion factor was used to estimate the carbon dioxide uptake. Carbon dioxide uptake values for totora (aerial + root parts) of 84.05 tCO₂/ha were obtained demonstrating that, together with other important services to the environment and to the Humans, these wetlands have a crucial role for the uptake of atmospheric CO₂ in the present planetary climate change scenario.

Keywords: carbon uptake and storage - CO₂ - totora - wetlands - Perú - climate change

1. Introducción

Los humedales cubren aproximadamente el 6% de la superficie de la Tierra según la estimación del Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Cumplen funciones muy importantes, como la fijación de carbono, representando un elemento de mitigación de los efectos del cambio climático planetario actual. Son especialmente vulnerables al cambio climático, por lo que requieren una atención especial y el desarrollo de una estrategia de adaptación, esta vulnerabilidad es aún mayor si se tienen en cuenta las peculiaridades, características físico-geográficas e importancia ecológica de gran parte de los humedales (Moya et al. 2005). Lamentablemente en muchos lugares no se brinda la protección necesaria, por lo que 64% de los humedales

en todo el mundo se han perdido desde los años 1900, y tales pérdidas han sido mayores y más rápidas para el interior de los humedales naturales costeros (Davidson, 2014).

El incremento de dióxido de carbono (CO₂), uno de los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera, generado por actividades humanas y naturales como la quema de combustibles fósiles, incendios forestales, cambios de uso de tierra, etc., ha producido un aumento de la temperatura atmosférica de aproximadamente 0.9°C respecto a los niveles preindustriales¹.

El calentamiento global produce graves consecuencias, como mayor cantidad de precipitaciones, veranos con temperaturas más altas, inviernos más crudos, disminución de las capas de hielo en los Polos y glaciares, incremento del nivel del mar e inundaciones de zonas bajas e islas, aumento de la desertificación, desaparición de flora y fauna en ecosistemas, escasez de agua e inestabilidades atmosféricas (huracanes, incendios, etc.), y efectos secundarios de catástrofes humanas (propagación de la hambruna y enfermedades, etc.).

Los humedales de Villa María (Perú) han sido severamente afectados durante los últimos años por la actividad antrópica, ocasionando la drástica disminución de su flora representativa y de gran valor artesanal como los totorales, gramadales, juncales y carrizales, debido a la falta de voluntad y autoridad política en sus labores de prevención, cuidado y mantenimiento, sumados a la indiferencia de los ciudadanos que desconocen el gran servicio que nos brindan estos ecosistemas. Los impactos negativos van desde la reducción de su área física, deterioro del paisaje y hábitats naturales, pasando por la disminución de especies de flora y fauna, hasta presentar graves problemas de contaminación e incompatibilidad con las actividades existentes en el contexto urbano. La protección de los humedales implica entonces una respuesta al cambio climático.

Así, esta investigación tiene el propósito de establecer un importante precedente investigativo en la región, ya que no se han realizado investigaciones similares en los humedales de Villa María, brindar iniciativas al respecto para otras investigaciones, y mejorar el nivel de cultura y educación ambiental. Por otro lado, generar conciencia política en las autoridades competentes para que tome acciones correspondientes y priorice formular e implementar una política ambiental que permita afrontar la crítica situación actual en el manejo de los humedales. El estudio fue desarrollado durante el periodo julio de 2014 a septiembre de 2015, con una etapa de campo realizada entre octubre y diciembre de 2014, mientras la etapa de laboratorio comprendió los meses de enero a julio de 2015.

2. Caracterización del área de estudio

Loayza-Aguilar (2002) señala que los humedales de Villa María (Perú) constituyen un “Ecosistema marino-costero templado que se desarrolla sobre una terraza hidromórfica a 3 msnm, con pendiente promedio de 1% y cuyo régimen hídrico depende de la infiltración permanente del río Lacramarca y aguas de regadío que originan la presencia de cinco sistemas: ribereño, palustrino, estuarino, marino y artificial, en donde se pueden identificar gradientes salinos entre oligosalino a hipersalina y una vegetación hidrófila emergente típica, soporte de una importante diversidad faunística acuática, particularmente avícola”. Como lo muestra la Figura 1, están ubicados en la parte baja del valle del Lacramarca, entre los Distritos de Chimbote y Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash, abarcando un área de 920 ha.

