



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES

• CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO DR. ROGELIO S. STAMPELLA (CIDET)

Director: Ing. Miguel Schmalko

• REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

COMITÉ EDITORIAL

Directora/Editora: Dra. María Cristina Area. (m_c_area@fceqyn.unam.edu.ar).

Área Bioquímica y Farmacia: Dr. Pedro Darío Zapata. (bcmb@fceqyn.unam.edu.ar).

Área Ingeniería y Tecnología: Dra. Alicia Esther Ares. (aares@fceqyn.unam.edu.ar).

Área Genética y Biología: Dr. Alberto Sergio Fenoccio. (afenocch@fceqyn.unam.edu.ar).

COMITÉ DE REVISIÓN ÁREA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Stella Maris Alzamora. UBA. Alimentos.

Dra. Sandra Guerrero. Lab. de Tecnología de Alimentos. Dpto. de Industrias, UBA. Alimentos.

Dr. Arturo Carlos Simonetta. Cátedra. de Microbiología, Dpto. de Ing. en Alimentos, Fac. de Ing. Quím., U.N. Litoral. Biotecnología de alimentos.

Dra. María A. Tessi. U.N. del Litoral. Microbiología de Alimentos.

Dr. Rodolfo H. Mascheroni. U.N. de La Plata. Conservación-frío-congelamiento.

Ing. Aldo A. Lossada. U.N. del Litoral. Celulosa y papel.

Ing. Gloria Carmen Plaza. U.N. de Salta. Industria y medio ambiente.

Arq. Héctor Echechuri. Dpto. de Ind. y Med. Amb., U. N. de Mar del Plata. Ind. y Med. amb.

Dr. Carlos E. Schvezov. U.N. de Misiones. Materiales-modelización.

Dr. Gustavo S. Sarmiento. UBA. Modelización.

Dr. Roberto Rossi. U.N. de Córdoba. Reacciones químicas, químico-orgánicas.

Ing. Lucio Iurman. Dpto. de Ingeniería, U.N. del Sur. Materiales.

Dr. Raúl E. Bolmaro. Instituto de Física Rosario, U.N. de Rosario. Materiales.

Dr. José Ovejero García. Dpto. Materiales, CAC-CNEA. Materiales.

Dr. Gustavo S. Duffó. U.N. de Gral. San Martín, CONICET, Comisión Nacional de Energía Atómica (CAC), Dpto. Materiales. Degradación de Materiales. Corrosión.

Dra. Graciela Bolzon de Muñiz. Universidade Federal do Paraná. Tecnología de la Madera.

Dr. Miguel Zanuttini. Instituto de Tecnología Celulósica, U.N. del Litoral. Celulosa y papel.

Esta Revista es un servicio del CIDeT. Está prohibida su venta a terceros como también la reproducción total o parcial con fines comerciales. Los trabajos presentados han sido aceptados para su publicación por el Consejo de Dirección y el Consejo de Edición. La Revista no se hace responsable de las opiniones contenidas en los artículos, siendo de responsabilidad exclusiva de los autores de los mismos. La edición de la Revista cuenta con el apoyo económico de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales y de la Fundación Fac. Cs. Ex. Qcas. y Naturales. Toda correspondencia relacionada a la Revista debe ser dirigida a: Sr. Director del CIDeT. Félix de Azara 1552, 3300, Posadas, Misiones, Rep. Argentina. Teléfono: 54-3752 - 422186, Fax: 54-3752-425414, E-mail: cidet@fceqyn.unam.edu.ar.

EQUIPO EDITORIAL

Diseño de Maquetas: Sergio Manela

Armado de interiores y cubierta: Francisco A. Sánchez

Revisión de texto: Amelia E. Morgenstern

Revisión de texto en inglés: Cristina E. Mayol, M. A.

Colaboradores Técnicos: Zulma Achar y Víctor Narvaez.

Revista de Ciencia y Tecnología on line: www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt

Hecho el depósito de la Ley 11723

Impreso en Argentina

ISSN: 0329-8922

Revista de Ciencia y Tecnología

Ingeniería y Tecnología

AÑO 9 / N° 9 / 2007

ÍNDICE

- 5** Análisis de inventario del ciclo de vida de las bebidas gaseosas / Osvaldo Pacheco; Gloria Plaza.
Colaboración de José V. Cárdenas; Juan A. Sandoval.
- 15** Método de valoración de los impactos ambientales para el análisis de ciclo de vida de las bebidas gaseosas / Osvaldo Pacheco; Gloria Plaza. Colaboración de José V. Cárdenas; Juan A. Sandoval.
- 26** Selección de cepas de levaduras productoras de enzimas pécticas. / María A. Martos; Emilce R. Zubreski; Gabriela S. Velázquez; Francisco Martínez Vázquez; Fernando O. Benassi (†); Roque A. Hours.
- 32** Estudio de *Enterococcus spp.* en aguas de arroyos de Posadas. Misiones. / Amanda B. Pucciarelli R.; Emilce. R. Zubreski; Martha H. von Specht.; Fernando. O. Benassi, (†).
- 36** Morfología fibrosa de la madera del *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia Argentina.
1. Atributos biométricos / Carlos Eduardo Núñez.
- 44** Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera / Carlos Eduardo Núñez.
- 51** Corrosión severa en paredes de aluminio de cámaras de secado / Elsa R. Ruiz; Claudia M. Méndez, Jorge E. Thomas; Carlos D. Gruber.
- 59** Correlación entre la composición, la estructura y la microdureza de aleaciones ZA-27 / Alicia. E. Ares; Sergio F. Gueijman; Carlos E. Schvezov.
- 70** Guía para autores.
- 73** Guide for contributors.
- 76** Confirmación de autoría y derechos de publicación.
- 77** Confirmation of authorship and publication regulations.

In memoriam:

ING. MARTÍN J. URBICAIN.
U.N. del Sur, CONICET.

PROF. ING. FERNANDO DULOUT.
U.N. de la Plata.

DR. JORGE B. BESSONE.
Dpto. Química e Ingeniería Química, U.N. del Sur.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 5-14

ANÁLISIS DE INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA DE LAS BEBIDAS GASEOSAS

¹Osvaldo Pacheco, ¹Gloria Plaza. Colaboración de ²José V. Cárdenas, ³Juan A. Sandoval.

¹Facultad de Ingeniería, CIUNSA, INENCO. Buenos Aires 177, (4400), Salta, Argentina.

Tel: 54-387-4255384, Fax: 54-387-4255351. E-mail: pacheco@unsa.edu.ar, gloria@unsa.edu.ar.

²Facultad de Agroingeniería, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.

³Facultad de Ingeniería, Universidad de Bucaramanga, Colombia.

LIFE CYCLE INVENTORY OF SODA DRINKS

ABSTRACT

The Inventory of the life cycle of "soda drinks" produced and/or consumed in the region, from the point of view of the environmental problems generated in each phase was studied. The bale or pack of 1000 liters of soda drinks, packed in 500 bottles PET, of 2 liters each was adopted as unit of measurement. The system in study comprised the following stages: production, distribution and consumption processes. Their entrances and exits are analyzed, as well as the environmental impacts characterizing each element involved before and after the product was obtained, distributed and marketed, analyzing it along the whole process. The systemic approach was used to arrive to conclusions considering the interdependence of all the factors.

"Based mainly on the accepted standards of the ISO/DIS 14.040:1996 (AND) norm, 18 variables causing the main environmental impacts were identified, offering alternative rules of treatment and disposition for each of them. These variables were: emissions of particles, electric power, transportation, emissions to the atmosphere by combustion in boiler (lubricant used), organic muds, inorganic muds, waste waters of production processes and of treatment plants, saturated filters and of activated coal, worn-out mycelium, tints, inorganic chemical residues, dangerous home residues, oven scum, effluents treatment plant residues, ink production effluents, used batteries, filters and tires."

KEYWORDS: Environmental Management System, inventory analysis, systemic approach, environmental impact, waste, life cycle.

RESUMEN

Se estudia el Inventario del ciclo de vida del producto "bebida gaseosa" producido y/o consumido en la región, desde el punto de vista de los problemas ambientales generados en cada fase. Se adopta como unidad de medida un fardo o pack de 1000 litros de bebida gaseosa, envasada en 500 botellas PET, de 2 litros cada una. Las etapas que conforman el sistema en estudio son: proceso productivo, distribución y consumo. Se analizan sus entradas y salidas, así como los impactos ambientales que caracterizan a cada elemento involucrado antes y después de obtenido el producto, distribuido y comercializado, analizándolo "de la cuna a la tumba". Se utiliza el enfoque sistémico para arribar a conclusiones que contemplen la interdependencia de todos los factores.

Basados principalmente en los estándares aceptados de la norma ISO/DIS 14.040:1996 (E), se identifican 18 variables causantes de los principales impactos ambientales, brindando pautas de alternativas de tratamiento y disposición de cada una de ellas. Estas variables son: "emisiones de partículas, energía eléctrica, transporte, emisiones a la atmósfera por combustión en caldera (lubricantes usados), lodos orgánicos, lodos inorgánicos, efluentes de proceso de fabricación y de planta de tratamiento, filtros saturados y de carbón activado, micellyum agotado, tintas, residuos químicos inorgánicos, residuos domiciliarios peligrosos, escoria de horno, residuos de planta de tratamiento de efluentes, efluentes de fabricación de tintas, baterías usadas, filtros usados y neumáticos usados".

PALABRAS CLAVE: Sistema de gestión ambiental, análisis de inventario, enfoque sistémico, impacto ambiental, residuos, ciclo de vida.

INTRODUCCIÓN

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es un proceso objetivo para evaluar los impactos al medioambiente y a la salud, que genera un producto, proceso, servicio u otra actividad económica.

Los orígenes de esta metodología datan de la década del sesenta a raíz de la preocupación, tanto de productores como de consumidores, de que los productos y los sistemas productivos se desempeñen en forma cada vez menos dañinas para el medio ambiente y la salud. Fue evidente que el único modo eficaz de analizar el tema de la energía en los sistemas industriales, desde el punto de vista ambiental, era el de examinar todos los procesos seguidos por la materia prima, desde su extracción, transformación y uso, terminando con el retorno a la ecosfera en forma de residuos, pero recién en la década de los '90 se desarrolló y puso en práctica rápidamente.

Consecuentemente el ACV, como herramienta sistemática e integradora, ha probado ser también un instrumento adecuado para apoyar la toma de decisiones ambientales, proveyendo las consideraciones ambientales necesarias para la toma de decisiones hacia la sustentabilidad.

Por otra parte, los residuos de envases Pet de bebidas constituyen en el Vertedero Municipal de la ciudad de Salta, Argentina, un 10% en volumen del total de los residuos. El impacto visual originado por su importante volumen aparente, y el hecho de conformar una de las principales causas en las variantes de compactación de un relleno sanitario, fundamentan el desarrollo del presente trabajo, sin considerar la importancia que posee como material recuperado para reciclado, como materia prima de nuevos productos o por su valorización energética. Se parte de la generación de residuos domiciliarios que se producen a partir de las compras en supermercados, en los cuales los plásticos provenientes de los envases son los más voluminosos y de muy baja o nula degradación, importante variable para un Enterramiento Sanitario, razón por la que se estudian los envases de las gaseosas (22500 kg/mes de Envases PET, sólo del 70% de las ventas de Supermercados) como causantes de impacto una vez desechados los productos (Pacheco, O.; Jakúlica, R.; Rodríguez, I., 2001). Frente a esta situación la población se encuentra completamente desprotegida. Ello ocasiona que El Municipio de la Ciudad de Salta, que licitó la recolección y disposición final de los residuos domiciliarios, incremente sus erogaciones por estos servicios. No se encontró antecedentes del tema, ni del empleo de este método para determinar el impacto ambiental del producto "bebida gaseosa" en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso, o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada, y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final (definición provista por la SETAC –Sociedad de Toxicología Química y Ambiental– 1993). El ACV de un producto es una serie de procesos y sistemas conectados por su finalidad común de creación del producto.

La familia de Normas ISO 14000 contempla el ACV en su serie 14040; la ISO 14040 elabora un tipo de norma (estableciendo un procedimiento común a todos) que sirva para evaluar los impactos medioambientales a lo largo de toda la vida de un producto.

El Análisis del Ciclo de Vida comprende cuatro etapas, a saber (Figura 1):

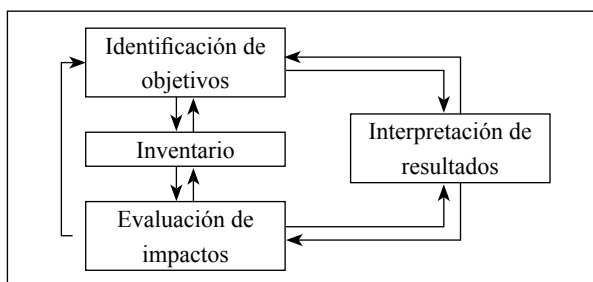


FIGURA 1. Etapas del Análisis de Ciclo de Vida y su interrelación.

1. Definición y alcance de los objetivos: esta etapa del proceso/servicio/actividad se inicia definiendo los objetivos globales del mismo, donde se establecen la finalidad del estudio, el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance o magnitud del estudio (límites del sistema), la Unidad Funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar.

2. Análisis del inventario (Life Cycle Inventory LCI): el análisis del inventario es una lista cuantificada de todos los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de sus componentes, así como las emisiones producidas en cada uno de los procesos y sistemas.

3. La evaluación de impactos. (Life Cycle Impact Assessment–LCIA): según la lista del análisis de Inventario,

se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, y se relacionan sus resultados con efectos ambientales observables.

4. La interpretación de resultados: los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio, a fin de establecer las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones.

Se estudia el ciclo de vida de las bebidas gaseosas producidas y/o consumidas en la región y el impacto ambiental que se genera en cada etapa de dicho ciclo. Para desarrollar el ACV se utiliza el enfoque sistémico para arribar a conclusiones que contemplen la interdependencia de todos los factores. Los subsistemas que conforman el sistema en estudio son: proceso productivo, distribución y consumo (Figura 2). Se analizan sus entradas y salidas, así como los impactos ambientales que caracterizan a cada elemento involucrado antes y después de obtenido el producto, distribuido y comercializado, analizándolo “de la cuna a la tumba”.

Se utiliza el enfoque sistémico por ser integrador, macroscópico, estudia relaciones entre partes, estudia la complejidad y busca la percepción global del problema (Gay-Ferraras, 1997). En este trabajo se busca determinar el comportamiento del sistema a partir de la observación de la actividad de sus cantidades externas.

Se define el alcance o límites y las etapas del sistema, así como el análisis de inventario de los potenciales impactos. Para ello, se basó principalmente en los estándares aceptados de la norma ISO/DIS 14.040:1996 (E). Para caracterizar este instrumento de gestión ambiental se identifican las variables causantes de los principales Impactos Ambientales que provocan en cada fase del sistema en estudio.

El proceso de elaboración consiste básicamente en preparar una solución carbonatada a partir de agua, jarabe y agregados, azúcar y gas carbónico (Figura 3). A los fines del estudio se adopta como unidad de medida un fardo o pack de 1000 litros de bebida gaseosa, envasada

en 500 botellas PET, de 2 litros cada una.

Alcance del sistema: el sistema definido para el análisis comprende tres subsistemas dentro del ciclo de vida del producto “gaseosa”:

1. Proceso productivo.
2. Distribución y comercialización del producto.
3. Consumo del producto.

Los límites impuestos en nuestro sistema comprenden entonces a estos, y se muestran en Figura 1.

A los fines del trabajo, los tres subsistemas se estudiaron en dos grandes etapas dadas las características de actividades de cada una:

- Proceso Industrial de fabricación de la bebida gaseosa.
- Distribución al Mercado comprador y Consumo de la misma.

Análisis de Inventario

Se parte del *balance de materia y energía del sistema*, e incluye otros parámetros como utilización del suelo, radiaciones, ruido, vibraciones, o la biodiversidad afectada. Se recopilan los datos y se cuantifican las entradas y salidas del sistema. Las entradas son las materias primas (incluidas las fuentes de energía) y las salidas son las emisiones al suelo, al agua y al aire, la producción de residuos y los coproductos o subproductos reutilizados. Es decir, existe un flujo bidireccional de materia y energía entre la naturaleza y el sistema que debe ser analizado.

Los alcances que marcan las Normas ISO 14.040 y 14.041 para las etapas de Definición de Objetivos y Análisis de Inventario son las siguientes:

- Establecer la finalidad de estudio.
- Establecer los límites del sistema.
- Establecer los datos necesarios.
- Cuantificar flujos entrantes y salientes del sistema.
- Calcular los requerimientos energéticos y emisiones producidas.

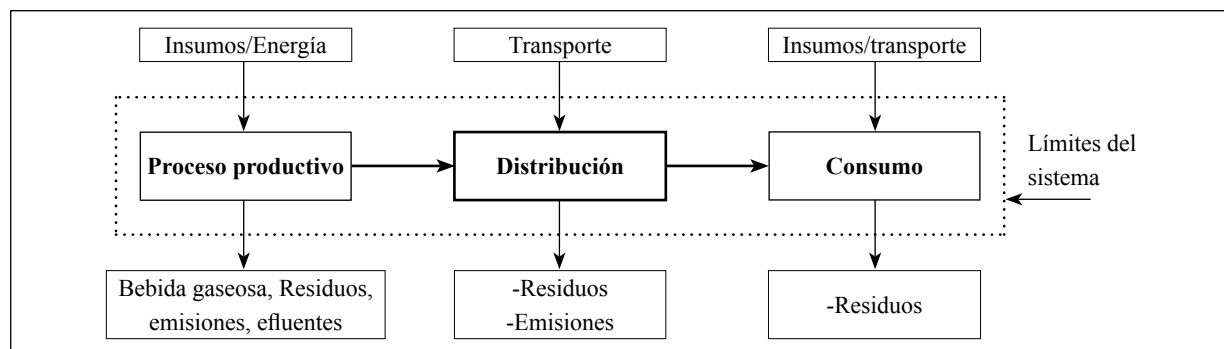
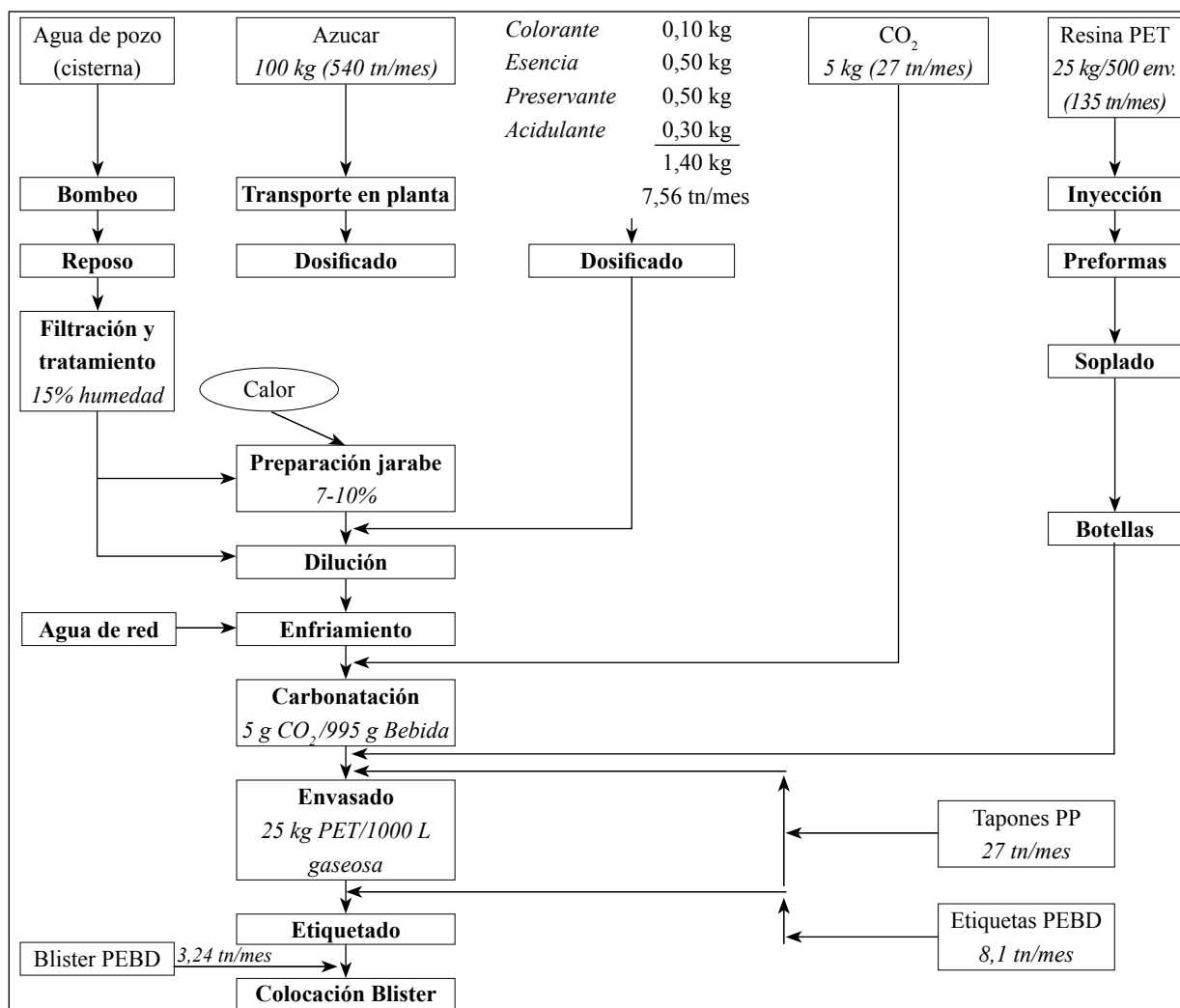


FIGURA 2. Sistema a analizar.



-Calcular la eficiencia energética y las emisiones producidas.

Del relevamiento realizado se deduce que 32.150 kg/mes de envases Pet provienen de supermercados, 107.150 kg/mes son los generados totales en Salta Capital, equivalentes a unos 90.000 envases totales/día (5.400.000 litros de gaseosas/mes) o 4,5 tn/día totales, que representan el 1,5% en peso de los residuos diarios (Pacheco, O.; Jakúlica, R.; Rodríguez, I., 2001).

Para identificar los principales impactos generados por los envases PET se estudian las etapas que se identifican en la actividad primaria del ciclo productivo del producto, y luego las derivadas del análisis de inventario de insumos, productos y servicios de las bebidas gaseosas. A partir de las etapas proceso productivo y distribución y consumo del producto, se describe el diagrama de flujo del proceso productivo de una bebida gaseosa (Figura 3) y se identifican los inputs y outputs del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los tres subsistemas: Proceso Productivo, Distribución y Consumo merecen un análisis particular dadas las características y complejidad de cada uno. A los fines de organización del estudio se analiza secuencialmente cada uno de los subsistemas representados en la Figura 2.

Las variables que impactan al ambiente son el resultado del estudio de las entradas y salidas (inputs y output) al sistema representado en la Figura 2. Se analiza en primera instancia el subsistema Proceso productivo representado en la Figura 3.

En las variables detectadas en los inputs y output del sistema, se puso especial énfasis en aquellas que generan Impacto al Ambiente a través del efecto que causa sobre la Línea de Base Ambiental (suelo, agua, aire). Asimismo, se presenta a modo de sugerencia, en cada caso, su Tratamiento y/o destino final para mitigar el Impacto Ambiental.

Las entradas y salidas del sistema (Figura 2) mantie-

nen correspondencia con las variables de entrada y salida del proceso productivo y del sistema de distribución y consumo. Se detallan las principales entradas y salidas del sistema en estudio, y luego se presentan los Inventarios de cada proceso involucrado en el sistema.

Entradas: a) Del Proceso Productivo (Figura 3)

1. *Insumos*: agua de pozo, azúcar, acidulante, colorante, esencia, preservante, CO₂, Resina PET (envases), Etiqueta PEBD (envases), Tapón Polipropileno (PP) para envases, Blister PEBD (pre-embalaje, envase secundario), Insumos tratamiento de aguas (NaClO, tierra filtrante, carbón activado).

2. Energía: Kwh. de la Red (movimiento de bombas, compresores de aire, funcionamiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, compresores de CO₂, etc.), Gas Natural (calderas).

3. *Otros*: NaOH, HNO₃ (lavado de maquinaria de proceso), Amonio Cuaternario (sanitización de equipos y superficies de trabajo).

b) De la Distribución y Consumo

1. Envase terciario (Embalaje): pallets de madera y zunchos de PP.

2. Material de Promoción: folletos adheridos a los envases.

3. Transporte: a cargo de una empresa contratada para llevar el producto a los puntos de venta.

Salidas: a) Del proceso productivo (Figura 3)

1. *Producto* “Pack bebida gaseosa” a línea de distribución.

2. *Residuos de envases de insumos*: sacos de PP (azúcar), Tambores plásticos (esencia, preservante, colorante y acidulante), Big bag (resina PET y tapas PP), Bobina

(etiqueta), Pallets de madera

3. *Residuos de Tratamiento de aguas*: envases NaClO (galoneras plásticas PEAD), Envases de Carbón activo, Envases de tierra filtrante (Sacos PP), Restos de carbón activo ya desechado, Restos de tierra filtrante ya desechada, Lodos de tratamiento.

4. *Residuos y efluentes del proceso*: material de envase no conforme, Insumos no conformes, Lavado de equipos (efluente de agua, solución NaOH 2%, solución de HNO₃ 2%), Efluentes de limpieza y sanitización de ambientes y equipos (amonio cuaternario 20 ppm), Gases de quema de combustibles de caldera.

5. *Otros*: RSU provenientes de cafetería-comedor, oficinas, papel, cartón proveniente de oficinas, tóner de impresión, tubos fluorescentes agotados, etc., provenientes de servicios generales y oficinas, materiales descartados en la maestría y área de mantenimiento.

b) De la Distribución y Consumo

1. Producto “Fardo bebida gaseosa” x 6 unidades x 2 litros c/u puesto en góndola de supermercado o almacén.

2. Material de embalaje desechado (Pallets y zunchos).

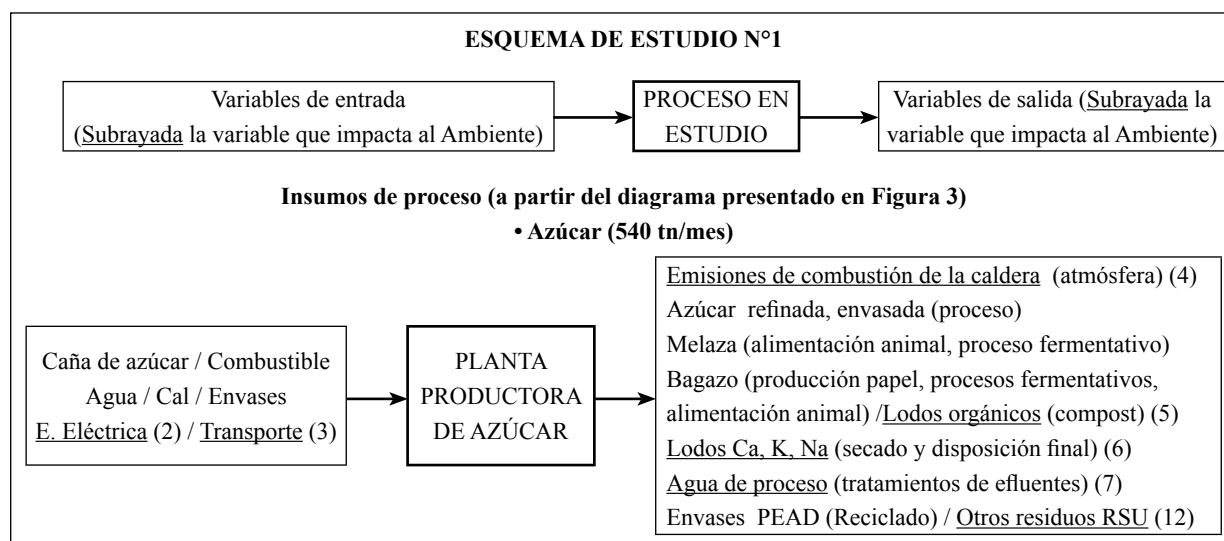
3. Envase de bebida gaseosa (botella Pet + Tapa PP + etiqueta PEBD).

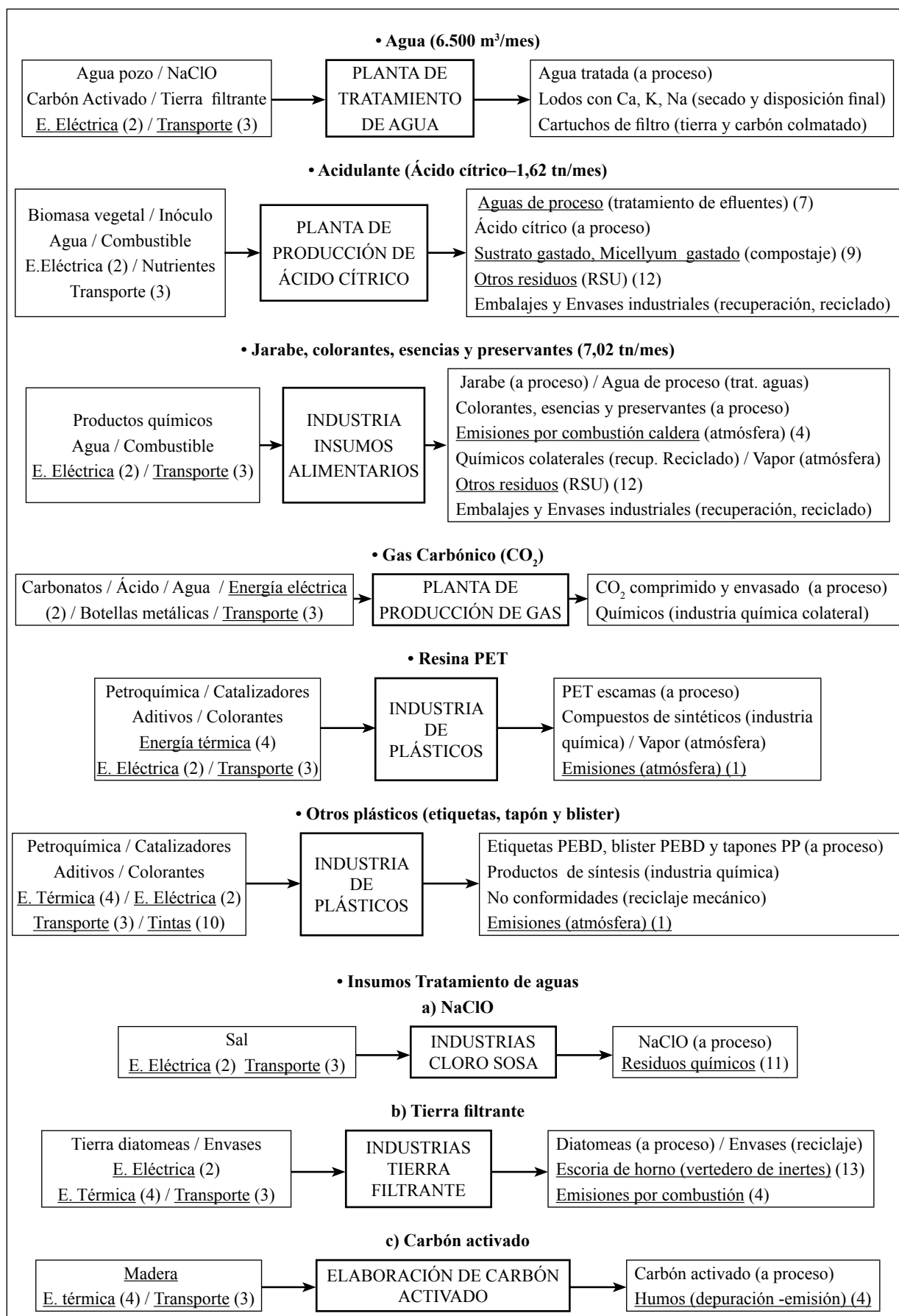
4. Otros (Folletería informativa que acompaña al producto y blister de agrupación).

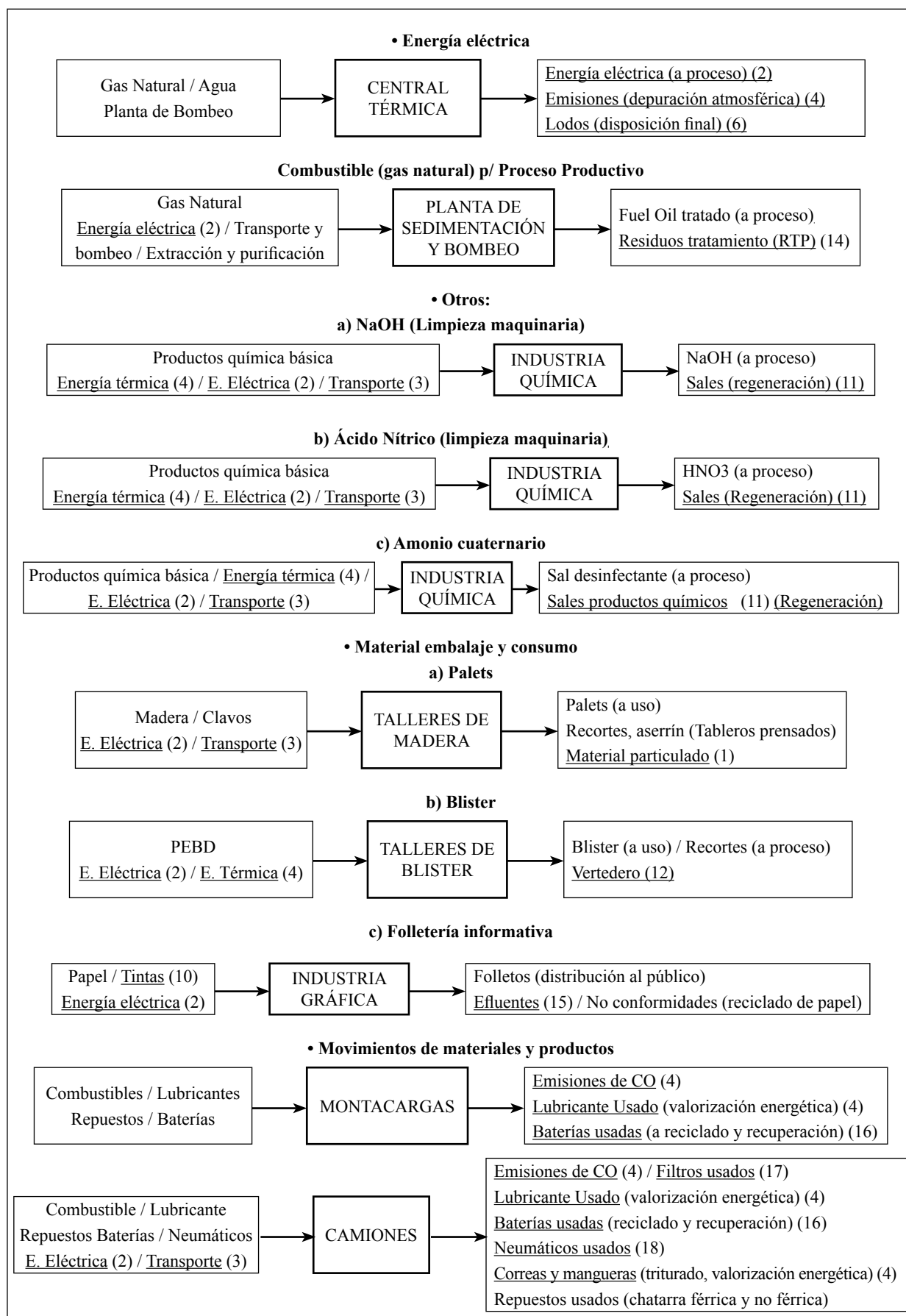
Análisis de Inventario de insumos y productos

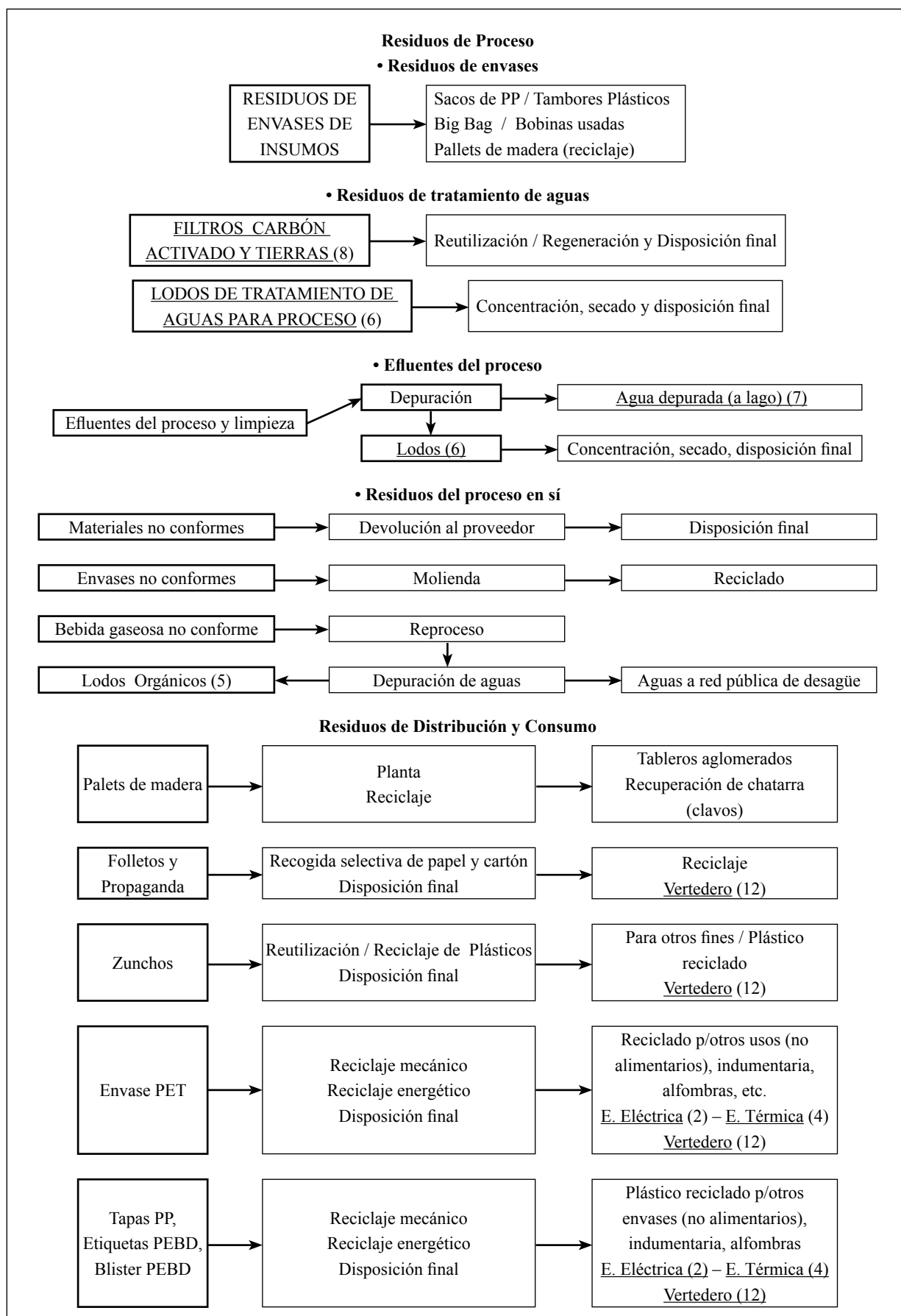
Es todo lo que arrastra el producto en su cadena de vida “desde la cuna a la tumba” a través de sus materiales e insumos directos e indirectos. Se identifican y caracterizan con un número encerrado en paréntesis los más relevantes*.

La forma gráfica presentada considera el esquema de estudio N°1.









CONCLUSIONES

Del ACV del producto “Bebida Gaseosa” se distinguen 18 externalidades relevantes para las que se determina el Factor Ambiental involucrado y se propone la alternativa de tratamiento y disposición de cada una de ellas:

Nº	Variable de Impacto	Factor Ambiental afectado	Alternativa de Tratamiento
1	Emisiones de partículas	Aire	Depuración atmosférica
2	Contaminación atmosférica por generación de energía eléctrica	Aire	
3	Transporte	Aire	
4	Emisiones a la atmósfera por combustión en caldera (lubricantes usados)	Aire	Valorización energética
5	Lodos orgánicos	Suelo	Compost
6	Lodos inorgánicos	Suelo	Secado y disposición final
7	Efluentes de proceso de fabricación y de planta de tratamiento	Agua Aire	Planta de tratamiento de efluentes
8	Filtros saturados y de carbón activado	Suelo	Reutilización, regeneración y disposición final
9	Micellyum agotado	Suelo	Compost
10	Tintas	Agua Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
11	Residuos químicos inorgánicos	Suelo	Regeneración y/o tratamiento y disposición en Vertedero de inertes
12	Residuos domiciliarios peligrosos	Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
13	Escoria de horno	Suelo	Vertedero de inertes
14	Residuos sólidos de planta de tratamiento de efluentes	Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
15	Efluentes de fabricación de tintas	Agua	Planta de tratamiento de efluentes
16	Baterías usadas	Suelo	Reciclado y recuperación
17	Filtros usados	Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
18	Neumáticos usados.	Suelo	Valorización energética / Defensa en Rellenos de Seguridad

Las externalidades de los impactos ambientales se proyectan a la cantidad de unidades en el mercado: de los 107.150 kg/mes de envases Pet de bebidas gaseosas generados en la ciudad de Salta, equivalentes a unos 90.000 envases/día o 3,6 tn/día, que representan el 1,5% en peso de los residuos diarios, 32.150 kg/mes provienen de los grandes supermercados de Salta Capital.

La Comuna debe arbitrar los medios necesarios para capitalizar el hecho de que el 30% de los residuos munici-

pales provienen de las ventas de los grandes supermercados, y lograr una compensación por los fondos proporcionales al tratamiento de sus propios residuos, preservando el espíritu del ACV. Por ello se fundamenta la inserción de un Impuesto Ambiental hacia las Embotelladoras para la creación de un Fondo de Reparación Ambiental. De igual manera, los grandes centros de ventas deben implementar serias políticas de incentivo tendientes al uso del envase retornable.

Se concluye que Transporte del producto tiene una gran incidencia gravitacional en el impacto ambiental, distinguiéndose seis de las 18 externalidades presentes:

Emisiones de partículas (1)
transporte (3)
lubricantes usados (4)
baterías usadas (16)
filtros usados (17)
neumáticos usados (18)

Por esta razón se impone desarrollar una logística integral en el abastecimiento y distribución de las bebidas gaseosas para minimizar el riesgo ambiental derivado de esta actividad. La figura del “Gestor de Residuos” contemplada, pero no incorporada aún, y prevista en la Ley 24051 de Residuos Peligrosos, resulta muy importante para esta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boustead; Hancock, G. F.** “Theoretical Industrial Systems”, Handbook of Industrial Energy Analysis, 1979, p. 38.
- Fava, J. A.; Denison, R.; Jones, B.; Curran, M. A.; Vigon, B. W.; Selke, S.; Barnum, J. (eds.)** “A Technical Framework for Life Cycle Assessments”, Pensacola: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, August 18-23, 1990, Smuggler’s Notch, Vt., 1991, pp. 1-2.
- Gay, A.; Ferreras, J.** “La Educación Tecnológica”. 1997. Red Federal de Formación Docente Continua, Prociencia, CONICET, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. Pp. 93–110.
- Klir, G. J.** “Teoría General de Sistemas (Un enfoque metodológico)”, Ediciones ICE, Madrid, España, 1.978.
- Pacheco, O.; Jakúlica, R.; Rodríguez, H. I.** “Estudio del ciclo de vida de los productos de la región. Enfoque sistémico”. Publicado en “Avances en Energías

Renovables y Medio Ambiente”. ISBN 0329-5184, Octubre de 2001.

6. Pacheco, O.; Plaza, G.

Propuesta de Gestión Integral de Residuos en la Provincia de Salta, Impacto energético y ambiental. Publicado en “Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente”. ISBN 0329-5184, Octubre de 2000.

U.S. Environmental Protection Agency, 1993. Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles, EPA/600/R92/245, ISBN 1-55670-015-9, Prepared by Battelle and Franklin Associates Ltd. For the Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Research and Development, 108 pages.

Recibido: 01/03/05.

Aprobado: 17/10/06.

• Pacheco Osvaldo Luis

Ingeniero Industrial. Ingeniero en ferrocarriles, Maestría en gestión de residuos. Docencia universitaria, docencia en postgrado acreditada; docencia en postgrado no acreditada unas. categoría actual: III asignada por: universidad., cuenta con varias direcciones de proyectos.

• Gloria del Carmen Plaza

Ingeniera Química. Magíster en Derecho Ambiental. Docente, Investigador. Universidad Nacional de Salta, INENCO. Profesional Principal. CONICET. Docente Fac. Ingeniería. Universidad Nacional de Salta.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 15-25

MÉTODO DE VALORACION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES PARA EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LAS BEBIDAS GASEOSAS

¹Oswaldo Pacheco, ¹Gloria Plaza. Colaboración de ²José V. Cárdenas, ³Juan A. Sandoval.