La flora de este ecosistema está constituida por organismos microscópicos (microalgas) y plantas vasculares, unas típicamente hidrofíticas, como las de las lagunas y pantanos (en particular la totora), y otras terrestres, como las encontradas en la barra del río y llanura salina. En otros casos también se encuentran plantas que están perfectamente adaptadas a vivir tanto en biotopos acuáticos y terrestres, como las que constituyen el "gramadal", "junjal", "carrizal" y "salicornial".

Arana y Salinas (2003) realizaron un estudio sobre la flora de los humedales de Chimbote, concluyendo que los humedales de Villa María de Chimbote representan una flora vascular compuesta por 41 especies en 18 familias, el 61% magnoliópsidas y el 39% liliópsidas. Las familias con mayor número de especies son Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae. Las formas de crecimiento dominantes son las hierbas (85%) seguidas de arbustos (10%). La mayor diversidad de especies se encuentra en la desembocadura del río Lacramarca.

¹IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report.

Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_All_Topics.pdf

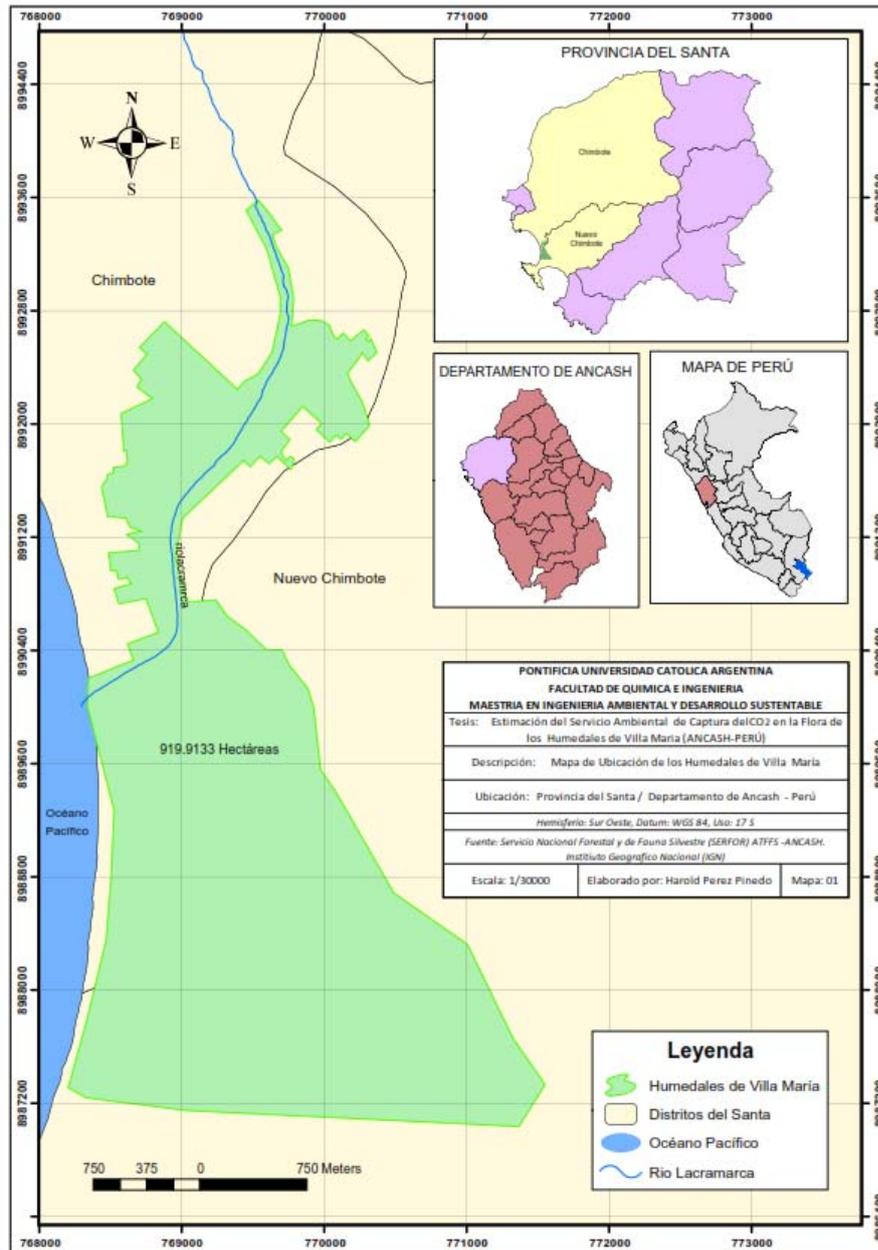


Figura 1: Ubicación geográfica de los humedales de Villa María.

3. Caracterización de la flora analizada en el presente estudio

La determinación taxonómica de la especie de flora que se analiza en esta investigación fue realizada en el Dpto. de Biología (MOL) de la Universidad Nacional Agraria la Molina, mediante el reconocimiento de caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos, utilizando el sistema de clasificación del Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009). La figura 2 muestra la imagen de un sector del humedal claramente dominado por la presencia de totoras. Según Heiser (1978), la totora es una planta silvestre perenne que crece en sitios inundados o planos, de sustrato arcilloso. Es abundante en las riberas del humedal, lagos y lagunas². Posee tallos subterráneos (rizomas) que crecen