¹Facultad de Ingeniería, CIUNSA, INENCO. Buenos Aires 177, (4400), Salta, Argentina.

Tel: 54-387-4255384, Fax: 54-387-4255351. E-mail: pacheco@unsa.edu.ar, gloria@unsa.edu.ar.

²Facultad de Agroingeniería, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.

³Facultad de Ingeniería, Universidad de Bucaramanga, Colombia.

ENVIRONMENTAL IMPACT EVALUATION METHOD FOR THE LIFE CYCLE OF SODA DRINKS

ABSTRACT

In the work Life Cycle Inventory of Soda Drinks by the same authors, 18 environmental variables causing the biggest impact in the life cycle of soda drinks were identified: "emissions of particles, electric power, transportation, emissions to the atmosphere by combustion in boiler (lubricant used), organic muds, inorganic muds, waste waters of production processes and of treatment plants, saturated filters and of activated coal, worn-out mycelium, tints, inorganic chemical residues, dangerous home residues, oven scum, effluents treatment plant residues, ink production effluents, used batteries, filters and tires", based on the accepted standards of the ISO/DIS 14.040:1996 (AND) norm. In view of this, the bale or pack of 1000 liters of soda drink packed in 500 bottles PET, of 2 liters each, was adopted as measurement unit.

In the present work, an evaluation approximate method of each of these impacts was proposed, according to the particular behaviour of the variables operating in the life cycle under study. The methods analyzed led to use evaluation formulas described in specific texts on the issue, as well as others adapted ad hoc. Numerical results are not presented due to the complexity of the data to analyze, which will constitute the topic of a later piece of work.

KEYWORDS: Environmental Management System, systemic approach, waste, life cycle Assessment, Impact Assessment.

RESUMEN

En el trabajo "Análisis de inventario del ciclo de vida de las bebidas gaseosas, identificación de sus impactos ambientales", Pacheco O., Plaza G., se identificaron 18 variables ambientales que causan los mayores impactos en el ciclo de vida de las bebidas gaseosas: "emisiones de partículas, contaminación atmosférica por generación de energía eléctrica, transporte, emisiones a la atmósfera por combustión en caldera (lubricantes usados), lodos orgánicos, lodos inorgánicos, efluentes de proceso de fabricación y de planta de tratamiento, filtros saturados y de carbón activado, micellyum agotado, tintas, residuos químicos inorgánicos, residuos domiciliarios peligrosos, escoria de horno, residuos de planta de tratamiento de efluentes, efluentes de fabricación de tintas, baterías usadas, filtros usados y neumáticos usados", basado en los estándares aceptados de la norma ISO/DIS 14.040:1996 (E). Para ello, se adoptó como unidad de medida un fardo o pack de 1000 litros de bebida gaseosa, envasada en 500 botellas PET, de 2 litros cada una.

En el presente trabajo se expone un método aproximado de valoración de cada uno de estos impactos, según el particular comportamiento de las variables dentro del ciclo de vida en estudio. Los métodos estudiados llevan a emplear fórmulas de valoración descriptas en textos específicos de la temática, así como otras adaptadas ad hoc.

No se presentan resultados numéricos, dado la complejidad de datos a analizar, lo que será motivo de una posterior publicación.

PALABRAS CLAVE: Sistema de gestión ambiental, impacto ambiental, residuos, análisis de ciclo de vida, evaluación de impactos.

INTRODUCCIÓN

Cada vez se reconoce en mayor medida que los recursos son usados de manera ineficaz, creando así residuos que por lo general no vuelven a utilizarse, desechando desperdicios perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente y fabricando productos que, una vez utilizados, tienen otras consecuencias y son difíciles de reciclar. Por ello tienen que ser sustituidos por tecnologías, sistemas de ingeniería y prácticas de gestión idóneas y técnicas que reduzcan al mínimo los desechos a lo largo del ciclo de vida del producto.

El concepto de producción sustentable pretende en su esencia lograr la mayor eficacia posible en cada una de las etapas del ciclo de vida del producto. La aplicación de este concepto mejoraría la competitividad general de las organizaciones.

El mejoramiento de los sistemas de producción mediante tecnologías y procesos que utilicen los recursos de manera más eficiente y al mismo tiempo produzcan menos desechos (logrando más a partir de menos) es un medio importante para conseguir que el comercio y la industria lleguen a ser sustentables.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), es un proceso objetivo para evaluar los impactos al medioambiente y la salud, asociados a un producto, proceso, servicio u otra actividad económica.

Las bebidas gaseosas constituyen un producto de alta demanda regional (aproximadamente 7 millones de litros/mes), y una vez consumida, transforman sus envases en residuos donde, además, no hay una política ambiental para controlar la libre venta de bebidas en envases no retornables. Los residuos de envases Pet de bebidas constituyen en el Vertedero Municipal un 10% en volumen del total de los residuos. El impacto visual originado por su importante volumen aparente, y el hecho de conformar una de las principales causas en las variantes de compactación de un relleno sanitario, fundamentan el desarrollo del presente trabajo, sin considerar la importancia que posee como material recuperado para reciclado, como materia prima de nuevos productos o por su valorización energética.

Se parte de la generación de residuos domiciliarios que se producen a partir de las compras en supermercados, en los cuales los plásticos provenientes de los envases son los más voluminosos y de muy baja o nula degradación, importante variable para un Enterramiento Sanitario, razón por la que se estudian los envases de las gaseosas (22500 kg/mes de Envases PET, sólo del 70% de las ventas de supermercados) como causantes de impacto una vez desechados los productos. Frente a

esta situación la población se encuentra completamente desprotegida.

Numerosas publicaciones tratan el ciclo de vida de diversos productos, incluyendo a los envases de bebidas gaseosas, pero no se ha encontrado antecedentes específicos para la metodología de cálculo de las valoraciones de impacto ambiental adaptadas al ciclo de vida aludido. Este trabajo intenta presentar una interpretación ad hoc de dicha metodología. Es por ello que se recurre a métodos tales como los salarios hedónicos, valoración de permisos de contaminación comercializables, valoración de tasas de circulación, métodos de compensación interna y otros.

El objetivo principal es encuadrar la realidad de cada variable en el entorno físico donde se encuentra en este caso particular.

MATERIALES Y MÉTODOS: MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTO

El Análisis de Ciclo de Vida puede desarrollarse para un proceso, un servicio o una actividad, considerando todas las etapas que constituyen su vida útil.

El Análisis del Ciclo de Vida comprende cuatro etapas a saber:

1. Definición y alcance de los objetivos.
2. Análisis del inventario (Life Cycle Inventory LCI).
3. La evaluación de impactos. (Life Cycle Impact Assessment- LCIA).
4. La interpretación de resultados.

No hay una única manera de realizar una evaluación de este tipo sino, por el contrario, se tiene varias alternativas, y por lo tanto se debe estar familiarizado con los métodos científicos de investigación y con la evaluación del sentido común de las cuestiones complejas antes de realizar este tipo de estudio. Se trata de un método de carácter dinámico, y las cuatro etapas en las que se realiza están relacionadas entre ellas y a medida que se obtienen resultados, se pueden modificar o mejorar los datos, las hipótesis, los límites del sistema o los objetivos, lo cual exige el recálculo. Este hecho, más la gran cantidad de datos históricos que se deben poseer para realizar un LCA, demuestra la necesidad de contar con un instrumento informático.

Cualquier producto, servicio o actividad tiene un impacto sobre el medio ambiente. Al usar esta metodología se pueden inventariar y evaluar dichos impactos y obtener como resultado un informe que permite tomar ciertas decisiones.

Se han propuesto diversos y diferentes métodos para

comparar y evaluar las cargas contaminantes y la demanda de recursos de un inventario. A pesar de que dichos métodos persiguen un mismo objetivo, difieren en la manera de alcanzarlo, en los efectos considerados, en la profundidad del análisis, en la forma en que los valores influyen en el resultado final y en la medición del impacto. Esencialmente existen dos tipos de métodos en la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida, los orientados hacia el problema (mid-points oriented methods) y los orientados hacia el daño (end-points oriented methods). Dentro del primer grupo encontramos el CML 2000 (Leiden University), EDIP (Environmental Design for Industrial Product, Dinamarca), los Swiss Ecopoints (Gobierno de Suiza) y el Eco indicador 95 (Goedkoop–Spriensma, The Netherlands). En el segundo grupo se sitúan el EPS (Environmental Priorities Strategy, Steen, B. CPM-1999) y el Eco indicador 99 (Goedkoop *et al.*, The Netherlands).

Los “midpoints -oriented methods” son métodos de evaluación de impacto que usan principalmente categorías de indicadores enfocadas al problema que las causa. Calculan impactos en el punto de la intervención teniendo en cuenta los resultados primarios de un efecto para una cierta categoría de impacto. A través de factores de normalización y ponderación es posible obtener un valor único como indicador del efecto ambiental producido. Por otra parte, los “endpoints - oriented methods” se han diseñado tomando como punto de partida lo que se necesita para tomar decisiones definiendo el resultado del análisis, y focalizan su estudio en el daño causado sobre la salud humana, la calidad del ecosistema y el uso de los recursos. Pueden expresarse los resultados con un solo valor o referido a cada una de las categorías analizadas. (Heijungs *et al.*, 2002) cada etapa de dicho ciclo.

Limitaciones de la evaluación de impactos

Los aspectos ambientales analizados son sólo los identificados en los objetivos de estudio, por lo tanto no constituyen un reporte completo desde el punto de vista ambiental.

La información recabada muestra que en muchas de las categorías de impacto, consideradas en el Ecoindicador 95 y 99, los factores de equivalencia son calculados en base a datos característicos de la región europea. Por lo tanto, dichos factores de impacto no serían aplicables en el contexto de este estudio, no obstante se consideran como fuente referencial y apuntalarán futuros estudios.

Métodos seleccionados para la valoración ambiental del ACV de las bebidas gaseosas

Para la valoración ambiental de las principales externalidades del Ciclo de Vida del Producto “Bebida

Gaseosa” se consideran aquellos aspectos que, por su naturaleza, generan algún efecto en el Ambiente. El mismo puede ser negativo o positivo, según el riesgo o beneficio asociado que aquél produzca al ambiente o las personas.

Partimos del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) analizando los Inputs y Outputs del sistema propuesto y consideramos sus efectos ambientales. Se distinguieron 18 externalidades (Pacheco, O.; Plaza, G., 2006) que se muestran en Tabla 1:

TABLA N° 1: Variables que generan Impacto Ambiental en el ACV de “Bebida Gaseosa”.

N°	Variable de Impacto	Factor Ambiental afectado	Alternativa de Tratamiento
1	Emisiones de partículas	Aire	Depuración atmosférica
2	Contaminación atmosférica por generación de energía eléctrica	Aire	
3	Transporte	Aire	
4	Emisiones a la atmósfera por combustión en caldera (lubricantes usados)	Aire	Valorización energética
5	Lodos orgánicos	Suelo	Compost
6	Lodos inorgánicos	Suelo	Secado y disposición final
7	Efluentes de proceso de fabricación y de planta de tratamiento	Agua Aire	Planta de tratamiento de efluentes
8	Filtros saturados y de carbón activado	Suelo	Reutilización, regeneración y disposición final
9	Micellyum agotado	Suelo	Compost
10	Tintas	Agua Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
11	Residuos químicos inorgánicos	Suelo	Regeneración y/o tratamiento y disposición en Vertedero de inertes
12	Residuos domiciliarios peligrosos	Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
13	Escoria de horno	Suelo	Vertedero de inertes
14	Residuos sólidos de planta de tratamiento de efluentes	Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
15	Efluentes de fabricación de tintas	Agua	Planta de tratamiento de efluentes
16	Baterías usadas	Suelo	Reciclado y recuperación
17	Filtros usados	Suelo	Gestor de Residuos Tóxicos y Peligrosos
18	Neumáticos usados	Suelo	Valorización energética / Defensa en Rellenos de Seguridad

RESULTADOS

Se describe para cada una de las 18 variables la fórmula matemática que representa la Valoración del Impacto Ambiental de las mismas.

1. Emisiones de partículas a la atmósfera

CONSIDERACIONES GENERALES

Este acápite tiene que ver con la descarga directa a la atmósfera de toda partícula suspendida en un gas proveniente de cualquier instalación industrial o vehículo.

FACTORES A TENER EN CUENTA

- Cantidades, en kg de sustancias emitidas.
- Concentración de sustancias peligrosas o consideradas como nocivas para el medio ambiente y /o para la salud humana, en ppm, o en algunos casos, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dioxinas y furanos)
- Distancia a una población susceptible de ser afectada.

Método de valoración

Se plantean dos posibles métodos de valoración:

a) Para el caso de los gases de efecto invernadero el método a emplear sería el de *permisos comercializables de contaminación*, que consisten en establecer una serie de cuotas que se cobran en un determinado país, o región, para permitir la emisión de estos gases responsables del calentamiento global, hasta un determinado nivel. La valoración ambiental, entonces, estará determinada por la cuantía o suma dineraria que estaría dispuesta la fábrica a pagar por emitir estos gases, bajo estas condiciones de mercado. Esta metodología se adopta luego en el acápite 4 (Emisiones de combustión de la caldera).

b) *Salarios Hedónicos+Costo de Salud*: debido a que los empleados en esta empresa tendrán que ser compensados por trabajar bajo estas condiciones, o sea que tendrán derecho a un salario mayor que si estuvieran trabajando en un ambiente desprovisto de partículas suspendidas en el aire.

Por otra parte, la población activa de la zona aledaña deberá ser compensada por el incremento de los costos de salud generado por el material particulado.

Los factores a considerar en este método son:

- ΔS (pesos): Incremento en el salario
- n : Número de empleados
- C_s (pesos): Costos de complemento de protección personal para empleados
- C_{sa} (pesos): Costo complementario de Salud de la población aledaña por afecciones generadas por el material particulado en la atmósfera

La valoración de esta externalidad estará representada por el incremento salarial promedio que percibirán los empleados, más el costo de los insumos y elementos de protección personal que necesitan para su puesto de trabajo:

$$V = \Delta S * n + C_s + C_{sa} \quad (1)$$

2. Energía eléctrica

CONSIDERACIONES GENERALES

Se considera que esta energía es generada por una central térmica que para efecto de nuestro análisis trabaja con exceso de oxígeno (combustión completa), de manera que sus aspectos ambientales son principalmente debidos a emisiones de compuestos como CO_2 , NO_x y SO_2 .

FACTORES A TENER EN CUENTA

Cambio climático: los gases que se consideran responsables de este efecto son: CO_2 , y CH_4 , pero en este proceso tenemos solo el CO_2 . Se analizará el nivel emitido, para saber si se está dentro de los lineamientos legales.

Acidificación y eutrofización: los óxidos de azufre y de nitrógeno son los más implicados aquí. Igualmente, lo primero que hay que hacer es determinar el nivel emitido de estos gases.

MÉTODO DE VALORACIÓN

Posteriormente al inventario de emisiones con su correspondiente caracterización, se debe proceder a la realización de estimaciones de costos de alternativas tecnológicas disponibles, para la reducción de estos niveles de emisiones, como en el numeral anterior.

En caso de que sea imposible disminuir las emisiones hasta un determinado nivel en la zona aledaña a la central térmica, se puede realizar un estudio (encuesta) entre la población cercana para conocer cuánta compensación *estaría dispuesta a aceptar* por soportar estas emisiones.

Para el caso de los gases de efecto invernadero, el método a emplear sería el de *permisos comercializables de contaminación*.

Un método de valoración alternativo sería a través de la determinación del costo social implícito por la contaminación generada, a partir del factor de emisión y los factores de exposición. Este método se presenta en el punto 4.

3. Transporte

CONSIDERACIONES GENERALES

Los aspectos negativos más relevantes del transporte pueden resumirse como la contaminación generada por:

- Emisión de gases de calentamiento global, como los ya mencionados anteriormente.
- Emisión de partículas.
- Emisión de COV (Compuestos orgánicos volátiles), CO e Hidrocarburos no quemados, debidos a una combustión incompleta.

- Emisión de ciertos elementos metálicos en menor proporción.
- Polución por ruido.

MÉTODO DE VALORACIÓN

Una de las formas directas de valorizar la externalidad del Transporte es a través del Impuesto por circulación que debe sufragar cada unidad de transporte (Ct) Como el producto que se transporta es una sustancia que no transmite riesgos al ambiente o a las personas, la contaminación se cuantifica a partir de las emisiones al aire generadas por 0,5 kg. de diesel producido y consumido (Fullana, P.; Puig, R., 1997), cantidad necesaria para transportar 1000 kg de bebida gaseosa una distancia promedio de 40 km, con un camión apropiado para este transporte:

Tabla 2: Contaminación generada cada 0,5 kg de gas oil producido y consumido.

Emisiones al aire	Gramos/ m ³
Partículas	2.1
C O ₂	1670.25
C O	10.2
Hidrocarburos	8.4
N O _x	27.7
S O ₂	3.95
N ₂ O	0.025
Aldehidos	0.02
Otros compuestos orgánicos	0.03
N H ₃	0.01

Fuente: Análisis de Ciclo de Vida. Fullana P.; Puig, R., 1997.

A partir de estos valores, las emisiones de CO₂ son las que más afectan al ambiente, por lo que se puede emplear para su valoración el método del Coste de Reposición basado en el comportamiento propuesto dentro de un mercado convencional. Como los árboles en el proceso de fotosíntesis absorben el CO₂ para liberar Oxígeno, la valorización ambiental de esta externalidad se mide por el coste de reponer los árboles (*Car*) que transforman los 1.670,25 gramos de CO₂ en Oxígeno para restituir la calidad del aire atmosférico deteriorado por el transporte.

Luego, la valoración final será:

$$V = C_t + C_{ar} \quad (2)$$

4. Emisiones de combustión de una caldera

Una caldera de vapor genera:

- Emisiones de combustión de la caldera (afecta a la atmósfera).
- Energía térmica.
- Humos (para su depuración debe pasar por filtros de Carbón Activado).
- Emisiones de CO (afecta a la atmósfera).

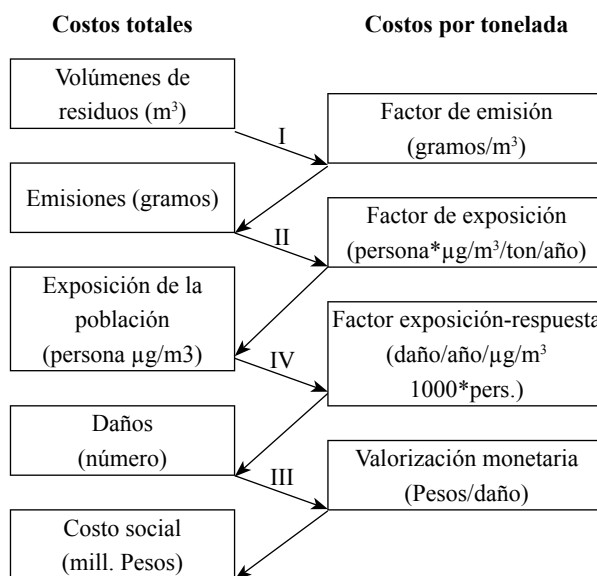
- Lubricante Usado (para entregar a un Gestor de Residuos Peligrosos para su valorización energética).
- Correas y mangueras (triturado y valorización energética).

PROCEDIMIENTO DE VALORACIÓN AMBIENTAL

Método de Compensación Interna

Se miden y caracterizan las descargas de la chimenea y demás fuentes fijas. Esto se conoce como un “Inventario de emisiones”.

Se propone un plan alternativo de disminución de esas emisiones con base en mejoras de sistemas de depuración de gases. Diseñando y cotizando todos los equipos necesarios se estima el valor que tendría la implementación de estos equipos y procesos, si es que no los hay. La valoración ambiental estará determinada por la cuantía que está dispuesta la fábrica a pagar por emitir los gases de combustión bajo condiciones de mercado (Permisos comercializables). Un método de valoración alternativo sería a través de la determinación del costo social implícito por la contaminación generada, a partir del factor de emisión y los factores de exposición.



5. Lodos orgánicos a compostaje

Incluye:

- Lodos orgánicos (mejorador de suelos).
- Lodos Orgánicos contaminados (al Gestor de RP).
- Sustrato gastado (p/compostaje).

El lodo orgánico es sometido a un tratamiento biológico aeróbico de compostaje. Se caracteriza el lodo para evaluar el costo operativo.

DATOS NECESARIOS

Cantidad de lodo húmedo (kg)
 Porcentaje de humedad (%)
 Relación C/N
 pH

VALORACIÓN

Se considera que la cantidad de producto compostado en el año es M (ton) y que se sustituye con F (ton) anuales del fertilizante comprado en el mercado. Este es aplicado en una superficie de cultivo de S (Ha) y su precio en el mercado es de PF (Pesos/ton)

Costo de operación del proceso de compostaje (C_{COMPOST}) que incluye los costos de amortización de la instalación y equipos. Se valoriza con el método del *bien sustitutivo* basado en el comportamiento real dentro de un mercado implícito. Su valoración estará dada por:

$$V = (F * P_F * S) * f_p - C_{\text{COMPOST}} \quad (3)$$

6. Lodos de Ca y Mg

CONSIDERACIONES GENERALES

Lodos de Ca y Mg (requiere un proceso de secado para su posterior disposición final).

Lodos de tratamiento de aguas para proceso.

Inerte que tiene aplicación en la industria cerámica.

DATOS NECESARIOS

Lodos generados (kg)
 Porcentaje de humedad (%)
 pH

VALORACIÓN

Se realiza por el método del bien sustitutivo basado en el comportamiento real dentro del mercado implícito. Para ello se considera el precio del sustituto, es decir, la arcilla puesta en la industria cerámica. Se debe incluir el coste del transporte desde la fábrica a la industria cerámica y el costo del acondicionamiento del lodo por su incorporación como materia prima (secado, triturado y agregado de silicatos).

$$V_{\text{Ca, Mg}} = [P_A - C_{\text{transporte lodo}} - C_{\text{acond. Lodo}}] * F_C \quad (4)$$

Donde:

$V_{\text{Ca, Mg}}$: Valor lodo Ca y Mg

P_A : precio del residuo

$C_{\text{transporte lodo}}$: costo del transporte del lodo desde la fábrica que lo produce a la industria cerámica que lo emplea.

$C_{\text{acond. Lodo}}$: costo del acondicionamiento del lodo para el proceso.

F_C : Factor de calidad que equipara calidades menores a las de materia prima virgen ($F_C < 1$).

7. Agua de proceso (tratamiento de efluentes)

DATOS NECESARIOS

Caudal (m^3/hr de vertido)

CARACTERÍSTICAS PARA ESTUDIO DEL VERTIDO

DQO, DBO, pH, Fósforo, Nitrógeno (nitritos y nitratos).

VALORACIÓN

El agua de proceso pasa por la planta de tratamiento de efluentes y es vertida en un cuerpo de agua vecino, con un caudal Q_A (m^3/hr). El cuerpo de agua tiene uso recreativo y sus aguas sirven a una población aledaña, la cual puede ver afectado el valor económico de sus propiedades.

Se usa el método de evaluación contingente asignando un valor de uso del cuerpo de agua (VUL) y su valor opción nadable (VON) y un valor de existencia del cuerpo de agua (UE). Mediante una encuesta se determina el valor de pago, por actor social involucrado para financiar la recuperación del cuerpo de agua con el fin de alcanzar un estado en el cual sea posible que la gente nade en él sin problemas, equivalente a descontaminar un nivel razonable (alrededor de un 70%).

Si el cuerpo de agua recibe, además, aporte de efluentes de otras fuentes, se determina el porcentaje de participación de contaminación de nuestra fábrica de gaseosas, y se afecta de este porcentaje a la determinación del total a financiar a fin de realizar la descontaminación. Los actores sociales involucrados son: propietarios de las viviendas cercanas al cuerpo de agua y la población potencial que haría uso del agua con fines de esparcimiento.

Otra forma de valoración se daría por la metodología de precios hedónicos con un mercado implícito basado en el comportamiento real, asociado a la pérdida de valor de las propiedades que se encuentran aledañas al cuerpo de agua contaminado.

8. Filtros de carbón activo agotado y de diatomeas colmatados

DATOS NECESARIOS

Cantidad de filtros por mes.

Peso de cada filtro (kg).

VALORACIÓN

Los filtros se prensan para minimizar su volumen y se transportan a un vertedero de inertes. Para esta operación se toma el volumen total anual prensado. Se considera el costo de operación proporcional a la superficie alojada en el vertedero, valor que representa la Tasa de Vertido (C_v).

Se considera también el costo de no uso del espacio de vertedero, ya que esta tierra podría haberse dedicado a la producción si no existiese el Vertedero (C_{uso}). Este valor se calcula considerando la producción forestal, agrícola y/o ganadera propia del entorno que se produciría en la superficie afectada por el vertedero.

Su valoración se representa por:

$$V = C_v + C_{uso} \quad (5)$$

9. Micellyum gastado a compostaje

CONSIDERACIONES GENERALES

Producto biológico al que se le ha extraído el ácido cítrico sintetizado. Es de naturaleza mohosa, por lo que podría causar alergias a los trabajadores expuestos al mismo antes de realizarse el compostaje.

DATOS NECESARIOS

Cantidad de micellyum (kg).

Relación C/N.

Humedad (%).

pH.

Ha (Número de horas hombre perdidas por síntomas de alergias).

Rp (remuneración horaria promedio, en peso/hora).

MÉTODO DE VALORACIÓN

Valoración negativa de los efectos alérgicos producidos por este material. Se emplea un método que se basa en los efectos producidos sobre la salud, en un tipo de mercado convencional, basado en el comportamiento real.

La expresión del valor esta dada por:

$$V_0 = Ha * Rp \quad (6)$$

Valoración positiva de la acción de compostaje de este material. Se emplea un método que se basa en los efectos benéficos sobre la producción que ocasiona el compost (Se procede de la misma forma que en caso del punto #5, lodos orgánicos):

$$V_1 = P_F * Q_F - C_{COMPOST} \quad (7)$$

$$V_{final} = V_1 - V_0 \quad (8)$$

10. Tintas (insumo para la producción de etiquetas)

CONSIDERACIONES GENERALES

Este componente representa un insumo para la producción de las etiquetas de la bebida gaseosa. Es un material peligroso y muy contaminante, el cual debe ser manejado con precaución, ya que tiene un contenido significativo de metales pesados, pudiendo ocasionar casos de intoxicación crónica en los trabajadores que le manipulan.

DATOS NECESARIOS

Cantidad de tintas empleada (kg).

Relación de trabajadores implicados:

Cantidad de trabajadores implicados: Q (personas).

Resultados de análisis de sangre y cabello de dichas personas.

Costo por persona de dichos análisis: Ca (\$/persona).

Relación de probables gastos de hospitalización y tratamiento de emergencias: Gh (\$).

Gasto en material especial para manipulación y protección: Gm (\$).

MÉTODO DE VALORACIÓN

Valoración negativa de los efectos adversos producidos por este material. Se emplea un método de mercado implícito, en base a Salarios Hedónicos, pudiéndosele ofrecer al trabajador una compensación monetaria por trabajar en situaciones de mayor peligro.

Más práctico resulta emplear un método de Mercado convencional, aplicando un costo preventivo o de remediación:

$$V = Q * Ca + Gh + Gm \quad (9)$$

11. Residuos químicos inorgánicos

CONSIDERACIONES GENERALES

Agua de proceso (tratamientos de efluentes).

Agua depurada (a lago).

En el proceso productivo de estos materiales se generan desechos que pueden constituir materiales peligrosos y se les puede clasificar en 2 grandes bloques: materiales ácidos y alcalinos.

A) MATERIALES ÁCIDOS

DATOS NECESARIOS

Cantidad de residuos producidos Q (m^3)

pH

Concentración K (kg/m^3)

Acidez (eq/lt)

Fracción de residuos comercializable F

DQO

Fracción de residuos no comercializables 1-F
 Costo de Transporte Ct (\$/m³)
 Corrosividad (pruebas estándares de índice de corrosividad)
 Costo de gestión Cg (\$/m³)
 Costo de Disposición Cd (peso/m³)
 Valor probable de venta Vv (\$/kg)

MÉTODO DE VALORACIÓN

Valoración negativa del costo a sufragar para evitar que estos materiales tengan algún efecto adverso sobre el medio ambiente. Asimismo, se puede obtener un valor positivo de la probable venta de los residuos a empresas que les interesen como un ahorro de materias primas.

$$V = QCt - KQFVv + KQ (1 - F) (Cd - Cg) \quad (10)$$

B) MATERIALES ALCALINOS

DATOS NECESARIOS

Cantidad de residuos producidos Q (m³)
 DQO
 Concentración K (kg/m³)
 Costo de Transporte Ct (\$/m³)
 Fracción de residuos comercializable F
 Costo de Disposición Cd (\$/m³)
 Fracción de residuos no comercializables 1-F
 Costo de gestión Cg (\$/m³)
 pH
 Valor probable de venta Vv (\$/kg)
 Alcalinidad (eq/lt)

MÉTODO DE VALORACIÓN

Valoración negativa del costo a sufragar para evitar que estos materiales tengan algún efecto adverso sobre el medio ambiente. Asimismo, se puede obtener un valor positivo de la probable venta de los residuos a empresas que les interesen como un ahorro de materias primas.

$$V = QCt - KQFVv + KQ (1 - F) (Cd - Cg) \quad (11)$$

12. RSU (destinados al canal de la gestión municipal)

Residuos provenientes de las cafeterías, oficinas y otras áreas de la actividad productiva cuyos residuos no sean considerados como RTP.

DATOS NECESARIOS

Cantidad total de RSU producida Q (TM)
 Costos a abonar a los municipios por el servicio de recogida Cr (\$/TM)
 Costo a abonar a los municipios y a gestores particulares por la disposición de residuos Cd (\$/TM)

MÉTODO DE VALORACIÓN

Basado en un método de Mercado Convencional, del coste defensivo o preventivo. La empresa es consciente que los RSU que produce son absorbidos al final por los vertederos creando un costo de uso de espacio. El costo de disposición debe tener en cuenta aspectos relacionados al costo de oportunidad en usos alternativos del terreno y a los costes del mantenimiento en infraestructura del vertedero. El Cr debe incluir también los costes relacionados a la recogida en masa, recogida selectiva, segregación, mantenimiento de infraestructura de recogida, entre otros.

$$V = Q * (Cr + Cd) \quad (12)$$

13. Escorias de horno (Vertedero de inertes; ídem 6)

14. Fondos de tanques de almacenamiento de fuel oil (Gestor RTP)

En los tanques que contienen fuel oil es común que se formen lodos provenientes de la precipitación de componentes muy densos y a la cristalización de hidrocarburos parafinados. Estos lodos constituyen un residuo peligroso, que deben encargarse a un gestor adecuado, el que lo acondicionará como sustituto del asfalto, mezclándolo con el mismo.

DATOS NECESARIOS

Q_A: Cantidad restos de fuel oil (kg)
 V_R: Valor reemplazo del combustible (\$)
 P_A: Precio asfalto (\$/kg)
 C_T: Costo del tratamiento necesario para desalojar el fuel oil del tanque (\$).

$$V_R = f_f * [Q_A * P_A] - C_T \quad (13)$$

Esta fórmula incluye el costo del vapor, energía y mano de obra utilizada, además la amortización de las instalaciones.

f_f: Factor de aplicación que toma en cuenta las diferencias de rendimiento entre fuel oil y el asfalto. F_f ≤ 1.

15. EFLUENTES DE LA FABRICACIÓN DE TINTAS (GESTOR RTP)

Estos son residuos peligrosos con altas concentraciones de metales pesados. Se tratan mediante una pileta de concentración y evaporación, en las instalaciones de gestores autorizados. El producto concentrado es llevado luego a un vertedero de seguridad.

Datos:

Q_T: Cantidad de efluentes (kg)
 Concentración de tinta (%)

TRATAMIENTO

El efluente con la tinta del proceso diluida pasa a una pileta concentradora, que opera cíclicamente seis veces por año, una vez depositado el efluente se cierra su registro de entrada y el agua se evapora por la acción solar, quedando allí depositados los metales pesados y los componentes complejados propios de la pintura, los que una vez secos se destinan a un vertedero de seguridad.

VALORACIÓN

Por tratarse de componentes tóxicos que afectan el Medio Ambiente, para evaluar su valoración, se debe calcular el Costo necesario para mitigar su efecto. Para ello empleamos el método del Costo Defensivo, que utiliza un mercado convencional y se basa en el comportamiento real.

$$V_R = Q_T [(C_R + C_T) F_C + C_V] \quad (14)$$

C_R : Costo de remediación ambiental, Peso/kg

C_T : Costo transporte, Peso/kg

Q_T : Cantidad de residuos de pintura, kg

C_V : Tarifa del Vertedero de Seguridad

F_C : Factor de corrección de la eficiencia del proceso (\$/Kg)

16. Baterías usadas (Gestor autorizado para el reciclado y recuperación de componentes)

TRATAMIENTO

Las baterías deben ser recicladas, siendo sus componentes principales: Placas de plomo, caja de plástico y electrolitos ácidos (H_2SO_4). Cada parte se destina a un proceso de reciclado y/o recuperación diferente.

VALORACIÓN

Primera etapa: empleamos el criterio del salario hedónico, que funciona en un mercado implícito basado en un comportamiento real.

$$V_1 = \Delta S_1 + C_{SG} \quad (15)$$

V_1 : valor del residuo batería (\$)

ΔS_1 : Compensación extra salarial de los trabajadores, involucrados en el reciclado de la batería, teniendo en cuenta sus especialidades, capacitaciones y antigüedades (\$).

C_{SG} : Costo de los implementos de seguridad y protección adicionales que se debe proveer a los trabajadores para evitar su contaminación (\$)

Segunda etapa:

$$V_2 = P_{bat} - C_R \quad (16)$$

P_{bat} : Sumatoria de precios de la fracción plomo, ácido, plástico (\$).

C_R : Costo reciclaje (\$)

Entonces:

$$V_R = V_1 + V_2 \quad (17)$$

17. Filtros de aceite de motores usados

TRATAMIENTO

Los filtros se someten a prensado a 10000 kg / cm² en una cuba especialmente adaptada. El aceite SE escurre, se recupera y se dispone con el resto del lubricante usado para valoración energética, descrita en el punto 4. El material prensado constituye una chatarra que se destina a la fundición de hierro.

VALORACIÓN

El impacto ambiental que generan se considera positivo y su valoración está dada por el valor que tiene la chatarra en el Mercado Convencional.

18. Neumáticos usados

TRATAMIENTO

Los neumáticos usados son triturados y molidos, y posteriormente destinados como un polvo que se usa para mejorar la elasticidad de pavimentos.

VALORACIÓN

Por el método de bienes sustitutivos de un mercado implícito, basado en el comportamiento real, ya que se toma en consideración el precio del producto químico como mejorador de asfaltos. A este se le debe descontar el costo de procesamiento de la molienda de neumáticos.

$$V_N = [P_Q - C_N] * F_N \quad (18)$$

Q : cantidad de neumáticos (kg)

P_Q : Precio producto químico sustituto (\$/kg)

C_N : Costo molienda neumáticos (\$/kg)

F_N : Factor corrección por aplicación ($F_N \leq 1$)

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La información recopilada en esta trabajo muestra que en muchas de las categorías de impacto consideradas en el Ecoindicador 95 y 99, los factores de equivalencia son calculados en base a datos característicos de la región europea. Por lo tanto, dichos factores de impacto no serían aplicables en el contexto de este estudio, no obstante servirán para futuros estudios.

No hay una única manera de realizar una evaluación de este tipo, sino por el contrario, tiene varias alternativas, y por lo tanto se debe estar familiarizado con los métodos científicos de investigación y con la evaluación del sentido común de las cuestiones complejas antes de realizar este tipo de estudio. Se trata de un método de carácter dinámico, y las cuatro etapas del ACV están relacionadas entre ellas y, a medida que se obtienen resultados, se pueden modificar o mejorar los datos, las hipótesis, los límites del sistema o los objetivos, lo cual exige el recálculo. Este hecho, más la gran cantidad de datos históricos que se deben poseer para realizar un LCA, demuestra la necesidad de contar con un instrumento informático. Cualquier producto, servicio o actividad tiene un impacto sobre el medio ambiente. Al usar esta metodología se pueden inventariar y evaluar dichos impactos y obtener como resultado un informe que permite tomar ciertas decisiones.

La metodología propuesta partió de la necesidad de contar con un método de evaluación de impacto que represente la realidad regional, y resulta sin dudas un aporte más para que especialistas en Estudios de Impacto Ambiental, empleando o no el Análisis de Ciclo de Vida, cuenten con una herramienta de rápida y sencilla aplicación, la que resultará enriquecida con el aporte potencial que sin dudas se recibirá.

El ACV del producto “bebida gaseosa”, será el medio de prueba de esta metodología, cuyos Impactos Ambientales serán valorizados en un próximo estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arena, A. P.

(1999) Un instrumento para el análisis y evaluación ambiental de productos y tecnologías. El análisis de ciclo de vida. -Consideraciones metodológicas, usos y limitaciones. Revista de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente. Volumen 3, Nº 2.

2. Boustead; Hancock, G. F.

“Theoretical Industrial Systems”, Handbook of Industrial Energy Analysis, 1979, p. 38.

3. Fava, J. A.; Denison, R.; Jones, B.; Curran, M. A.; Vigon, B. W.; Selke, S.; Barnum, J. (eds.)

“A Technical Framework for Life Cycle Assessments” Pensacola: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, August 18-23, 1990, Smuggler’s Notch, Vt., 1991, pp. 1-2.

4. Fullana, P.; Puig, R.

(1997) Análisis de Ciclo de Vida. Editorial Rubens, Barcelona.

5. Gay, A.; Ferreras, J.

“La Educación Tecnológica”. 1997. Red Federal de Formación Docente Continua, Prociencia, CONICET, Ministerio de Cultura y Educación de la Nación. Pp. 93-110.

6. Goedkoop, M.

(1995) The Ecoindicator 95. Weighting method for environmental effects that damage ecosystems or human health on a European scale. Final Report.

7. Heijungs, R. *et al.*

(2000) Towards a life cycle impact assessment method which comprises category indicators at the midpoint and the endpoint level Report of the first project phase: Design of the new method.

8. Klir, G. J.

“Teoría General de Sistemas (Un enfoque metodológico)”, Ediciones ICE, Madrid, España, 1.978.

9. Pacheco, O.; Jakúlica, R.; Rodríguez, H. I.

“Estudio del ciclo de vida de los productos de la región - Enfoque sistémico”. Publicado en “Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente”. ISBN 0329-5184, Octubre de 2001.

10. Pacheco, O.; Plaza, G.

“Análisis de inventario del ciclo de vida de las bebidas gaseosas. Identificación de sus impactos ambientales”, enviado a prensa “Revista de Ciencia y Tecnología”, Facultad Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, UNAM, 2004.

11. Pacheco, O.; Plaza, G.

Propuesta de Gestión Integral de Residuos en la Provincia de Salta, Impacto energético y ambiental. Publicado en “Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente”. ISBN 0329-5184, octubre de 2000.

12. U.S. Environmental Protection Agency

1993. Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles, EPA/600 / R92 / 245, ISBN 1-55670-015-9, Prepared by Battelle and Franklin Associates Ltd. For the Risk Reduction Engineering Laboratory, Office of Research and Development, 108 pages.

Recibido: 01/03/05.

Aprobado: 17/10/06.

• Pacheco Osvaldo Luis

Ingeniero Industrial. Ingeniero en ferrocarriles, Maestría en gestión de residuos. Docencia universitaria, docencia en postgrado acreditada; docencia en postgrado no acreditada unas. categoría actual: III asignada por: universidad., cuenta con varias direcciones de proyectos.

- Gloria del Carmen Plaza

Ingeniera Química. Magíster en Derecho Ambiental.
Docente, Investigador. Universidad Nacional de Salta,
INENCO. Profesional Principal. CONICET. Docente
Fac. Ingeniería. Universidad Nacional de Salta.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 26-31

SELECCIÓN DE CEPAS DE LEVADURAS PRODUCTORAS DE ENZIMAS PÉCTICAS

¹María A. Martos; ¹Emilce R. Zubreski; ¹Gabriela S. Velázquez; ¹Francisco Martínez Vázquez;

¹Fernando O. Benassi. (†); ²Roque A. Hours.

¹Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552, (3300), Posadas, Misiones, Argentina, Fax.: +054-3752-425414. (biotecno@fceqyn.unam.edu.ar.).

²Centro de Investigación y Desarrollo en Fermentaciones Industriales, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. Calle 47 y 115, (1900), La Plata, Argentina. (hours@biotec.org.ar).

(†) Fallecido 12-01-2005.

SCREENING OF YEAST STRAINS WITH PECTINOLYTIC ACTIVITY

ABSTRACT

The present study was undertaken to find yeast strains with high pectinolytic activity. Yeast strains isolated from citrus fruits, were screened for pectinase production. The species with the best pectinase activity was selected to evaluate their ability to produce pectic enzymes by submerged fermentation processes. The effect of different carbon sources on polygalacturonase (PGase) production was studied. Different vegetable tissues were used for tests of maceration with the crude enzyme extract.

Among 154 yeast strains isolated, yeast Nº 111 was positive for pectinase activity and was identified as *Geotrichum sp.* Maximum PGase production obtained was 90.7 EU/ml when this yeast grown in shake flasks under the presence of glucose and citrus pectin as carbon sources. All tissues studied were macerated by the enzyme extract, microscopic examination showed a suspension of loose single cells. Lysis of cells was not observed.

KEYWORDS: *Geotrichum sp.*, screening of yeasts, polygalacturonase, maceration.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue el aislamiento de cepas de levaduras con buena actividad pectinolítica. Las levaduras aisladas a partir de frutas cítricas fueron seleccionadas en base a sus actividades pectinolíticas. Se evaluó la capacidad de producción de enzimas pécticas por fermentación en medio líquido de la levadura con mayor actividad pectinolítica. Se estudió la influencia de diferentes fuentes de carbono sobre la producción de poligalacturonasa (PGasa) y la capacidad macerante de los extractos enzimáticos sobre tejidos vegetales.

De 154 levaduras aisladas, la cepa Nº 111 mostró actividad pectinolítica y fue identificada como *Geotrichum sp.* La máxima producción de PGasa obtenida fue de 90,7 EU/ml, cuando esta levadura creció en medio líquido con glucosa y pectina de citrus como fuentes de carbono. Los tejidos vegetales estudiados fueron macerados por el extracto enzimático. El examen microscópico mostró células simples liberadas, no observándose lisis por destrucción de la pared celular.

PALABRAS CLAVE: *Geotrichum sp.*, selección de levaduras, poligalacturonasa, maceración.

INTRODUCCIÓN

Las enzimas pécticas microbianas son de interés comercial, algunas tienen la capacidad de liberar sustancias pécticas cementantes de la pared celular de las plantas, produciendo la maceración de tejidos vegetales [12]. En el proceso de maceración, la pectina insoluble presente en la laminilla media es degradada, con la consiguiente liberación de células individuales y agregados celulares. Para tal propósito, únicamente el material cementante intercelular y parte de la pared celular primaria de las plantas deben ser degradados, sin dañar la pared celular secundaria, a los efectos de evitar la lisis celular [1, 13, 8]. Este método presenta ventajas sobre la disgregación mecánica ya que conserva intactos el flavor, los pigmentos y los componentes celulares, propiedades sumamente importantes en la producción de néctares de frutas, en la elaboración de purés vegetales (papa, zanahoria, etc.) y de alimentos infantiles en general [2, 6, 8].

La producción de enzimas pécticas ha sido ampliamente estudiada en bacterias y hongos filamentosos. En cambio, su producción a partir de levaduras ha recibido menos atención y se ha encontrado que muy pocas especies de levaduras producen estas enzimas [3, 6, 10].

La producción de pectinasas es una capacidad constitutiva en la mayoría de las levaduras porque no se requieren pectina, ácido poligalacturónico o ácido galacturónico para inducir la síntesis de dichas enzimas. Sin embargo, se ha descrito que la capacidad pectolítica de unas pocas especies es inducible, tales como *Cryptococcus albidus*, *Geotrichum lactis* y *Kluyveromyces fragilis*. En tanto que la poligalacturonasa de *Saccharomyces fragilis* es parcialmente constitutiva [3].

El objetivo del presente trabajo fue el aislamiento de cepas de levaduras con buena actividad pectinolítica. A tal fin se aislaron cepas de levaduras a partir de frutas cítricas. Se estudió la producción de poligalacturonasa en erlenmeyers, utilizando como fuente de carbono glucosa o galactosa y un inductor de la actividad enzimática constituido por ácido galacturónico, ácido poligalacturónico o pectina de citrus. Se investigó la capacidad macerante de los extractos enzimáticos con actividad pectinolítica en diferentes tejidos vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medios de cultivo

Caldo de enriquecimiento: extracto de levadura, 5 g/l; triptona, 5 g/l; glucosa, 10 g/l; propionato de calcio, 1,3 g/l; oxitetraclina (Pfizer), 100 mg/l; pH: 5,0.

Medio de aislamiento: extracto de levadura 1 g/l; triptona, 5 g/l; pectina de citrus¹ (Parafarm) 10 g/l; propionato de calcio 1,3 g/l; oxitetraclina (Pfizer) 100 mg/l; agar-agar 15 g/l, pH: 5,0.