paralelamente a la superficie del suelo, las hojas salen de la base y son largas y angostas, los tallos varían de 1 m a 4 m, de forma erecta y remotos, son lisos, trígono o subteretes, también poseen aerénquimas que son tejidos sin color con grandes espacios intercelulares llenos de aire que facilitan la flotación y la llegada de aire a los órganos sumergidos (Aguilar et al, 2009). En la mayoría de los casos, la totora se reproduce vegetativamente, la producción por semillas es muy limitado debido a que generalmente no logran germinar. La reproducción vegetativa es por desarrollo de propagulos vegetativos, mediante células especializadas en propagar la planta (meristemas), agrupadas en estructuras especiales (rizomas). De esta manera se producen individuos nuevos ya adaptados al medio ambiente (Delgadillo, 2010).

² Lago Titicaca, A. L. T. Uso de Totorales para la Descontaminación en Bolivia.



Figura 2. Totoral en los humedales de Villa María.

4. Metodología de campo

El área de estudio corresponde al Plan General de Manejo Forestal en los humedales de Villa María, 153.14 ha que incluyen el manejo de totora estimadas mediante mapas satelitales Landsat 8 y Google Earth. Se delimitaron áreas representativas para evitar zonas heterogéneas y así utilizar el muestreo aleatorio. Se determinaron 25 puntos, 5 correspondientes a totora. De cada punto se tomaron muestras de la biomasa aérea y de la raíz con 3 repeticiones para una estimación estadística.

Se cuadrículó la zona trazando líneas que atravesasen toda el área, de estas cuadrículas se seleccionaron al azar los puntos a muestrear, las que fueron localizadas en cada zona usando un GPS navegador. Dentro de las cuadrículas seleccionadas aleatoriamente se colocó un cuadrante de 1 m², del cual se extrajeron por completo las partes aérea y radicular, como se muestra en la Figura 3. La biomasa aérea registró una densidad promedio de 9.91 kg/m².



Figura 3. Izquierda: Totoral en cuadrante de 1 m², Centro: corte de la parte aérea, Derecha: peso en fresco de la muestra.