Medio de mantenimiento: extracto de levadura, 5 g/l; triptona, 5 g/L; glucosa, 10 g/l; agar, 18 g/l, pH: 5,0.

Agar pectina: extracto de levadura, 1 g/l; triptona, 5 g/l; pectina de citrus¹ (Parafarm), 10 g/l; agar-agar, 15 g/l, pH: 5,0.

Medio de fermentación: se prepararon diferentes medios de cultivos, cada uno de ellos contenía el medio base compuesto por Nitrogen Base, YNB, (Difco), 6,7 g/l, una fuente de carbono formada por glucosa (Anedra), 5,0 g/l o galactosa (Sigma), 5,0 g/l y un inductor de la actividad pectinolítica constituido por ácido galacturónico (Sigma), ácido poligalacturónico (Fluka), o pectina de citrus (Sigma), cuyas concentraciones variaron de 0,1 g/l, 2,0 g/l o 5,0 g/l, según el medio de cultivo correspondiente [4]. Todos los componentes del medio fueron esterilizados a vapor fluente 30 minutos, excepto en el caso de la solución de YNB, la que se esterilizó en forma separada por filtración a través de un filtro de celulosa de 0,45 µm.

Enriquecimiento

Se suspendieron 10 gramos de frutas cítricas en 90 ml de agua de peptona al 0,1%, las mismas se licuaron durante 2 minutos. Se agregó 1 ml de la suspensión en tubos que contenían 10 ml de caldo de enriquecimiento. Los tubos se incubaron a 30°C, durante 48 hs.

Aislamiento

Los microorganismos desarrollados en los tubos con caldo de enriquecimiento fueron sembrados en cajas de Petri con medio de aislamiento. Las placas se incubaron a 30°C, durante 24 a 48 hs. A los efectos de obtener cultivos puros, las colonias presuntivas de levaduras fueron suspendidas en solución fisiológica, efectuándose un segundo aislamiento en placas conteniendo agar pectina. Las placas se incubaron a 30°C, durante 24 hs. Las colonias bien separadas fueron repicadas a tubos estrias con medio de mantenimiento, e incubadas a 30°C por 24 hs; las que posteriormente fueron conservadas en heladera a 5°C.

Preselección de cepas con actividad pectinolítica

A partir de cultivos jóvenes (24 hs) de las levaduras, se sembraron placas que contenían YNB 6,7 g/l y ácido poligalacturónico 10 g/l, pH 5,0. Las placas se incubaron

1- La pectina fue lavada con etanol al 70% en HCL 0,05 N, para eliminar los restos de azúcares que normalmente contienen las pectinas comerciales como excipiente.

a 30°C por 6 días, luego se inundaron con HCl 5 N. Las cepas con actividad pectinolítica se reconocieron por la presencia de un halo de hidrólisis alrededor de las colonias [10].

Identificación

Las cepas preseleccionadas fueron identificadas utilizando el sistema API de identificación de levaduras "ID 32 C", que detecta la capacidad de asimilación de 30 fuentes de carbono.

Estudios de producción de enzimas pécticas en erlenmeyers

Preparación del inóculo: a partir de cultivos jóvenes (24 horas) de la levadura desarrollada en estrías de medio de mantenimiento, se realizaron suspensiones en tubos que contenían 10 ml de una solución de Tween 80 al 0,05%. A partir del mismo se efectuaron diluciones decimales para ajustar la concentración celular a una Densidad Óptica de 0,96, medidos en un espectrofotómetro a 620 nm.

-Fermentación: se inocularon erlenmeyers de 125 ml que contenían 25 ml del medio de fermentación con 1 ml de inóculo. Los mismos se incubaron a 30°C en baño termostatzado rotatorio a 150 rpm [3]. Luego de 4 días, el cultivo fue centrifugado a 4000 rpm durante 10 minutos, a 5°C para remover las células de levadura. El sobrenadante se conservó a -18°C hasta su utilización. Todas las experiencias se realizaron por triplicado.

Técnicas analíticas

Recuento del número de células: se determinó mediante recuento en cámara de Neubauer.

Determinación de la actividad poligalacturonasa por el método del hoyo (cup plate assay): se realizaron hoyos de 5 x 4 mm, en placas que contenían ácido poligalacturónico (Fluka), 10 g/l en buffer acetato-ácido acético 0,2 M, pH: 5,0 y agar 18 g/l. A cada hoyo se le agregó 45 µl del filtrado enzimático. Las cajas se incubaron a 35°C hasta 4 días y se inundaron con HCl 5 N. Se midió el diámetro de los halos de hidrólisis formados [15].

Medida de la actividad poligalacturonasa (PGasa): la actividad PGasa se determinó mezclando 2,8 ml de una solución de ácido poligalacturónico (Sigma) al 0,5% en buffer acetato-ácido acético 0,2 M, pH 4,5, con 0,2 ml del filtrado enzimático. Las muestras, por duplicado, se incubaron a 37°C durante 60 minutos y se determinaron los grupos reductores liberados por el método del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), usando ácido galacturónico como referencia [11]. Una unidad enzimática (UE) de PGasa se define como la cantidad de enzima que libera

1 µmol de ácido galacturónico por minuto en las condiciones de ensayo.

Determinación de la capacidad macerante: se cortaron cilindros de papa, zanahoria y pepino que medían 3 mm de diámetro y 4 mm de espesor. Se colocaron 5 cilindros en cajas Petri chicas, a cada una de las cuales se le agregó 5 ml de la solución de enzima. Las placas se incubaron a 30°C, durante 2 hs. Los blancos se realizaron con la enzima inactivada (5 minutos a baño María). El ablandamiento de los tejidos vegetales y la presencia de células libres se utilizaron como indicadores de la actividad macerante [14]. Las observaciones de las células libres se efectuó mediante un microscopio Olympus, modelo CH-2, utilizando un ocular 10X y un objetivo 40X.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aislaron 154 cepas de levaduras. Los ensayos semicuantitativos realizados en medios agarizados conteniendo ácido poligalacturónico como fuente de carbono, revelaron que únicamente la colonia de la levadura N° 111 mostró tener actividad poligalacturonasa, evidenciada por la formación de halos de hidrólisis (25 mm de diámetro) alrededor de su colonia (Figura 1).

La levadura N° 111, fue identificada como *Geotrichum* sp. aplicando el sistema computarizado para levaduras, API ID 32C.

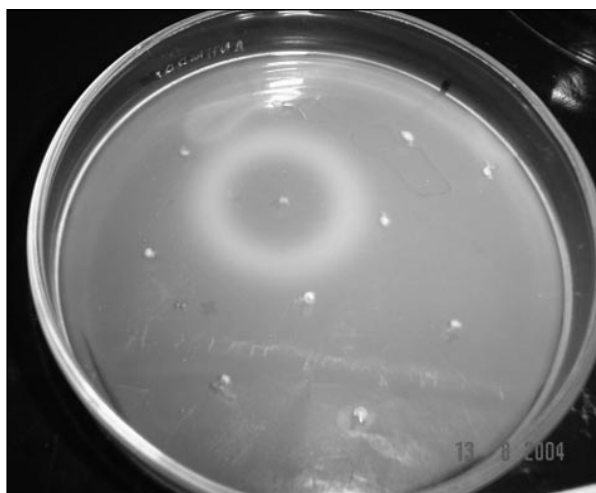


FIGURA 1. Halo de hidrólisis sobre ácido poligalacturónico, producido por la colonia de la levadura N° 111.

La capacidad de la levadura N° 111 de producir enzimas pécticas en diferentes medios líquidos se evaluó mediante el método del hoyo (Figura 2). El diámetro de los halos de hidrólisis formados en cada caso se presentan en la Tabla 1. Los extractos enzimáticos que presentaron actividad pectinolítica (halos de hidrólisis) fueron utilizados

para cuantificar la actividad PGasa (Tabla 1). En la Tabla 1 se presenta, además, el número de células producidas al finalizar cada una de las fermentaciones.

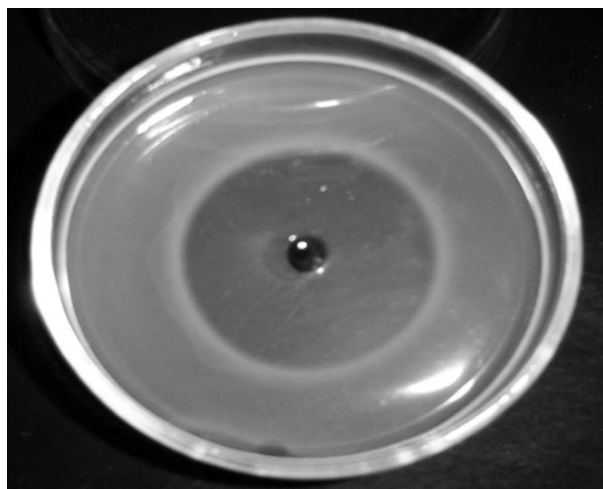


FIGURA 2. Halo de hidrólisis sobre ácido poligalacturónico, producido por el extracto enzimático de la levadura N° 111.

Como se observa en la Tabla 1, la actividad enzimática y el crecimiento celular fueron despreciables en todos los cultivos realizados en medios que contenían galactosa como fuente de carbono fácilmente asimilable, aún en los casos en que fue adicionada de ácido poligalacturónico o ácido galacturónico.

Cuando los cultivos se realizaron en medios que contenían glucosa con el agregado de ácido galacturónico, ácido poligalacturónico o pectina de citrus, se observó buen crecimiento y actividad PGasa. Los mayores halos de hidrólisis, de hasta 4 cm de diámetro a los 2 días, se obtuvieron con los filtrados enzimáticos provenientes de los cultivos realizados en los medios que contenían glucosa, 5,0 g/l, adicionados con ácido poligalacturónico

o pectina de citrus, 5,0 g/l. En este último medio la actividad PGasa fue de 90,7 UE/ml (Tabla 1). En el medio con glucosa únicamente la actividad enzimática fue despreciable. Esto indicaría que tanto ácido galacturónico, ácido poligalacturónico o pectina de citrus actúan como inductores de la producción de PGasa, y que la glucosa no tiene efecto represor sobre la misma.

Tabla 1: Efecto de diferentes fuentes de carbono sobre el crecimiento y la producción de poligalacturonasa (PGasa) por la levadura N° 111.

Fuentes de carbono (g/l)					Crecimiento (cél./ml) x 10 ⁷	pH final	Ø (cm)	PGasa (UE/ml)
GAL	GLU	AG	APG	PEC				
5,0	-	-	-	-	0	5,1	ND	ND
5,0	-	-	0,1	-	0	5,1	ND	ND
5,0	-	-	2,0	-	0	5,1	ND	ND
5,0	-	0,1	-	-	0	5,1	ND	ND
5,0	-	2,0	-	-	0	5,1	ND	ND
-	5,0	-	-	-	0,37	3,0	ND	ND
-	5,0	0,1	-	-	4,4	3,0	ND	ND
-	5,0	2,0	-	-	7,12	3,0	Transparente Ø=2,5 (3 d)	73,4
-	5,0	5,0	-	-	8,0	3,3	Transparente Ø=2,8 (3 d)	74,3
-	5,0	-	0,1	-	3,86	3,0	Opalescente Ø=1,0 (2 d)	ND
-	5,0	-	2,0	-	6,80	2,8	Transparente Ø=1,0 (2 d)	70,2
-	5,0	-	5,0	-	6,27	3,3	Transparente Ø=4,0 (2 d)	78,3
-	5,0	-	-	5,0	7,32	2,7	Transparente Ø=4,0 (2 d)	90,7

GAL: galactosa; GLU: glucosa; AG: ácido galacturónico; APG: ácido poligalacturónico; PEC: pectina; ND: no detectado; Ø: diámetro del halo de hidrólisis.

Blanco, P. et al. [2], informaron que la expresión de una endo-PGasa de *Saccharomyces cerevisiae* CECT 1389 fue mayor cuando se utilizó 5,0 g/l de galactosa como fuente de carbono y energía en lugar de glucosa. La

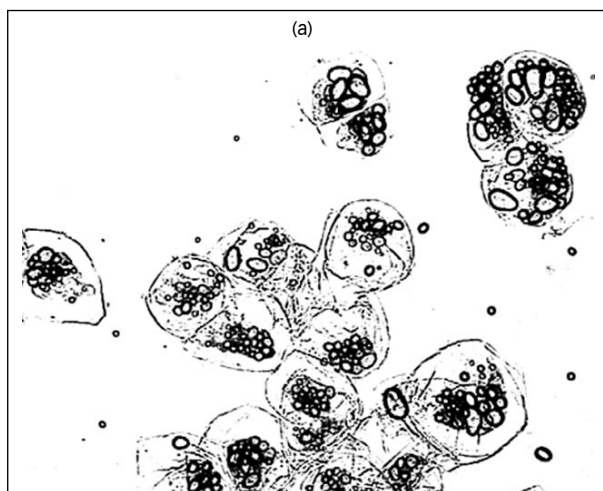


FIGURA 3. Microfotografías. a) Células del tejido de papa macerado, b) Células del tejido de zanahoria macerado.

producción de pectinasas es generalmente una capacidad constitutiva en las levaduras [4]. Schwan, R.F. *et al.* [14], informaron que la síntesis de poligalacturonasa por *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces thermotolerans*, *Saccharomyces cerevisiae* var. *chevalieri* y *Candida rugopelliculosa* no aumentó con el agregado de pectina o ácido poligalacturónico al medio de cultivo que contenía glucosa. Sin embargo, la capacidad pectinolítica de algunas especies de levaduras, tales como *Cryptococcus albidus* [11] y *Geotrichum lactis* [3] han sido consideradas como inducibles. Este último parecería ser el caso de la levadura N° 111, aislada en nuestro laboratorio.

La Figura 3 muestra las microfotografías de distintos vegetales macerados con los extractos enzimáticos que presentaron actividad pectinolítica.

Todos los tejidos vegetales sometidos a pruebas de maceración, con extractos enzimáticos de la levadura 111, dieron resultados positivos. El examen microscópico de los productos macerados mostró células simples liberadas y agregados celulares (Figura 3).

CONCLUSIONES

De 154 levaduras aisladas a partir de frutos cítricos, únicamente la levadura N° 111 mostró actividad pectinolítica; la que fue identificada como *Geotrichum* sp.

Al estudiar la producción de enzimas pécticas de la levadura aislada (*Geotrichum* sp.) en diferentes medios de cultivos, se infiere que la actividad pectinolítica no es reprimida por glucosa y es inducida por ácido poligalacturónico y por pectina cítrica. Se obtuvieron buenos niveles de actividad PGasa, considerando que se trata de sobrenadantes de cultivos sin purificar y concentrar. La máxima producción de PGasa obtenida fue de 90,7 EU/ml, cuando esta levadura creció en medio líquido con glucosa y pectina de citrus como fuentes de carbono.

Los extractos enzimáticos obtenidos durante la fermentación en medio líquido de la levadura N° 111 provocaron la maceración de los tejidos vegetales estudiados (papa, zanahoria y pepino). El examen microscópico de los vegetales macerados mostró células simples liberadas, no observándose lisis por destrucción de la pared celular, lo que presenta interés, desde el punto de vista industrial, en la producción de néctares de frutas y alimentos infantiles en general.

REFERENCIAS

1. Biekman, E. S. A.

"Enzymatic maceration of potatoes for the production of

instant dried mashed potato: Modeling of the disintegration process". Food Biotechnol. 6: p.19-33. 1992.

2. Blanco, P.; Sieiro, C.; Diaz, A.; Villa, T. G.

"Production and partial characterization of an endopolygalacturonase from *Saccharomyces cerevisiae*". Can. J. Microbiol. 40: p.974-977. 1994.

3. Blanco, P.; Sieiro, C.; Diaz, A.; Villa, T. G.

"Differences between pectic enzymes produced by laboratory and wild-type strains of *Saccharomyces cerevisiae*". World J. Microbiol. Biotechnol. 13: p.711-712. 1997.

4. Blanco, P.; Sieiro, C.; Villa, T. G.

"Production of pectic enzymes in yeasts". MiniReview. FEMS Microbiol. Lett. 175: p.1-9. 1999.

5. Call, H. P.; Harding, M.; Emeis, C. C.

"Screening for pectinolytic *Candida* yeasts: optimization and characterization of the enzymes". J. Food Biochem. 9: p.193-210. 1985.

6. Call, H. P.; Walter, J.; Emeis, C. C.

"Maceration activity of an endopolygalacturonase form *Candida mecedoniensis*". J. Food Biochem. 9: p.325-348. 1985.

7. Federici, F.

"Production, purification and partial characterization of an endopolygalacturonase from *Cryptococcus albidus* var. *albidus*". Antonie van Leeuwenhoek. 51: p.139-150. 1985.

8. Ishii, S.; Yokotsuka, T.

"Maceration of plant tissues by pectin transeliminase". Agric. Biol. Chem. 35: p.1157-1159. 1971.

9. Ishii, S.

"Enzymatic maceration of plant tissues by endo-pectin lyase and endo-polygalacturonase from *Aspergillus japonicus*". Phytopathology. 66: P. 281-289. 1976.

10. McKay, A. M.

"Degradation of polygalacturonic acid by *S. cerevisiae*". Letters in Applied Microbiology. 11: p.41-44. 1990.

11. Miller, G.L.

"Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar". Anal. Chem. 31: p.426-428. 1959.

12. Nakamura, T.; Hours, R. A.; Sakai, T.

"Enzymatic maceration of vegetables with protopectinases". J. Food Sci. 60: p.468-472. 1995.

13. Sakai, T.; Sakamoto, T.; Hallaert, J.; Vandamme, E.J.

"Pectin, pectinase, and protopectinase: Production, properties, and applications". Adv. Appl. Microbiol. 39: p.213-294. 1993.

14. Schwan, R. F.; Cooper, R. M.; Wheals, A. E.

"Endopolygalacturonase secretion by *Kluyveromyces marxianus* and other cocoa pulp-degrading yeasts". Enz. Microb. Technol. 21: p. 234-244. 1997.

15. Souza, J. V. B.; Silva, E. S.; Maia, M. L. S.; Texeira, M. F. "Screening of fungal strains for pectinolytic activity: endopolygalacturonase production by *Peacilomyces clavissporus* 2 A. UMIDA.1". Proc. Biochem. 39: p. 455-458. 2003.

Recibido: 16/09/05.

Aprobado: 04/10/06.

• María Alicia Martos

Ingeniero Químico. Magister en Tecnología de los Alimentos. Docente de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales de la UNAM en las cátedras Química Orgánica y Biotecnología: Docente de la Maestría en Tecnología de los Alimentos, participando del dictado del módulo "Hidratos de Carbono y del módulo "Enzimas" del Curso "Química de los Alimentos". Categoría IV del Programa de Incentivos. Participante de 5 Proyectos de Investigación acreditados por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDET) - U.Na.M. Autora de 5 trabajos científicos en revistas nacionales y extranjeras.

• Emilce Roxana Zubresky

Bioquímica. Lab. Qco. Industrial. Docente del Instituto San Basilio Magno de Posadas, EGB1- EGB2. Además es Auxiliar Docente desde 01/07/91 en Cátedras de Microbiología General (Ingeniería Química) y Microbiología Industrial (Lab.Qco.Ind.) de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales- UNaM. Investigador Sin Categoría Participante de 4 Proyectos de Investigación acreditados por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Cidet) y de 3 Proyectos de Investigación pertenecientes al Programa de Incentivos del Ministerio de Educación de la Nación.

• Francisco Martínez Vazquez

Ingeniero Químico. Magister en Tecnología de los Alimentos. Docente de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales de la UNAM. Categoría Investigador: III – Fue Co-Director del Programa de Investigación "Enterobacterias y otros microorganismos indicadores de contaminación en la Cuenca del Alto Paraná". Co-Director del Proyecto de Investigación "Aislamiento y caracterización de cepas de Levaduras con actividad macerante de tejidos vegetales".

• Fernando Olivio Benassi (Fallecido)

Licenciado en Química. Doctor en Química. Fue Profesor Titular de Química Inorgánica y Microbiología

General e Industrial; Docente de la Maestría en Tecnología de Alimentos (Departamentos de Ciencia y tecnología de Alimentos y de Química); Integrante Investigador Categoría II (Programa Nacional Incentivos-1998); Dirigió Proyectos sobre Microbiología en Alimentos y Aguas.

• Roque Alberto Hours

Licenciado en Ciencias Bioquímicas. Dr. en Ciencias Bioquímicas. Profesor Titular Ordinario Dedicación Simple. Asignatura: Biotecnología. Facultad de Ciencias de la Alimentación (UNER). Becario de Iniciación (1981/3), Perfeccionamiento (1983/6) y Formación Superior (1986/9) del CONICET. Becario de la Japan Society for the Promotion of Science, 1993/4, Univ. of Osaka Pref., Japan. Investigador Asistente (1989/1996), Adjunto (1997/2002) e Independiente (2002-actual) del CONICET. Programa de Incentivos. Categoría 2.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 32-35

ESTUDIO DE *ENTEROCOCCUS SPP.* EN AGUAS DE ARROYOS DE POSADAS. MISIONES

Amanda B. Pucciarelli R.; Emilce R. Zubreski; Martha H. von Specht; Fernando. O. Benassi (†).

Laboratorio de Microbiología de Alimentos y Biotecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, (3300), Argentina.

E-mail: mima@fceqyn.unam.edu.ar.

STUDY OF *ENTEROCOCCUS SPP.* IN STREAMS WATER OF POSADAS CITY, MISIONES

ABSTRACT

Control of sanitary quality of environmental resources was carried out by faecal indicator bacteria count: *Escherichia coli* and *Enterococcus spp.*; identifying these bacteria with a biochemical profile can determine the degree of contamination of stream and rivers waters. Sixty water samples were examined, taken from different streams (Antonica, Mártirez, Vicario, Zaimán and Divisa) of Posada City. Bacteria count and their isolation were carried out according to the standard method for water and streams. The results were variable (23 to 150.000 MPN/100mL). From 172 apparent strains isolated, 165 were *Enterococcus*. 75% *Enterococcus faecalis*, 13% *Enterococcus faecium*, 5% *Enterococcus hirae*, 2% *Enterococcus gallinarum*, 1% *Enterococcus durans*, 1% *Enterococcus avium* and 5% no enterococcus. These results showed contamination comes from waste water and riverine population, hence there is a potential risk of humans colonization in contact with any of these streams evaluated

KEYWORDS: *Enterococcus*, water, Enumeration media.

RESUMEN

El control de calidad sanitaria de los recursos ambientales se realiza por el recuento de bacterias indicadoras de contaminación fecal: *Escherichia coli* y *Enterococcus spp.* Caracterizando el perfil bioquímico de estos indicadores se puede determinar el grado de contaminación de las aguas de arroyos, ríos y otros. Se examinaron 60 muestras tomadas de distintos arroyos (Antonica, Mártirez, Vicario, Zaimán y Divisa) de la ciudad de Posadas; el recuento y aislamiento se realizaron según métodos estandarizados. El recuento fue variable (23 a 150.000 NMP/100mL.). De las 172 cepas presuntivas aisladas, 165 fueron pertenecientes al género de *Enterococcus*: 75% *Enterococcus faecalis*, 13% *Enterococcus faecium*, 5% *Enterococcus hirae*, 2% *Enterococcus gallinarum*, 1% *Enterococcus durans*, 1% *Enterococcus avium* y 5% no enterococo. Los resultados reflejaron que la contaminación proviene de vertidos de efluentes y población ribereña, lo cual significa un riesgo potencial de colonización para humanos en contacto con los arroyos evaluados.

PALABRAS CLAVE: *Enterococcus*, Agua, Enumeración.

INTRODUCCIÓN

Microorganismos como *Escherichia coli*, colifagos; *Bifidobacterium sp.*, *Clostridium perfringens* y el grupo de enterococos forman parte de la flora del tracto gastrointestinal del hombre y animales de sangre caliente y son excretados por las heces. Su presencia en el ambiente indica contaminación de origen fecal con el alto riesgo de aparición de gérmenes patógenos. La enumeración de estas bacterias indicadoras de contaminación fecal es utilizada para valorar la calidad sanitaria de alimentos, sedimentos (lodos) y aguas destinadas al consumo humano, la agricultura, la industria y la recreación [8].

Las autoridades sanitarias utilizaban a los estreptococos fecales, actualmente clasificados en el género *Enterococcus*, para evaluar la calidad sanitaria de sus recursos naturales. Tenía importancia el cociente coliforme fecal / “enterococo” como un indicador de la naturaleza de la fuente fecal. Sin embargo, factores como las diferencias de los rangos de muerte en el ambiente entre estos dos indicadores, la supervivencia variable de algunas de las especies de enterococos y los métodos para la determinación de estos últimos, hicieron que su empleo fuera cuestionable. Por otra parte, se estima que en general no se multiplican en el medio hídrico, y su presencia en aguas revelaría una contaminación reciente [1].

Aún así, investigadores de Canadá recomiendan a este género como el indicador más apropiado en aguas marinas porque sobreviven en ellas más que los coliformes fecales. Son elegidos cuando hay un tiempo o distancia considerable entre la fuente de contaminación fecal y el área de baño. Se observó una correlación positiva entre enfermedades gastrointestinales, del tracto respiratorio superior, infecciones de la piel u oído y niveles de enterococos en aguas de recreación [1].

Originalmente, el género *Streptococcus* comprendía un grupo heterogéneo de bacterias grampositivas de importancia en medicina y la industria. La taxonomía actual de este grupo incluye tres géneros: *Lactococcus*, *Streptococcus* y *Enterococcus*; a este último corresponden *E. faecalis*, *E. faecium* entre otras especies ya que se conocen más de 25. [7].

Los Enterococos son cocos grampositivos, la mayoría inmóviles, anaerobios facultativos, catalasa negativa, no forman endoesporas ni cápsulas [8]. Tienen habilidad para crecer en presencia de 6,5% de ClNa; a 10°C y 45°C, y a pH 9,6. Son capaces de hidrolizar la esculina en presencia del 40% de bilis y poseen la enzima pirrolidonylarylamidasa. [3, 5, 7]. Se caracterizan por poseer largos períodos de sobrevivencia en ambientes hostiles, por lo que se han transformado en importantes agentes

causales de infección nosocomial, pudiendo además causar una serie de infecciones adquiridas en la comunidad aunque no son considerados microorganismos patógenos. [7].

Según el nivel guía para recreación humana (NGR), *Escherichia coli/Enterococcus*: para un número de muestras estadísticamente suficientes (no menos de 5 muestras igualmente espaciadas durante un periodo de 30 días) la media geométrica de la densidad bacteriana no deberá exceder uno u otro de los siguientes valores: *Escherichia coli* 200 col/100mL, y enterococos 33 col/100mL. [6].

Como ciertas especies de este grupo son huésped-específicas, la caracterización bioquímica puede brindar una valiosa información adicional sobre el origen de la contaminación [2]. El monitoreo de aguas de arroyos interiores de la ciudad de Posadas resultaría una herramienta eficaz para alertar en caso de detectarse un aumento de las mismas.

El objetivo de este trabajo fue determinar el tenor de la contaminación de las aguas de estos arroyos, aislando y caracterizando su perfil bioquímico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con sesenta muestras de aguas de arroyos interiores de la ciudad de Posadas, que fueron tomadas y procesadas para recuento y aislamiento según metodología descrita en el APHA (*American Public Health Association*) 1998 20ª Ed. [1].

Toma de Muestras

Se efectuó la toma de muestras en distintos puntos del río Paraná y arroyos de la ciudad de Posadas, las cuales fueron transportadas al laboratorio en forma refrigerada, para ser procesadas dentro de las 12 hs. [1].

Se trabajó con una frecuencia de muestreos cercana a 5 muestras en 30 días, en las distintas estaciones del año.

Determinaciones bacteriológicas

Se realizaron diluciones seriadas de las muestras con agua destilada estéril como diluyente.

Se utilizó el método de fermentación de los múltiples tubos, con la expresión de resultados como Número Más Probable NMP/100mL. Se realizaron series de tres tubos con caldo de enriquecimiento azida dextrosa de doble y simple concentración, los que se incubaron a 35°C durante 24-48hs. Los tubos que presentaron turbidez fueron confirmados por diseminación en placas de agar KF para estreptococos [2, 4, 5, 9].

Las colonias típicas fueron repicadas en tubos estrías

de agar Infusión Cerebro Corazón (BHIA) y se incubaron a 37°C durante 24 h.

Con estos cultivos se efectuaron tinción de Gram, reacción de la catalasa, y pruebas bioquímicas de identificación de género y especies tales como: hidrólisis de Arginina, desarrollo a 45°C y 10°C, movilidad, actividad de la enzima pirrolidonilargininamidasa (PYR), bilis esculina, desarrollo en medio con NaCl al 6,5% y con telurito al 0,04%, y producción de ácido de manitol, arabinosa, sacarosa y rafinosa; con los que se obtuvieron las distintas especies que fueron posteriormente confirmadas por el INEI ANLIS Malbrán. [2, 4, 5].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estudiaron 60 muestras de agua provenientes de los arroyos: Itá, Antonica, Mártires, Vicario, Zaimán y Divisa.

El NMP/100mL osciló entre 23 y 150.000/100mL. Estos datos se presentan en la Tabla 1.

Se aislaron 172 cepas presuntivas, de las cuales 165 fueron pertenecientes al género *Enterococcus*. Con las tipificaciones realizadas se obtuvieron las distintas especies que se muestra en la Figura 1.

Tabla 1: Determinación del Número Más Probable en muestras de aguas de arroyos interiores de Posadas, Misiones. N=60.

ARROYO (Nº de mtras)	NMP/100 ml	Valor límite
Itá (10)	210-93.000	33 NMP/100ml
Antonica (10)	11.000-150.000	
Mártires (10)	240-2300	
Zaimán (10)	23-3.900 (*)	
Vicario (10)	93-11.000	
Divisa (10)	2.400-93.000	

(*) 2/10 muestras presentaron valores menores a 33 NMP/100ml.

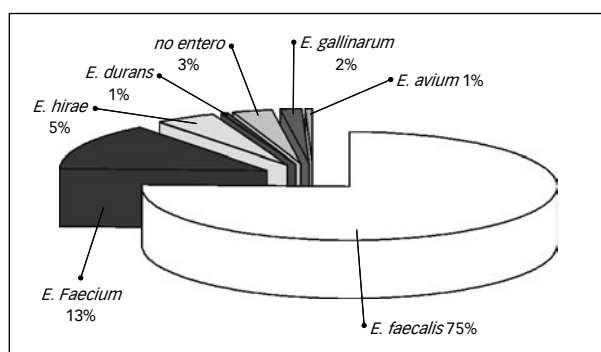


FIGURA 1. *Enterococcus* aislados de aguas de arroyos en Posadas, Misiones. Frecuencia de las especies tipificadas. (N=172).

La contaminación es un problema mundial inquietante en los lugares donde la población está creciendo rápi-

damente como la ciudad de Posadas, y no hay suficiente control sanitario sobre los efluentes arrojados a los cursos de aguas superficiales y profundas [2].

Los arroyos muestreados tienen sus cursos en distintos lugares de la ciudad desembocando en el Río Paraná.

Considerando los niveles guía nacionales de calidad de agua ambiente, con valores de hasta 33 NMP/10mL como aceptables, los recuentos obtenidos indican un alto nivel de contaminación en las aguas estudiadas. Esto significa un riesgo potencial de colonización para humanos en contacto con cualquiera de los arroyos evaluados. [6].

La variedad de estos datos, especialmente los picos de contaminación, probablemente se deba a que las tomas realizadas se efectuaron después de frecuentes precipitaciones fluviales. Además se debe tener en cuenta la inconciencia e irresponsabilidad de la población ribereña establecida en los márgenes de dichos cursos de agua que continuamente arrojan los desechos que superan la autodepuración lenta del agua. La fotografía tomada del arroyo Vicario permite ilustrar estas observaciones. [2].

Cabe señalar que el origen de la contaminación registrada en estos cursos podría atribuirse además a los efluentes industriales que se vierten en algunos de ellos.

CONCLUSIÓN

El aislamiento significativo de los *Enterococcus faecalis* seguido por los *E. faecium*, *E. hirae* y *E. durans*, evidencia una contaminación fecal apreciable de origen humano y animal, la cual puede provenir de los pobladores asentados en las orillas de los mismos, además de efluentes y residuos arrojados en dichos cursos (Foto).



Arroyo Vicario: se observan materiales plásticos, papeles y otros residuos.

La detección de Enterococos en cuencas hídricas tiene importancia epidemiológica, no solo por su posible origen del tracto intestinal, sino por ser causa potencial de cuadros sépticos, y por ser gérmenes que desarrollan con facilidad resistencia antimicrobiana (a la vancomicina, glucopéptidos, aminoglucósidos y cefalosporina). Se recomienda una constante vigilancia de las causas de la contaminación y saneamiento en cada uno de ellos.

REFERENCIAS

1. American Public Health Association (APHA), Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 20Ed. 1998.
 2. Benassi, F. O.; Palmieri de Morey, S.; Leardini, N. Investigación de Estreptococos Fecales en Aguas del Arroyo Zaimán, Revista Argentina de Microbiología. Vol.18-Nº2:79-82. 1986.
 3. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 9th. Ed. 1994.
 4. Enterococcus spp. Identificación y Características Generales. Boletín Nº10 Programa Nacional de Control de Calidad en Bacteriología. Mayo, 1999.
 5. Facklam, R. R.; Sahm, D. F.; Teixeira, L. M. Enterococcus in Manual of Clinical Microbiology. Murray PR *et al.* American Society for Microbiology. Washington: 297-305. 1999
 6. Niveles Guía Nacionales de Calidad de Agua Ambiente. Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Diciembre, 2001.
 7. Ruoff, K. L. Recent taxonomic changes in the Enterococcus. Curr Topic Rev. 9(2):75-9.1990.
 8. Suarez Pita, M. Tendencia Actual del Estreptococo como Indicador de Contaminación Fecal. Rev Cubana Hig Epidemiol. 40(1): 38-43. 2002.
- Yoshpe Y- Purer**
Evaluation of media for Monitoring Fecal Streptococci in seawatwer. Applied and Envirom Microbiol Vol 55. Number 8- 2041-2045. 1989.

Recibido: 05/12/05.

Aprobado: 10/09/07.

- Amada Beatriz Pucciarelli Román.

Laboratotista Químico Industrial. Magister en Tecnología de Alimentos. Desde 1992 como Docente Auxiliar en Cátedras Microbiología General, Microbiología

Industrial, Microbiología de Alimentos y Biotecnología; y en Maestría en Tecnología de Alimentos(1998) (Departamentos Ciencia y Tecnología de Alimentos; e Ingeniería Química- FCEQyN). Investigador Categoría IV (Programa Nacional Incentivos-2004); Participa en Proyectos sobre procesamiento y obtención de alimentos y calidad de aguas. Además, en el Departamento de Medio Ambiente realiza análisis microbiológico de aguas superficiales, efluentes, lixiviados, ambiental y otros materiales.

- Emilce Roxana Zubresky

Bioquímica. Lab. Qco. Industrial. Docente del Instituto San Basilio Magno de Posadas, EGB1- EGB2. Además es Auxiliar Docente desde 01/07/91 en Cátedras de Microbiología General (Ingeniería Química) y Microbiología Industrial (Lab.Qco.Ind.) de la Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales- UNaM. Investigador Sin Categoría Participante de 4 Proyectos de Investigación acreditados por el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Cidet) y de 3 Proyectos de Investigación pertenecientes al Programa de Incentivos del Ministerio de Educación de la Nación.

- Martha Helena von Specht.

Bioquímica (Universidad Nacional de Misiones, 1989). Especialista en Microbiología Clínica (UNaM, Carrera de Especialización en Microbiología Clínica. Jefe de Trabajos Prácticos, dedicación exclusiva Cátedra de Microbiología, desde 1989 y continúa. Docente de la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos FCEQyN desde 1997 y continúa. Dictado de 4 cursos de post grado. Investigador Categoría IV (PNI). Integrante comisión de Residuos Tóxicos y Peligrosos FCEQyN. UNaM. Bacterióloga del Laboratorio de Referencia de la Provincia de Misiones, Hospital Provincial de Pediatría de Misiones. Investigador Categoría III (Programa Nacional Incentivos-2006); Participaciones anteriores en cinco proyectos de investigación acreditados.

- Fernando Olivio Benassi (Fallecido)

Licenciado en Química. Doctor en Química. Fue Profesor Titular de Química Inorgánica y Microbiología General e Industrial; Docente de la Maestría en Tecnología de Alimentos (Departamentos de Ciencia y tecnología de Alimentos y de Química); Integrante Investigador Categoría II (Programa Nacional Incentivos-1998); Dirigió Proyectos sobre Microbiología en Alimentos y Aguas.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 36-43

MORFOLOGÍA FIBROSA DE LA MADERA DEL *EUCALYPTUS GRANDIS* IMPLANTADO EN LA MESOPOTAMIA ARGENTINA. 1. ATRIBUTOS BIOMÉTRICOS

Carlos Eduardo Núñez

PROCYP, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones.
Félix de Azara 1552, (3300), Posadas, Provincia de Misiones, Argentina. Fax 52 03752 422198.
(c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar).

FIBER MORPHOLOGY OF THE WOOD OF *EUCALYPTUS GRANDIS* GROWING IN THE ARGENTINEAN MESOPOTAMIA. 1. BIOMETRICAL ATTRIBUTES

ABSTRACT

In the Argentinean Mesopotamia, 130.000 Hs. of *Eucalyptus grandis* are planted. The length, width and wall thickness of the fibers at different height were measured on ten samples. At the height of an adult human chest, values between 844 and 977 micrometers in length; from 13.0 to 16.4 micrometers in width; and from 2.4 to 3.5 micrometers in wall thickness were found. In the axial direction, the fiber length showed a maximum value ranging from 30 to 50% of the market standard height; and the width of fibers and wall thickness diminished with the height. It is possible to conclude that when moving down, the fibers are shorter, thinner and with a greater flexibility coefficient. On the other hand, in the radial direction when moving from the core to the cambium, fibers are longer, thinner and slightly thicker.

KEYWORDS: *Eucalyptus grandis*, wood structure, fiber structure, cell dimensions, fiber dimensions, fiber length, fiber diameter, cell wall thickness, microscopy, Argentina. (Thesaurus IPST 1990).

RESUMEN

En la Mesopotamia Argentina se encuentran plantadas unas 130.000 hs. de *Eucalyptus grandis*. Se midieron longitud, ancho y espesor de pared de fibra a diferentes alturas en diez individuos. A altura de pecho se hallaron valores de longitud entre 844 y 977 micras; ancho de fibras entre 13,0 a 16,4 y espesor de pared entre 2,4 y 3,5 micras. En la dirección axial las longitudes mostraron un máximo entre el 30 y el 50% de la altura comercial, y los anchos de fibra y los espesores de pared presentaron disminución con la altura. Se concluye que a medida que se asciende en altura las fibras se vuelven más cortas, más finas y de mayor coeficiente de flexibilidad. Para el sentido radial, a medida que se va de médula a cambium, las fibras son más largas, más finas y de un espesor algo mayor.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus grandis*, morfología de fibras, parámetros biométricos, longitud de fibras, ancho de fibras, espesor de pared de fibras, Microscopia, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Se denomina Mesopotamia Argentina al territorio argentino comprendido entre los ríos Paraná y Uruguay hasta su desembocadura en el Río de la Plata, extendido aproximadamente entre los 25° 44' y 33° 10' de latitud sur. Comprende las provincias de Misiones, Corrientes y Entre Ríos, ordenadas de norte a sur, con una superficie total de unos 196.000 Km². En ella se encuentran las principales plantaciones de coníferas y latifoliadas de la república. Posee un clima subtropical en la parte septentrional y templado en el resto, teniendo un sistema de irrigación interno sumamente desarrollado. Las precipitaciones anuales van desde 2500 mm en el extremo norte hasta 700 mm en la zona meridional cercana al Río de La Plata. Las primeras plantaciones de *Eucalyptus* se realizaron en la década de los años sesenta del siglo pasado, habiendo en la actualidad (2002) unas 140.000 hectáreas [1]. De ellas se puede estimar que un 95% es de *E. grandis*.

Si bien hay publicada considerable cantidad de información de carácter forestal sobre esta especie, no sucede lo mismo con respecto a la morfología de su madera de la que no se ha hallado ninguna publicación. Debido a ello se realizó el presente trabajo de medición de los parámetros fibrosos sobre individuos provenientes de las tres provincias, particularizando los de importancia papelera.

Dada la dificultad física y económica de realizar muestreos extensos en las plantaciones, el material utilizado corresponde a plantas únicas o a pequeños grupos de árboles, por lo que los resultados no deben entenderse como un relevamiento sistemático de las plantaciones existentes. De todas maneras este trabajo forma parte de un proyecto más extenso en el que se pretende alcanzar un conocimiento general de las plantaciones. En esta primera parte se analizan los atributos biométricos de las fibras a través de su longitud, ancho y espesor de pared, además de relaciones entre ellos en la forma de coeficiente de flexibilidad, coeficiente de fiabilidad y área ocupada trasversal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Árboles

Se estudiaron diez árboles de las procedencias y edades que se indican en la Tabla N° 1.

Madera

Se trabajó con rodajas o fracciones de rodajas de entre 2 y 6 cm de espesor. En todos los casos se extrajo un sector circular de las mismas para poseer una alícuota radial del

Tabla N°1. Características de los árboles utilizados.

Indiv. n°	Edad	Procedencia
1	7	Ruta Prov. 16 Km 48. San Pedro, Misiones
2	9	Ea. La Negra Ituzaingó, Corrientes
3	5	Alto Paraná S.A. Pto. Esperanza, Misiones
4	18	Shell Forestal Garruchos, Corrientes.
5	7	Bosques del Plata. Santo Tomé, Corrientes.
6	7	Bosques del Plata. Santo Tomé, Corrientes.
7	7	Bosques del Plata. Santo Tomé, Corrientes.
8	20	INTA Campo El Alabrado Concordia, Entre Ríos.
9	20	INTA Campo El Alabrado Concordia, Entre Ríos.
10	20	INTA Campo El Alabrado Concordia, Entre Ríos.

xilema de cada tronco. En caso de haberse notado nudos o venas de quino ellas fueron evitadas. Si se observó madera de reacción, el sector circular fue extraído de la zona intermedia entre ella y la madera normal, tratando de que el espécimen posea una proporción adecuada de ambas.

Preparación para análisis microscópico

Se cortaron los sectores circulares por medio de formón, y estos se fraccionaron con la misma herramienta en prismas de aproximadamente 4 a 8 mm de ancho, por la longitud correspondiente al espesor de la rodaja. Estos prismas se saturaron con agua caliente, operación que llevó de 1 a 3 días. A continuación se efectuó el disgregado de los tejidos por medio de la técnica del clorito-ácido acético utilizado para realizar deslignificaciones controladas, [2] [3] [4] utilizando una variante previamente desarrollada [5], en la que se llega solamente a n° kappa 15–20 y se efectúa el disgregado final con una solución de carbonato de sodio. En estas condiciones la pared primaria queda casi intacta, y las fibras se mantienen rígidas y prácticamente sin daño físico mecánico.

El material disgregado se lavó y se colocó en un vaso de cuatro litros, del que se sacó con agitación la fracción para los preparados de microscopía. En las técnicas microscópicas se siguieron en general las técnicas de Isenberg [6] y Hillton [7].

Mediciones

Todas las mediciones se realizaron sobre material disgregado, inclusive las de ancho de fibra y espesor de pared. Se decidió este método, a cambio de leerlos en cortes de micrófono, debido a que representan mejor las dimensiones de los elementos como van a actuar en la hoja de papel. Determinaciones realizadas entre el mismo trozo de madera demostraron que en general los anchos de fibras son mayores en los disgregados, posiblemente debido a una distensión de la trama interna de la pared celular, y al colapsamiento generado entre los vidrios

del preparado. La diferencia de variación de longitudes entre el disgregado y a través de los procesos químicos industriales medidas en un trabajo previo [8] se puede considerar despreciable.

En todos los casos los preparados se realizaron extendiendo alrededor de 1 mL de suspensión en sendos extremos de un vidrio de 75 x 25 mm dividido en tres sectores, tratando que en cada uno de ellos queden unas 200 fibras. A continuación se tiñeron y secaron a 50°C, montándose en resina con cubreobjetos. Por lo tanto las mediciones corresponden a las fibras en su estado seco 100%. Se midieron fibras de los dos lados del preparado. La importancia de la medición aleatoria y de 200 fibras, emitidas en dos descargas de la pipeta, se puede observar en la Figura N° 1 en la que se grafican los promedios de grupos sucesivos de veinte fibras, a medida que se fueron midiendo, desde un extremo del cubreobjeto hasta el otro. Se ven las variaciones entre grupos y, en este caso en particular, la tendencia creciente de los promedios.

Tanto las longitudes como los anchos y espesores de pared se midieron en un analizador de imágenes utilizando herramientas de medición manual. Esta forma resultó tener la exactitud necesaria, a diferencia de las lecturas realizadas por medio de las herramientas automáticas del programa. Para las longitudes se utilizó un aumento de 40 X y para los anchos y espesores el máximo permitido con el equipo, es decir 1000 X con inmersión. En las longitudes se siguió con el cursor la línea central del eje de las fibras desde un extremo al otro, y para las dimensiones transversales se midió la distancia entre los bordes de la fibra y los del lumen en dos sitios, con la mayor separación posible que permitía la pantalla.