Luego se seleccionó una sub-muestra, registrando el peso fresco y colocándolo en una bolsa de papel correctamente identificada (Figura 4).



Figura 4. Registro del peso de la sub-muestra aérea y rotulación.

Se procedió a secar las muestras colectadas, en estufas a 75°C durante 24 horas, hasta obtener un peso constante (Figura 5).



Figura 5. Secado de muestras en estufa

Para la parte raíz de las plantas de totora, en el mismo cuadrante la biomasa se realizó un muestreo directo de 20 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 cm de profundidad bajo la superficie, y se procedió al pesado en fresco, selección de sub-muestras, rotulación y secado en horno del mismo modo que para la parte aérea antes mencionada.

5. Metodología de laboratorio

5.1 Metodología para la Determinación del Factor de conversión de Carbono

Con la finalidad de estimar la captura de CO₂ atmosférico, previamente se debe determinar el carbono acumulado en la estructura vegetal en las muestras de flora, parte aérea y radicular. Para ello se utilizó el Método de Walkley y Black (1934) o de Titulación, como lo detallan Lapeyre et al (2004), trabajo realizado en el laboratorio de la Universidad Agraria la Molina de Lima, Perú. La materia orgánica es oxidada con una mezcla de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) con ácido sulfúrico (H₂SO₄). El exceso de K₂Cr₂O₇ es determinado por titulación con sulfato ferroso (FeSO₄) o con sulfato ferroso amoniacal (NH₄Fe)₂(SO₄)₃. Este método proporciona una estimación fácilmente oxidable de carbono orgánico y es usado como una medida de carbono orgánico total.

Siguiendo el procedimiento fue sugerido por Kalra y Maynard (1991)³, se obtuvieron las muestras de peso seco de las especies de flora en estudio, luego se molieron las muestras en un molino de laboratorio, se extrajo 0.2 g de muestra y llevo a un frasco de Erlenmeyer de 125 ml, se le agregó a las muestras 10 ml de solución dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) 4N, posteriormente se agregó 10 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, mezclando para homogeneizar la solución. Durante esta reacción hay generación de calor, por lo cual las muestras permanecieron en reposo durante 2 a 3 horas hasta enfriarse. Se enrasó a 100 ml con agua desionizada (previamente hacer un blanco). Posteriormente se tituló con solución sulfato ferroso amoniacal 0.2N, agregando gotas de indicador difenil amina sulfúrica 1% (3 gotas/20 ml). Finalmente, se obtuvo el factor de carbono mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de materia organica} = Mx \frac{1.724x0.4xNsfa x (Vb - Vm)}{\text{peso de la muestra inicial gr.}}$$

$$Vb = \frac{V(K2Cr2O7)x Vsfa}{10}$$

Donde M es la molaridad de la solución de FeSO₄, 0.4 es el factor equivalente del peso del carbón, Vb es el volumen de la solución ferrosa amoniacal requerido para el blanco (ml), Vm es el volumen de la solución ferrosa amoniacal requerido para la muestra (ml), Nsfa es la Normalidad de la solución ferrosa amoniacal = 4/Vsfa bk (el volumen de la solución sulfato ferrosa amoniacal del blanco).

5.2 Estimación de captura de dióxido de carbono por las especies de flora

El peso seco de la biomasa, multiplicado por el factor porcentaje de carbono que se determinó previamente en el laboratorio, da como resultado el contenido total de carbono acumulado en la vegetación (en unidades de t_C/ha). Este valor, multiplicado por el factor de conversión de carbono (44/12, la relación entre los pesos moleculares del CO₂ y del C), da finalmente el contenido total de CO₂ atmosférico absorbido de la atmósfera por la biomasa:

$$\text{CO}_2 \text{ atmosférico absorbido [t}_{\text{CO}_2}\text{/ha]} = (44/12) \times \text{C total en plantas [t}_C\text{/ha]} \quad (1)$$

³Kalra, Y. P., & Maynard, D. G. (1991).Methods manual for forest soil and plant analysis (Vol. 319).