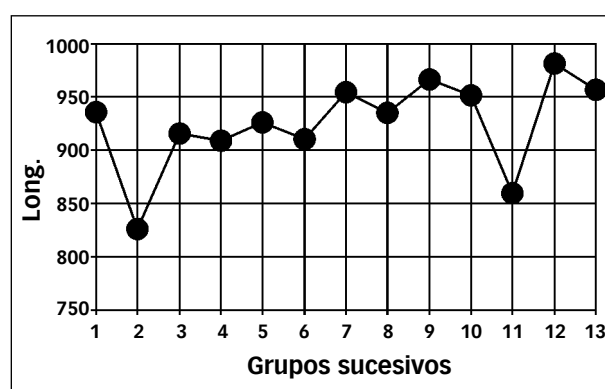


FIGURA 1. Promedios sucesivos de longitud de fibras a medida que se fueron leyendo, para un solo cubreobjetos.

El lugar de la medición no se eligió, sino que correspondió al sitio que aparecía en la pantalla a partir del barrido de la superficie del preparado. Los espesores de pared se midieron restando del ancho de fibra el ancho

del lumen y dividiendo por 2.

A partir de los tres parámetros medidos se calcularon el coeficiente de flexibilidad que se define como la relación porcentual entre el ancho del lumen y el ancho de fibra; y el coeficiente de fieltabilidad que es la relación entre la longitud y el ancho de la fibra. La superficie ocupada se calculó restando al área trasversal de cada fibra el área del lumen.

En el caso de realizar promedios de mediciones de diferentes anillos de crecimiento o rodajas a diversas alturas, se realizaron promedios ponderados, es decir, cada sector fue multiplicado por su correspondiente aporte de submuestra al total.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla N° 2 se detallan los valores hallados de longitud, ancho y espesor de pared de fibra, y de los coeficientes de ellos derivados.

TABLA N° 2: Valores promedios a altura de pecho de longitud, ancho de fibra, espesor de pared y coeficientes derivados de los árboles de *Eucalyptus grandis* estudiados.

Árbol		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Prom.
Edad		9	5	18	7	7	7	6 (1)	20	20	20	
Longitud	n° med.	197	400	400	205	1492	1460	167	203	200	206	
	Prom.	925	935	977	924	960	942	964	905	933	844	931
	D. est.	223	242	243	186	179 (2)	(2)	188	183	216	155	
Ancho	n° med.	102	100	100	110	759	785	122	101	100	108	
	Prom.	16,1	13,0	15,1	15,5	15,3	15,7	13,6	15,5	16,4	13,6	15,0
	D. est.	4,9	3,8	5,0	4,3	4,6 (2)	5,2 (2)	3,9	5,2	7,3	3,9	
Espesor de pared	n° med.	102	100	100	110	759	785	122	101	100	108	
	Prom.	3,5	3,4	3,5	3,1	3,5	3,3	3,2	3,3	3,1	2,4	3,2
	D. est.	0,8	1,0	1,4	0,9	1,0 (2)	0,9 (2)	0,8	0,8	0,8	0,7	
Coef. de flexibilidad	n° med.	102	100	100	110	759	785	122	101	100	108	
	Prom.	55	46	52	58	52	55	51	55	58	61	54
	D. est.	12	13	16	12	14 (2)	13 (2)	11	12	13	14	
Coef. de fieltab.	(3)	57	72	65	60	63	60	71	58	57	62	63
Área ocupada		102	100	100	110	759	785	122	101	100	108	
		123	114	126	124	147	135	103	114	125	92	120

Referencias: Longitud, ancho y espesor de pared se dan en micras; los coeficientes son adimensionales y el área ocupada se da en micras cuadradas. Las edades se dan en años. (1) Individuo de rebrote. (2) Muestras complejas: se consigna el valor promedio aritmético simple. (3) Coeficientes de fieltabilidad calculados como promedio general de longitudes sobre promedio general de anchos de fibra.

Observando de manera general los datos de la Tabla N° 2 correspondientes a las alturas de pecho de los diez árboles estudiados, se puede señalar que son bastante homogéneos teniendo en cuenta la diversidad de orígenes y condiciones ambientales en el que se desarrollaron. Ello se corresponde con datos de *E. grandis* de

Minas Geraes [9] y Paraná, Brasil [10]. Con respecto a la comparación de valores, con los que se hallan publicados, es necesario decir que se ha decidido no realizarla debido a la falta de una correcta explicación de la metodología utilizada en la bibliografía. De unos quince trabajos analizados de morfología de *E. grandis*, solamente en tres están debidamente explicadas todas las variables metodológicas utilizadas, y lamentablemente en ninguno de ellos coincide con la de este trabajo. Las posibles diferencias debido a ello no son menores. En su tesis doctoral [11] Monteoliva halló para anchos de clones de *Salix* diferencias entre 16 y 45% midiendo en cortes histológicos (donde el lugar de medición es al azar) y haciéndolo en disgregados húmedos por medio de la técnica de Franklin de peróxido-ácido acético utilizando la parte central de cada fibra. Con respecto a las mediciones de longitud posiblemente las diferencias metodológicas no influyan demasiado, salvo por el hecho de que no se explica si las fibras se midieron húmedas o secas. Como la técnica común es hacerlo en el primer estado, ello podría explicar los mayores valores hallados en dos trabajos sobre individuos de Brasil [9][10] que poseen promedios de 1030 y 1120 micras, mayores en 10 y 17% respectivamente a los 931 micras halladas en este trabajo.

Variación biométrica de las fibras en función de la altura

En los árboles 1, 8, 9 y 10 se midieron los parámetros biométricos de las fibras a varias alturas del fuste. En la Tabla N°3 se dan a conocer los valores hallados, y en los gráficos siguientes se desarrollan algunos de los parámetros de mayor interés. La longitud de fibra, si bien no posee un único modelo de comportamiento, siempre disminuye a partir del 50% de la altura comercial del fuste, Figura N° 2. Los números corresponden a los árboles graficados.

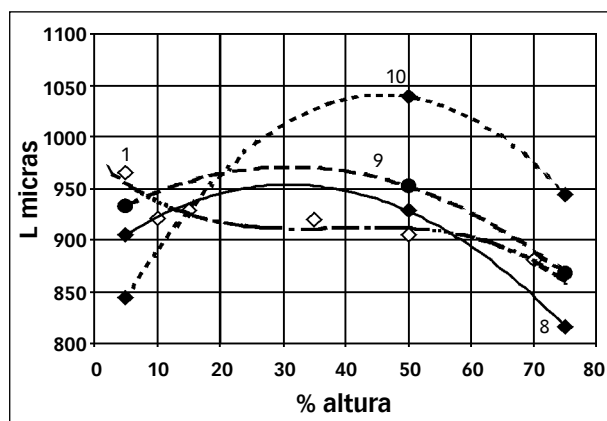


FIGURA 2. Variación de la longitud de fibra en función de la altura comercial del tronco. L = longitud de fibra.

TABLA N° 3: Parámetros vs. altura de muestra.

N° árb.	Parámetro	1	8	9	10
Altura					
AP	Long	965	905	933	844
	Ancho	16,1	15,5	16,4	13,6
	Esp pared	3,5	3,3	3,1	2,4
	Coef. flex.	55	55	58	61
	Coef. fieltr.	57	58	57	62
	Área ocup.	143	129	137	85
10%	Long.	921			
	Ancho	16,0			
	Esp. pared	3,2			
	Coef. flex.	57			
	Coef. fieltr.	60			
	Área ocup.	134			
15%	Long.	929			
	Ancho	16,2			
	Esp. pared	3,2			
	Coef. flex.	57			
	Coef. fieltr.	57			
	Área ocup.	139			
35%	Long	919			
	Ancho	14,8			
	Esp. pared	3,2			
	Coef. flex.	54			
	Coef. fieltr.	62			
	Área ocup.	120			
50%	Long	905	928	952	1039
	Ancho	11,9	14,7	15,9	14,7
	Esp. pared	2,8	2,7	3,1	2,7
	Coef. flex.	50	61	58	59
	Coef. fieltr.	76	63	60	71
	Área ocup.	84	110	130	106
70%	Long.	881			
	Ancho	11,9			
	Esp. pared	2,9			
	Coef. flex.	49			
	Coef. fieltr.	74			
	Área ocup.	87			
75%	Long.		816	868	944
	Ancho		12,8	13,7	12,9
	Esp. pared		2,4	2,5	2,5
	Coef. flex.		60	60	60
	Coef. fieltr.		64	63	73
	Área ocup.		81	91	84

Este comportamiento es normal para todas las maderas, coníferas y latifoliadas, y se puede explicar en parte teniendo en cuenta que la madera juvenil en todos los casos tiene fibras más cortas que la madera madura, y a medida que se asciende en el fuste se hallará mayor proporción de aquella. Esto se corroborará posteriormente cuando se analice la variación radial de los parámetros biométricos.

En la Figura N° 3 se grafican las variaciones de ancho de fibra (curvas superiores) y espesor de pared celular (curvas inferiores) en función de la altura del fuste. Se puede observar en los anchos de fibra una tendencia a haber un máximo en el primer tercio de la altura para luego producir un descenso monótono hasta la copa. Se observa también que, como en el caso de las longitudes, el árbol 1 tiene un comportamiento anómalo. El mismo procede de la zona de San Pedro, Misiones, que posee uno de los más altos rendimientos para la especie, y es posible que ese rápido crecimiento explique este comportamiento. Con respecto a los espesores de pared las curvas observadas aparentan tener poca variación con una leve tendencia a disminuir con la altura. Estas mermas, que no se observan en el gráfico por lo reducido de las dimensiones, oscilan entre el 17 y 27%.

La variaciones de longitud, ancho de fibra y el espesor de pared definen a su vez las de los coeficientes relacionados, como se verá a continuación.

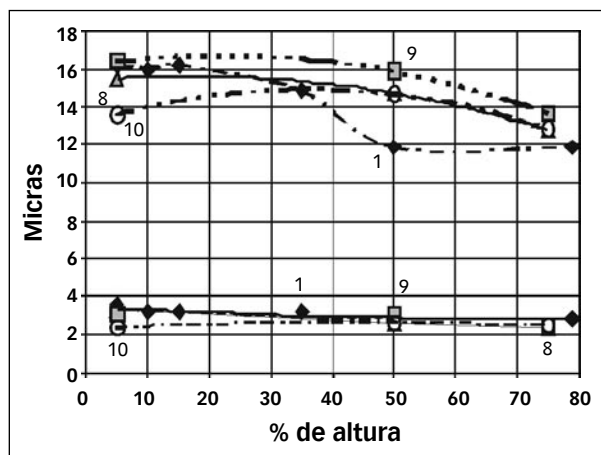


FIGURA 3. Ancho de fibra y espesor de pared en función de la altura comercial del tronco.

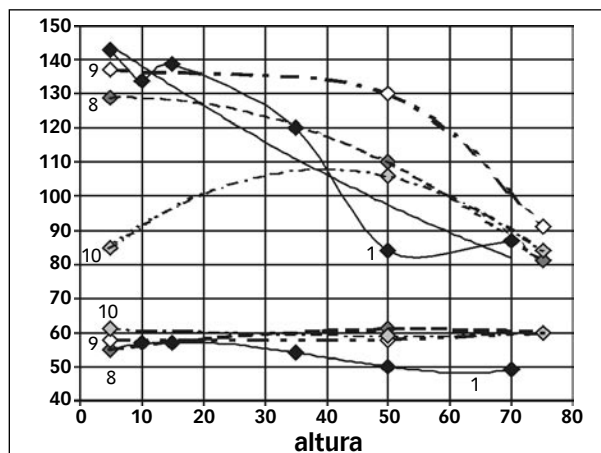


FIGURA 4. Área ocupada y coef. de flexibilidad en función de la altura comercial del tronco.

En la Figura N° 4 se grafican las variaciones del coeficiente de flexibilidad y el área ocupada de los árboles 1, 8, 9 y 10. Dejando de lado el primero de ellos que mantiene su comportamiento anómalo, en los otros tres se pueden distinguir una tendencia marcada a la disminución con la altura del área ocupada, y un aumento prudencial del coeficiente de flexibilidad. Evidentemente el mismo no alcanza para hacer que el área ocupada se mantenga, debido al efecto de la disminución del ancho de fibra. Es decir que, a medida que aumenta la altura del fuste, las fibras son más finas pero con un coeficiente de flexibilidad similar. Este hecho, ateniéndonos a lo hallado por duPlooy [12], atenuaría la pérdida de propiedades físico mecánicas de las pulpas kraft, que según dicho trabajo dependen principalmente de este parámetro, conjuntamente con el de la longitud de fibras, que en este caso sería negativo, Figura N° 2. Con respecto a la fieltabilidad, como se puede ver en la Figura N° 5, presenta un continuo ascenso con la altura, que indica que la disminución de la longitud de fibra es menor, proporcionalmente, al del ancho de fibra.

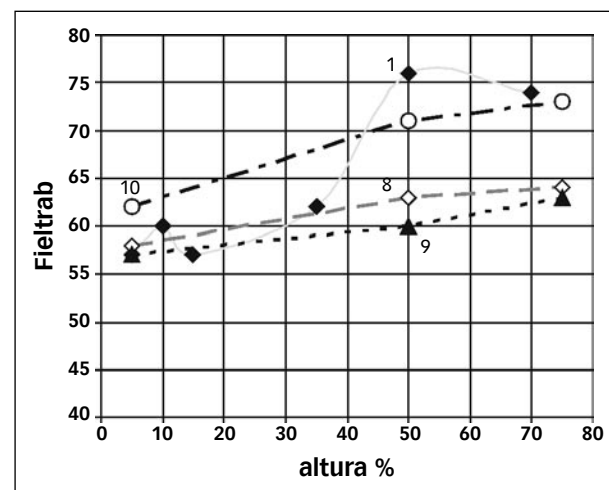


FIGURA 5. Coef. de fieltabilidad en función de la altura comercial del fuste.

De acuerdo a lo hallado por Area *et al.*, [13] para pulpado NSSC de *Eucalyptus*, la parte superior de los fustes podría tener iguales o mejores propiedades físico mecánicas que el resto, en lo que respecta al aumento de la fieltabilidad.

Resumiendo lo antedicho, y en líneas generales, se puede decir que a medida que aumenta la altura del fuste, y particularmente desde el 50% de la altura comercial, las fibras se vuelven más cortas, más finas y de mayor coeficiente de flexibilidad.

Variación biométrica de las fibras en el sentido radial del tronco

A los árboles números 5 y 6, de siete años de edad, se les determinaron los parámetros biométricos en forma radial a la altura de pecho. Puesto que en el *E. grandis* no son visibles los anillos anuales, para determinar los siete sectores se utilizó un modelo basado en el crecimiento general de los árboles de plantación que se describió anteriormente [14].

Como se ve en la Figura N° 6, que grafica la variación radial de la longitud de fibras para los árboles 5 y 6 de siete años de edad, hay un crecimiento continuo desde la médula al *cambium* que en este caso es del 63 y 30% respectivamente. Este comportamiento es el habitual para todas las especies de leñosas. Castro Silva [10] para la especie en estudio, encontró 47% de aumento promedio en árboles de 10 a 25 años de edad. En la Figura n° 7 se observa la variación de área ocupada y coeficiente de flexibilidad de los árboles 5 y 6 en sentido radial. Con respecto a la primera las variaciones son marcadas y difíciles de explicar. Posiblemente se deban, por un lado, a la forma cuadrática de la función, y por otro a que la división artificial realizada sea incoherente con los anillos de crecimiento y su normal variabilidad. El coeficiente de flexibilidad desciende de forma monótona desde la médula al *cambium*. Ello está en conexión con las curvas de ancho de fibra y espesor de pared de la Figura N° 6. Estas variaciones son en realidad relativamente reducidas, Figura N° 8.

En la Figura N° 9 se muestra la variación radial del coeficiente de fiabilidad de los dos árboles estudiados. En este caso las variaciones mostradas por los dos individuos son semejantes, y muestran una continua y evidente tendencia a aumentar la fiabilidad al aumentar la edad del árbol. Es decir que a medida que el árbol crece va formando fibras más angostas y más largas, de tal ma-

nera que a los siete años ha aumentado el coeficiente de fiabilidad en 90 y 45% respectivamente, en los dos árboles considerados.

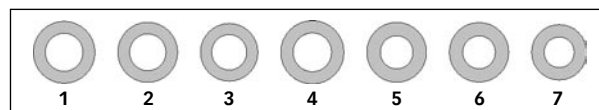


FIGURA 8. Secciones en escala de las fibras del árbol n° 6 en relación a los anillos anuales teóricos.

Resumiendo lo hallado para las variaciones biométricas de fibras en sentido radial, se puede decir que hay una modificación sustancial de todos los parámetros: descenso en el ancho de fibra y en el coeficiente de flexibilidad, y aumento en el espesor de pared y en el coeficiente de fiabilidad, siendo la variación de la superficie ocupada de carácter complejo y no definida por ahora. Salvo en este último parámetro, la variación ha sido homogénea en los dos especímenes analizados.

El área ocupada se agregó al estudio con la idea de definir la forma real de cada fibra en su sección transversal, puesto que el coeficiente de flexibilidad solamente mide la relación relativa entre los anchos de fibra y lumen pero no da idea del tamaño real de la misma y de la cantidad de pared. Aunque en este caso no mostró utilidad, debiera seguirse tratando de utilizarlo, puesto que por ejemplo, demostró ser un buen indicador de la densidad de la madera: utilizando una variable del mismo llamada Mulsteph, que es la relación entre área ocupada y el área total de la sección, y empleando los datos de duPlooy [12], se puede correlacionarlo con la densidad básica para *E. grandis* a través de una expresión polinómica de segundo grado, con un R^2 de 0,96. Este tipo de análisis se desarrollarán en una etapa posterior del estudio del *E. grandis* de la Mesopotamia Argentina.

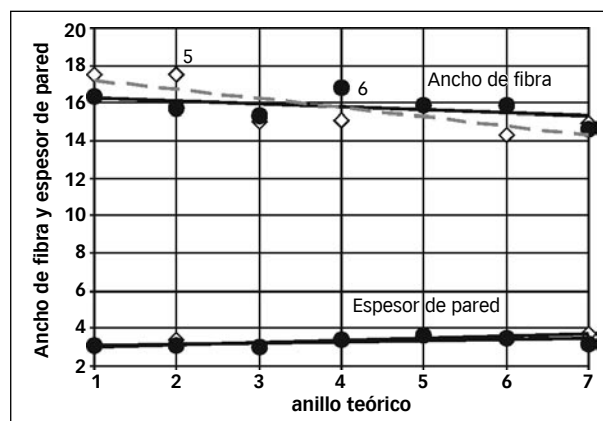


FIGURA 6. Variación del ancho de fibra y espesor de pared, en sentido radial.

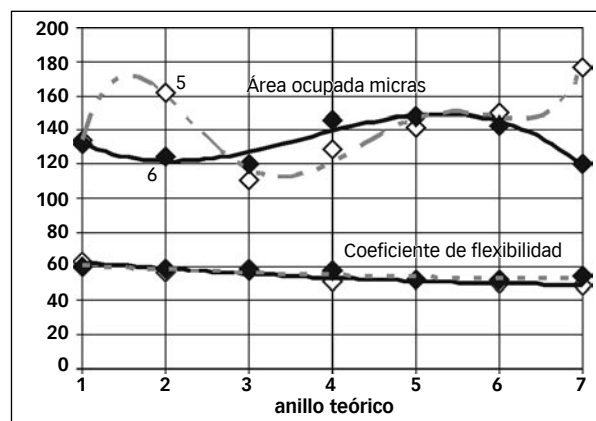


FIGURA 7. Variación del coeficiente de flexibilidad y superficie ocupada en sentido radial.

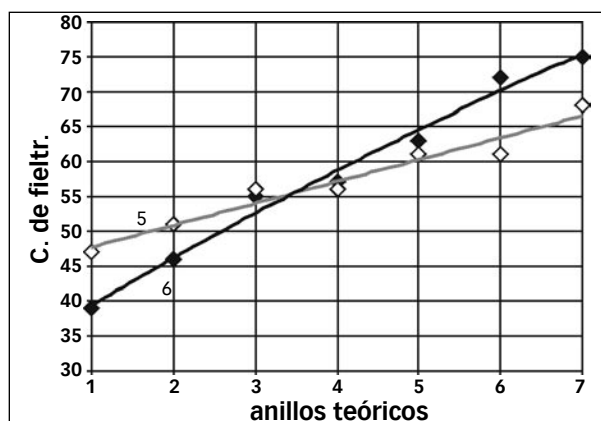


FIGURA 9. Variación del coeficiente de fieltabilidad en sentido radial.

CONCLUSIONES

En los diez árboles estudiados se puede concluir en general que:

A medida que aumenta la altura del fuste, y particularmente desde el 50% de la altura comercial, las fibras se vuelven más cortas, más finas y de mayor coeficiente de flexibilidad.

En sentido radial, se puede decir que hay una modificación sustancial de todos los parámetros: descenso en el ancho de fibra y en el coeficiente de flexibilidad, y aumento en el espesor de pared y en el coeficiente de fieltabilidad, siendo la variación del área ocupada de carácter complejo y no definida por ahora. Salvo en este último parámetro, la variación ha sido homogénea en los dos especímenes analizados.

El área ocupada mostró variaciones anormales y de difícil explicación, y se sugiere el estudio de este parámetro para mejorar su utilización.

REFERENCIAS

1. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Argentina

Censo Forestal de 1999.

2. Wise, L. E.; Murphy, M.; D'Addieco, A. A.

Paper Trade J. 122 págs. 35-43. 1946.

3. Jayne, B. A.

"Mechanical Properties of Wood Fibers". TAPPI 42 6 págs. 461 a 467, 1959. Kalisch, J. H. and Beazley, W. "Sulphite and Kraft Pulp with New Digester Sampler".

4. Canadian Pulp and Paper Association

Useful Method G.10U 1990. "Clorite Delignification of Cellulosic Materials".

5. Núñez, C. E.; Pavlik, C. A.

"Disgregado de tejidos leñosos por el método clorito-ácido acético-carbonato. Evaluación del daño producido a las fibras". Revista de Ciencia y Tecnología Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Año 2, N° 2. 1999, página 33.

6. Isenberg, Irving H.

"Pulp and Paper Microscopy". Third Edition. The Institute of Paper Chemistry. Wisconsin. 1967.

7. Hilton, N. R.

"Microscopía de la Madera". Edición de Celulosa Argentina S.A. Capitán Bermúdez. Argentina. 1970.

8. Núñez, C. E.

"Modificación en las Longitudes de Fibra de *Eucalyptus grandis*, por el Tratamiento Químico de Microscopía y los Pulpados Kraft e Hidroalcohólicos". Proceedings del 25° Congreso Técnico de ATIPCA sobre Celulosa y Papel. Buenos Aires. 1989. Pág. 113 a 122.