6. Resultados y discusión

6.1 Factor de conversión de carbono en totora

Los resultados obtenidos en el laboratorio indican que, para la totora, la fracción de carbono en el peso seco en la parte aérea es 0.5438 y en la parte de la raíz es 0.3444, indicando que la mayor fracción de carbono se encuentra en la parte aérea, la que realiza la fotosíntesis. Palomino (2007), a su vez, determinó para la totora valores similares de 0.4469 en la parte aérea y 0.4665 en la parte raíz. Albrecht y Kandji (2003) indicaron que parte del carbono incorporado en la parte aérea mediante el proceso de la fotosíntesis queda fijado en la parte radicular, la cual tiene una tasa de descomposición relativamente baja respecto a la biomasa aérea. Esto difiere de los resultados del presente estudio, lo cual se puede atribuir entre otras razones al estado de contaminación al que está expuesto el humedal, limitando el desarrollo de las especies. Según Schulze et al. (2000) la capacidad varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de la población de cada estrato por comunidad vegetal. El IPCC menciona que el factor de carbono en la biomasa puede variar de 0.43 a 0.58. En otros sistemas, como la biomasa arbórea se ve influenciada por la edad de las plantaciones y la calidad del sitio, variando su fracción de carbono entre 0.32 y 0.40 (Cubero y Rojas, 1999). Aún es desconocida la capacidad de fijación de carbono a través de procesos bióticos por los ecosistemas forestales, y al no existir un procedimiento que lo defina con precisión, en muchas investigaciones se han encontrado diferencias según el método que se empleó para su determinación (Schulze et al., 2000; Segura, 1999).

6.2 Determinación del contenido de carbono en totora

La totora presentó un contenido total de carbono de 16.83 t_C/ha (73%) en la parte aérea y de 6.09 t_C/ha (27%) en la parte raíz. La estructura aérea de la totora almacena más carbono que la estructura radicular, en coincidencia con lo encontrado por Palomino (2007) en los humedales de Puerto Viejo, Lima.

Particularizando sobre la parte aérea, las 16.83 t_C/ha determinadas en las totoras de los humedales de Villa María son menores que las 30.65 t_C/ha que obtuvieron Yanqui et al. (2012) en un estudio realizado en el lago Chinchaycocha-Junín, lo cual pudo ser debido a que la altura promedio de la especie es mucho menor (2.36 m) en comparación con una altura de 3-4 m del lago Chinchaycocha. Palomino (2007) también obtuvo mayor contenido de carbono en la parte aérea de la biomasa, con un total de 20.1 t_C/ha en los humedales de Puerto Viejo, donde la densidad poblacional puede haber sido decisiva, ya que estos presentaron una densidad de 18.39 kg/m² en su biomasa aérea contra los 9.91 kg/m² en los humedales de Villa María.

Sobre el contenido total de carbono (partes aérea + raíz) la totora, con 22.92 t_C/ha es la de mayor contenido en los humedales de Villa María (Pérez Pinedo 2015, tesis de Maestría en evaluación, UCA Rosario). En tanto, las muestras de totora presentaron una dispersión relativamente alta. Siendo esta especie de importante aprovechamiento artesanal, se puede inferir que los artesanos realizan cosechas que sobrepasan lo permitido por año e impiden una buena redistribución del contenido de carbono en las plantas.

6.3 Captura de dióxido de carbono por el total de Villa María

Aplicando la ecuación 1, se deduce que la cantidad de dióxido de carbono atmosférico capturado por hectárea en la biomasa total de la flora de totora en los humedales de Villa María es de 84.05 t_{CO2}/ha.

En la Figura 6 se compara la captura de dióxido de carbono atmosférico total por distintas plantas herbáceas como hortícolas (incluyendo frutos) y cereales, presentando las especies de los humedales de Villa María gran capacidad de captura.

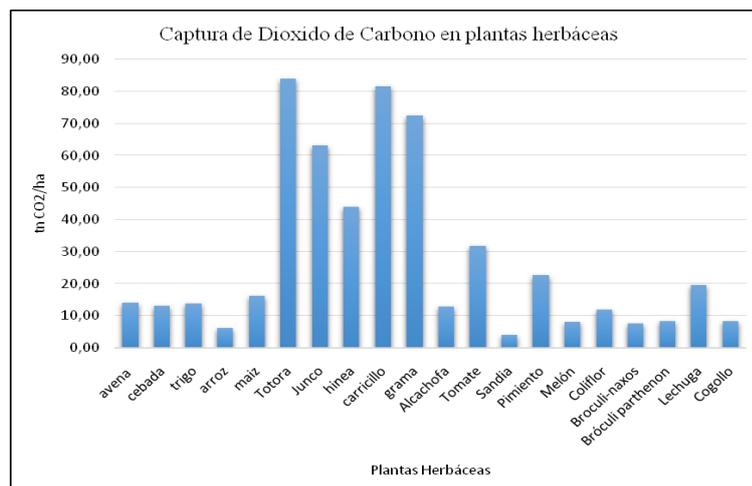


Figura 6. Captura de dióxido de carbono por distintas plantas herbáceas.

Eventualmente, la densidad poblacional de las plantas del humedal (totora, junco, hinea, grama salada, y carricillo) hace la diferencia por sobre las plantaciones de hortícolas, y respecto a los cereales porque presentan menos biomasa⁴.

6.4 Flujo anual de dióxido de carbono

El contenido total de carbono almacenado en las especies nos permite determinar el grado de captura de carbono de un sistema, pero no nos especifica la dinámica de éste. Ante esto se elaboraron los flujos anuales de captura de carbono por hectárea, considerando solo la parte aérea que es la que se regenera anualmente. Estos flujos anuales son los que expresan el dinamismo de acumulación de carbono, y es el que la comunidad internacional considera según el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) que se define en el artículo 12 del Protocolo de Kyoto.⁵

Acorde a ello, el servicio ambiental de captura anual de CO₂ atmosférico por totora en los humedales de Villa María es de 61.70 t_{CO2}/ha/año, un valor realmente importante y comparable al determinado por Yanqui et al. (2012) por totora en el lago Chinchaycocha-Junín con 112.38 t_{CO2}/ha/año y por Palomino (2007) en los humedales de Puerto Viejo-Lima con 73.7 t_{CO2}/ha/año.

6.5 Factores que deterioran el medio ambiente del humedal

Varios factores ambientales generan efectos nocivos sobre la flora de los humedales costeros, minimizando el crecimiento de las plantas y su potencial como captadores de CO₂, entre ellos como el incremento del nivel del mar y las elevadas temperaturas causadas por el calentamiento global, estrés ambiental⁶, cambios en la salinidad del agua, precipitaciones, temperatura atmosférica y de la irradiación solar alteran la estructura y metabolismo de las plantas (Martínez-Ballesta et al., 2009). Y desde luego, el volcado de residuos y la generación de basurales alteran enormemente el frágil equilibrio natural de la región.

7. Conclusiones

- La captura de dióxido de carbono como servicio ambiental que aportan los humedales de Villa María en la biomasa de las especies más representativas y de gran valor artesanal como la totora llega hasta 84.05 t_{CO2}/ha, con un flujo anual de unos 61.7 t_{CO2}/ha/año considerando sólo la parte aérea debido a que se regenera anualmente.
- Durante el análisis que se realizó al área de los humedales se pudieron determinar muchos factores que ponen en estado de emergencia al ecosistema. Existen industrias que vierten sus efluentes al río en muchas situaciones con tuberías colapsadas. Una laguna de oxidación de efluentes cloacales en el corazón de los humedales, cuyas filtraciones afectan y contaminan, como así también la quema indiscriminada y enormes basurales.
- Las especies herbáceas de gran valor artesanal en los humedales de Villa María poseen gran servicio ambiental contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones de CO₂ gas que produce efecto invernadero y calentamiento global. Por ello, los resultados encontrados inciden sobre la necesidad de conservar este ecosistema logrando un incremento en la biomasa y por lo tanto una mayor captación de CO₂ atmosférico.
- Los humedales de Villa María también brindan medio económico, generando puestos de trabajo con el aprovechamiento de la flora terrestre, un goce social desde su punto de vista ecológico y paisajístico como zona turística.

8. Referencias

- Albrecht, A., y Kandji, S. T. (2003). Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, ecosystems and environment*, 99(1), 15-27.
- Aguilar, Z., Ulloa, C. U., y Hidalgo, P. (2009). Guía de plantas útiles de los páramos de Zuleta, Ecuador. *EcoCiencia*, Proyecto Páramo Andino.
- Arana, C., y Salinas, L. (2003). Flora vascular de los Humedales de Chimbote, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 10(2), 221-224.

⁴La Figura 6 fue adaptada los autores Carvajal (2009). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos, y Lapeyre et al, (2004) Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú.

⁵ Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las naciones unidas sobre el Cambio Climático Disponible en la página: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

⁶ Verdugo, F. F., Casasola, P., de la Lanza-Espino, G., & Hernández, C. A. El manglar, otros humedales costeros y el cambio climático. En memoria, 165.

- Davidson, N. C. (2014). How much wetland has the world lost Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934-941. Disponible en: <http://www.publish.csiro.au/?paper=MF14173>
- Delgadillo, O. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Cochabamba Bolivia: Editorial Nelson Antequera.
- Heiser, C. (1978). The Totora (*Scirpus californicus*) in Ecuador and Peru. *Economic Botany*, 32(3), 222-236.
- Lapeyre, T., Alegre, J., y Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 35-44. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34130206>.
- Loayza-Aguilar, R. (2002). Diagnóstico del humedal de Villa María. Chimbote Perú: Edición Instituto Ambientalista Natura. Disponible en la Biblioteca de la Universidad Nacional del Santa, área sala de investigación.
- Martínez-Ballesta, M.C., Lopez-Perez, L. Muries, B, Muñoz-Azcarate, O., Carbajal, M. (2009) Climate change and plant water balance. The role of aquaporins. *Sustainable Agricultural Reviews* (E. Lichtfouse, Ed.) Vol 2, 71-89.
- Moya, Bárbaro V.; Hernández, Ana E.; Elizalde Borrell, Héctor. (2005). Los Humedales Ante el Cambio Climático. *Investigaciones Geográficas* (Esp), Sin mes, 127-132. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17612746005>.
- Palomino C. D. (2008). Estimación del Servicio Ambiental de Captura del CO₂ en la Flora de los humedales de Puerto Viejo. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 49-59.
- Schulze, E. D., Ch. Wirt y M. Heimann. 2000. Managing forest after Kyoto. *Science* 289(5487):2058-2059.
- Segura, M. (1999). Valoración del servicio de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados en el área de conservación cordillera volcánica central de Costa Rica. *Catie*. Turrialba Costa Rica. 132 p.
- Walkley A. y Black I. (1934). An examination of the Degtjareff method and a proposed modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 34: 29-38.
- Yanqui, R. M., Minaya, L. C., y Balbín, M. V. (2012). Almacenamiento de carbono en especies predominantes de flora en el lago Chinchaycocha. *Apuntes de Ciencia y Sociedad*, 2(2).

Páginas Web

- www.ipcc.ch
- <http://www.worldwetlandsday.org/en/>
- <http://www.publish.csiro.au/paper/MF14173.h>
- http://www.ramsar.org/lib/lib_manual2006s.htm