9. Trugilho, Paulo Fernando; Lima, José Tarcisio; Mori, Fábio Akira

"Correlação canônica das características químicas e físicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*". CERNE, V. 9, N. 1, p. 084-094, 2003.

10. Castro Silva, José de

"Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira". Tese de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, para a obtenção do título de Doutor em "Ciências Florestais". Curitiba 2002.

11. Monteoliva, Silvia.

"Propiedades intrínsecas de la madera de clones de *Salix* y su relación con el pulpado quimimécánico". Tesis doctoral, 222 pp. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata 2005.

12. duPloiy, Adriaan B. J.

"The relationship between wood and pulp properties of *E. grandis* Hill ex-Maiden grow in South Africa". APITTA Vol. 33, N°4. Enero 1980.

13. Area, María C.; Felissia, Fernando E.; Clermont, Javier E.; Núñez, Carlos E.; Venica, Alberto D.

"Estudio comparativo de especies de *Eucalyptus* y su respuesta al pulpado NSSC". CIADICYP 2004, Córdoba, España.

14. Núñez, Carlos Eduardo

"Distribución radial de polifenoles en troncos de *Eucalyptus grandis*". Proceedings CYADICYP 2002. Campinas, Brasil.

PERSONAS E INSTITUCIONES INTERVINIENTES

Recibido: 07/12/06.

Aprobado: 27/09/07.

El INTA–Concordia, en la persona de Martín Sánchez Acosta (Ing. Forestal); Bosques del Plata S.A.; Shell Forestal S.A.; Alto Paraná S.A.; Roberto Pascutti (Ing. Forestal), Facultad de Ciencias Forestales UNaM, contribuyeron en la selección y consecución de las muestras de madera.

• Carlos Eduardo Núñez.

Técnico Químico (especializado en anatomía y química de la madera y en pulpos químicos.). Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Misiones, siendo cofundador del Programa de investigación de Celulosa y Papel, PROCYP, dependencia en la que sigue trabajando en la actualidad. Investigador Sin Categoría. Tiene realizados unos cuarenta trabajos de investigación.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / N° 9 / 2007 / 44-50

RELACIONES DE CONVERSIÓN ENTRE DENSIDAD BÁSICA Y DENSIDAD SECA DE MADERA

Carlos Eduardo Núñez

PROCYP, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones.

Félix de Azara 1552, (3300), Posadas, Provincia de Misiones, Argentina. Fax 52 03752 422198.

(c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar).

CONVERSION RELATIOSHIPS BETWEEN BASIC DENSITY AND OVEN DRIED DENSITY OF WOOD

ABSTRACT

The density of wood is a parameter widely employed because it is a good parameter to compare quality and simple to calculate. Basic and dry densities were employed, considering the former is used in the forestry environment and the latter in the wood beach of the pulp mills. Due to the fact that there is no way to relate both of them, a study to find a relationship between them was performed. Besides, the verification of a predictive model for the wood to water ratio, employed before by Smith in 1954, was intended. Fifty-five samples of softwoods and hardwoods were employed. Two correlation equations with values of R^2 greater than 0.93 were found; the one whose relation was given by the following linear equation: Basic density = $0.7022 \times (\text{Dry density}) + 0.0678$ was chosen. An optimum performance was found for this model. As a conclusion, the use of this expression to transform basic densities into dry densities is suggested.

KEYWORDS: wood density, wood properties, specific gravity, density, physical properties, wood structure, wood measurement, wood structure, fiber dimensions. (IPST Thesaurus 1960).

RESUMEN

La densidad de madera es un parámetro muy usado por su sencillez y por ser un buen indicador de calidad. Se trabajó con la densidad básica y la densidad seca, atendiendo a que la primera se utiliza en los ambientes forestales y la segunda en las playas de madera para pulpa. Dado que no existe una forma de conversión entre ambas, se realizó un trabajo al respecto. Se trató también de comprobar un modelo predictivo para las relaciones madera - agua utilizado por Smith en 1954. El trabajo experimental sumó 55 muestras de coníferas y latifoliadas. Se obtuvieron dos ecuaciones de correlación con R^2 mayores a 0,93, eligiéndose entre ellas la que corresponde a la ecuación lineal: Densidad básica = $0,7022 \times (\text{Densidad seca}) + 0,0678$. El comportamiento del modelo fue óptimo. Como conclusión se sugiere la utilización de esta expresión para convertir densidades básicas a densidades secas.

PALABRAS CLAVE: densidad de madera, densidad básica, densidad seca, correlaciones, absorción de agua, propiedades de la madera, estructura de la madera, conversión.

INTRODUCCIÓN

La densidad de la madera es uno de los parámetros de más frecuente utilización en la cuantificación de las plantaciones y la caracterización de sus propiedades. Se utiliza tanto en ambientes madereros como en la industria de la pulpa y papel. Su versatilidad se debe a que reúne las características de ser un buen indicador de calidad y de que su determinación es sencilla y económica.

Existen cuatro maneras principales de definirla: densidad verde, densidad básica, densidad seca al aire y densidad seca. Densidad verde es la que posee la madera en la planta viva, que se puede considerar que se halla con su máximo volumen. Esta forma se utiliza principalmente para los cálculos de transporte de troncos hasta los sitios de elaboración.

La densidad básica es la relación entre el peso mínimo del material, es decir seco en estufa a 105-110°C, y su volumen verde, como se halla en el apeo del árbol. Es la más utilizada en la industria forestal y se usa para conocer la cantidad de masa seca del volumen verde medido en una plantación. Su uso se ha extendido a la industria de la pulpa y el papel. Por densidad seca al aire se entiende la relación natural entre el peso de una madera estacionada que se halla en equilibrio con la atmósfera, y el volumen correspondiente a esas condiciones. En general se toma que su humedad es del 12%, valor más frecuentemente encontrado en estas condiciones. La densidad seca se define como la relación entre el peso y el volumen del material exento de agua, es decir secado a 105-110°C.

La utilización de las densidades verde y seca al aire es evidente en el sentido de que son parámetros de condiciones que se dan de forma natural en el árbol verde y en la madera estacionada. Merece más explicación la utilización de la densidad básica y la densidad seca, puesto que ambos son valores artificiales.

En principio se puede decir que poseen parámetros mejor definidos que los otros dos, puesto que la densidad verde depende de las condiciones fisiológicas del árbol de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentra, y en el caso de la densidad seca al aire sucede lo mismo, puesto que su valor dependerá del estado de la atmósfera. Tanto la densidad básica como la seca, utilizan valores extremos: la primera el peso mínimo y el volumen máximo y la segunda el peso y el volumen libre de agua.

La razón del uso de la densidad básica en ámbitos forestales es claro, porque define la relación que hay entre material seco de madera y su volumen, que es lo que se mide cuando la plantación está aún de pie. De esa manera, midiendo el volumen de madera y sabiendo su densidad básica, se conoce a cuanta madera seca co-

rresponde. Más allá de estos usos silvícola la densidad básica no genera información real sobre el material, sino de manera indirecta y por comparación. Una vez que los árboles se cortan y se estacionan, en mayor o menor medida, la humedad baja del punto de saturación de fibra y el volumen disminuye. En este estado se suele encontrar en las playas de madera de todas las industrias de elaboración. Sería lógico suponer que desde este momento se utilice la densidad seca, pues si se quiere determinar la densidad básica de madera estacionada, será necesario impregnar el material por un largo tiempo, del orden de la semana. Por lo antedicho sería sugerible la utilización de la densidad seca en el sector de elaboración de la madera, tanto aserraderos, como fábricas de pulpa. El trabajo es el mismo, porque en ambos casos se requiere secar la madera en estufa, y posee la ventaja adicional de que no hace falta mantener las muestras guardadas herméticamente hasta la determinación.

Determinación de la densidad básica a partir de muestras secas

Dado que la densidad básica es la de referencia, con frecuencia hace falta determinarla a partir de la madera estacionada. Entre los años 1985 y 2003 se realizaron en diversas oportunidades la medición de la densidad básica a partir de madera seca al aire de playas de madera. Parte de estos resultados se publicaron en la revista ATIPCA [1] [2]. Es de destacar que la medición de la densidad básica de forma directa por impregnación, es decir, midiendo peso seco y volumen verde da resultados poco confiables. Ello se debe posiblemente a la irreversibilidad de las propiedades del material en su relación con el contenido de agua.

Como en algunos casos se impregnó la madera no solamente hasta su volumen máximo, sino hasta la saturación, se cuenta con una serie de datos de peso y volumen seco y peso y volumen saturado, con los que se puede relacionar la densidad seca con la densidad básica por medio de un modelo de comportamiento de la madera del que se hablará a continuación. A partir de esos datos se tratará de definir una conversión, de tal manera de poder pasar de densidad seca a densidad básica, sin necesidad de determinar esta última.

Modelo para la determinación indirecta de la densidad de madera

Existe un modelo de funcionamiento de las relaciones entre peso, volumen y humedad de la madera, que sirve para predecir su comportamiento en general y en particular para determinar densidades sin medir volúmenes. Se utiliza con frecuencia cuando se poseen muestras de

pequeño tamaño, como los tarugos que se extraen del barrero al muestrear madera sin apearse el árbol, o en el caso de querer medir densidades de anillos de crecimiento individuales. En estos casos la medición de volumen por los métodos convencionales no da resultados confiables.

Aparece en la bibliografía a partir del método de Smith de 1954 [3] para medir densidad a partir de muestras reducidas. Se puede hallar referencias en [4] [5]. Parte de las siguientes premisas:

1) La madera está compuesta de células huecas (a los huecos de los lúmenes se los denomina macrocapilares). 2) La densidad de la pared celular como tal es constante. 3) La pared celular posee una higroscopicidad constante (denominada humedad de saturación de fibras). 4) La pared celular posee microcapilares. 5) Hay dos formas de que el agua se ubique en la madera; adsorbiéndose en los microcapilares de la pared celular o llenando los macrocapilares de los lúmenes. 6) El hinchamiento de la madera por el agua se debe a su ingreso en la pared celular hasta que se llega a la humedad de saturación de fibras. Por lo tanto, numéricamente el volumen de saturación de fibras es igual al peso de saturación de fibras. 7) Mayor cantidad de agua que ingrese va a llenar los macrocapilares aumentando el peso pero no el volumen. De las premisas antedichas se desprenden las siguientes expresiones:

$$PM = P_m + P_{sf} + P_c \quad (1)$$

Donde PM es el peso de la madera saturada o peso máximo, P_m es el peso seco o peso mínimo, P_{sf} el peso del agua para saturar las fibras, y P_c el peso del agua que llena los macrocapilares. De ella se puede calcular la diferencia de peso entre madera seca y saturada.

$$PM - P_m = \Delta P = P_{sf} + P_c \quad (2)$$

o numéricamente igual:

$$\Delta P = V_{sf} + V_c \quad (3)$$

operando se llega a las expresiones siguientes que permiten determinar los volúmenes sin medirlos experimentalmente:

$$VM = \frac{P_m}{D_p} + \Delta P - H_{sf} \times P_m \quad (4)$$

Donde D_p es la densidad de pared constante (se toma entre 1,48 y 1,53 g/cm³ según los autores), y H_{sf} es la humedad de saturación de fibras también constante (se

toma entre 0,27 y 0,35 es decir 27 a 31% base seca).

$$VM = \frac{P_m}{D_p} + \Delta P \quad (5)$$

Donde VM es el volumen saturado, es decir el volumen máximo.

De las definiciones de las densidades y operando, se puede llegar a diversas expresiones que relacionan las incógnitas con los datos que se posean en cada caso. Para las densidades básica (D_b) y seca (D_s) se obtienen las siguientes fórmulas. Se requieren conocer cuatro valores: el peso y el volumen de la muestra en condiciones de saturación y totalmente seca.

$$D_b = \frac{P_m}{\frac{P_m}{D_p} + \Delta P} = \frac{1}{\frac{1}{D_p} + \frac{\Delta P}{P_m}} \quad (6)$$

$$D_s = \frac{P_m \times D_p}{P_m + D_p (\Delta P - P_m \times H_{sf})} \quad (7)$$

y la relación entre ellas

$$D_b = \frac{D_s}{1 + (D_s \times H_{sf})} \quad (8)$$

De conocerse los dos volúmenes, máximo y mínimo, se puede utilizar la fórmula de conversión siguiente:

$$D_b = D_s \times \frac{V_m}{VM} \quad (9)$$

Es oportuno destacar que en este estudio se realizaron todas las determinaciones llevando las muestras de madera desde su estado seco al aire hasta el de máximo volumen. Necesariamente deberá ser completado oportunamente con las determinaciones de relación de los dos tipos de densidades desde el volumen verde original hasta el estado seco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando las expresiones anteriores se calcularon las densidades secas y básicas para cada muestra y se relacionaron. De las cerca ciento cincuenta determinaciones efectuadas en el período, antedicho, se van a utilizar solamente las series que se realizaron a temperatura no mayor de 60°C y a presión atmosférica. En condiciones más drásticas, aunque la impregnación máxima se consi-

guió en poco tiempo, se observó considerable disolución de componentes de la pared celular, particularmente del complejo hemicelulosa-lignina. Hay indicios, además, de que en estas condiciones se modifica la estructura interna del material, y por ende no mantienen necesariamente el comportamiento del modelo. Recientemente *Trugilho et al.* hallaron la misma problemática al tratar de impregnar madera en condiciones drásticas para determinar densidad básica, y obtuvieron valores menores por este camino. [6]

La mayoría de las determinaciones se realizaron sobre especies del género *Eucalyptus* provenientes de la provincia de Misiones y norte de Corrientes. La especie más abundante fue *E. grandis*, aunque hay también *E. camaldulensis*. Muchas de las muestras, especialmente de las plantaciones más antiguas, cuyas semillas provenían de Río Claro Brasil, son de plantaciones de híbridos naturales de padres indeterminados.

En una última serie, realizada ex profeso para este trabajo, se seleccionaron maderas de la dendrooteca del PRO-CYP realizando la selección con el criterio de abarcar un amplio espectro de densidades. Las especies utilizadas en este caso fueron principalmente de latifoliadas de la Selva Paranaense, agregándose *E. grandis* de la provincia de Entre Ríos y *E. globulus* del sudeste de la provincia de Buenos Aires, y *Pinus elliotti* de Misiones. La lista de las especies utilizadas se describen en la Tabla N° 1.

TABLA N° 1. Lista de especies utilizadas.

Nombre	Procedencia	N° de especímenes
<i>Araucaria angustifolia</i>	Prov. de Misiones	2
<i>Cecropia adenopus</i>	Prov. de Misiones	1
<i>Didimopanax morototoni</i>	Prov. de Misiones	1
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Prov. de Corrientes	4
<i>Eucalyptus cinerea</i>	Prov. de Bs. As.	1
<i>Eucalyptus dunni</i>	Prov. de Bs. As.	2
<i>Eucalyptus globulus</i>	Prov. de Bs. As.	2
<i>Eucalyptus grandis</i>	Prov. Mis., Corr. y E.R.	12
<i>Eucalyptus</i> sp.	Prov. Mis., Corr. y E.R.	20
<i>Eucalyptus viminalis</i>	Prov. de Bs. As.	2
<i>Gleditzia triacanthos</i>	Prov. de Bs. As.	1
<i>Ocotea suaveolens</i>	Prov. de Misiones	1
<i>Pinus elliotti</i>	Prov. de Misiones	2
<i>Salix</i> sp.	Delta del Paraná	1
<i>Schinopsis</i> sp.	Prov. de Sgo. del Estero	1
<i>Solanum leprosum</i>	Prov. de Misiones	1
<i>Trema micrantha</i>	Prov. de Misiones	1

Se utilizaron dos métodos para la medición de volúmenes de acuerdo al equipamiento del sitio de realización. El primero es el de desplazamiento. Se llena hasta

el rebalse un recipiente espacialmente preparado y se coloca encima de un embudo que lo excede en su diámetro. Se toma una rodaja de madera exenta de humedad y se la pesa. A continuación se introduce en el recipiente con agua, se junta el volumen rebalsado que se mide en una probeta, y se vuelve a pesar. Se calcula el volumen sumando el peso del líquido desplazado más la diferencia de peso de la rodaja antes y después de la inmersión.

Es de destacar que la norma TAPPI correspondiente T 258-om 94, cubre las rodajas secas con parafina para evitar la absorción de agua. Se ha comprobado que, en las condiciones utilizadas, ello no es necesario si se realiza la corrección de peso (1) (2). Comparando las densidades obtenidas en cuerpos geométricos de madera de volumen conocido, los resultados son iguales hasta la centésima de g/cm^3 .

El segundo método utiliza el principio de Arquímedes: Se coloca encima de la balanza un recipiente con agua en el que se puedan sumergir las rodajas y se lleva la tara a cero. Se clava en la rodaja, pesada en estado seco, un tridente para sujetarla y se introduce en el líquido midiendo el peso en la balanza. Se considera como volumen la diferencia entre el peso en el aire y el peso en el agua. El tridente consiste en una varilla rígida que termina en un extremo en tres puntas dirigidas hacia abajo formando un triángulo equilátero. Las puntas se clavan en el corte transversal de la rodaja.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla N° 2, dividida en dos partes y ubicada en el anexo al fin del trabajo, se enumeran los datos experimentales de densidades, como así también los valores correspondientes de las distintas expresiones utilizadas para relacionarlos.

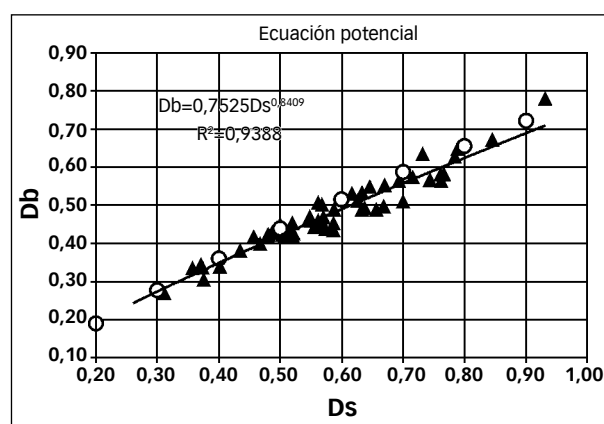


FIGURA 1. Relación entre densidad básica y densidad seca de las muestras estudiadas (triángulos rellenos), y la curva correspondiente (línea negra) cuya ecuación figura en el ángulo superior derecho. Los puntos blancos corresponden a la curva teórica del modelo, ecuación [7].

En el gráfico de la Figura N° 1 se muestra la relación entre densidad básica y densidad seca de todas las muestras consideradas en este análisis.

Se puede observar que los 55 puntos se distribuyen de manera que pueden ser representados por la ecuación (10) que es de tipo potencial, con un coeficiente de correlación de 0,9388. Se ve también que el alejamiento de la curva de la ecuación empírica del comportamiento teórico, representada por los puntos blancos, tiende a aumentar con la densidad. Esta diferencia comienza con 0,01 g/cm³ y llega a densidad seca de 0,90 a 0,03 g/cm³.

$$Db = 0,7525.Ds^{0,8409} \quad R^2 = 0,9388 \quad (10)$$

Se puede utilizar una ecuación lineal para representar los valores empíricos hallados, que da un coeficiente de correlación algo menor, 0,9333 pero, como se ve en la Figura N° 2, representa mejor la ubicación de los pares de valores de densidades altas. Al margen de que la ecuación teórica del modelo utilizada, es decir la (8) no es lineal, las diferencias están en el orden de una o dos centésimas, por lo que resulta conveniente su utilización para la conversión de densidades. La ecuación lineal aludida es la (11), que se representa por círculos blancos en el gráfico de la Figura N° 2.

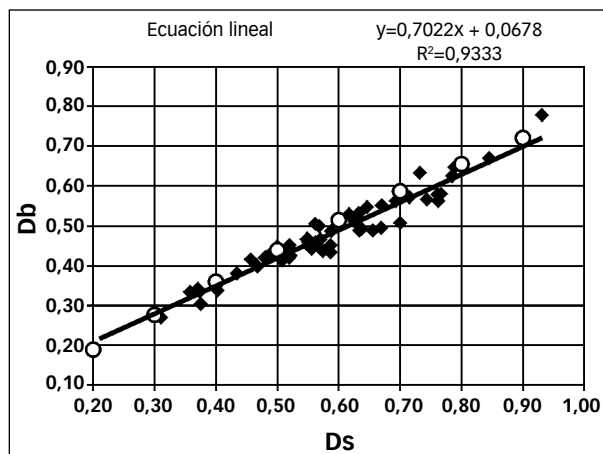


FIGURA 2. Relación entre densidad básica y densidad seca de las muestras estudiadas (triángulos rellenos), y la curva correspondiente (línea negra) cuya ecuación figura en el ángulo superior derecho. Los puntos blancos corresponden a la curva teórica del modelo, ecuación [7].

$$Db = 0,7022 \times Ds + 0,0678 \quad R^2 = 0,9333 \quad (11)$$

En primera instancia se puede decir que los pares de valores de los dos tipos de densidades, se correlacionan siguiendo una función que se puede representar de forma ajustada a través de expresiones tanto potencial como lineal.

Con respecto al modelo de comportamiento de la ma-

dera, es notorio que se aproxima de manera apreciable al real, como se puede observar comparando las dos últimas columnas de la derecha de la Tabla N° 1. Las diferencias se pueden modificar variando el valor de la constante de humedad de saturación de fibras de la ecuación teórica, que para estos cálculos se tomó como 29,0%.

Cuando se utilizan valores diferentes, por ejemplo 27% que es el valor que se puede obtener utilizando los datos reales, u otros mayores como 33%, las diferencias de la última columna se modifican según el tipo de las ecuaciones, aumentando en un rango y disminuyendo en otro, siendo dichas variaciones del orden de 1 a 3 centésimas de g/cm³.

Puesto que las determinaciones de densidad se pueden considerar como destructivas, en el sentido que la misma muestra no puede medirse más de una vez, no es fácil determinar la reproductibilidad de los métodos utilizados. Sin embargo la determinación de densidades en rodajas sucesivas, que se han realizado en el desarrollo del trabajo en madera de *Eucalyptus grandis*, dan diferencias del orden de 1 a 1,5 centésimas de g/cm³, es decir del orden de más de la mitad de la diferencias observadas entre el comportamiento real y el teórico.

Analizando la importancia de las diferencia implicadas, es decir 1 a 3 centésimas de g/cm³, en el control y utilización de la madera en los procesos de elaboración, se entiende que no son de significancia, y por lo tanto la expresión de conversión empírica entre densidad seca y densidad básica se puede tomar como una herramienta válida para transformar una en otra.

Es importante destacar que la similitud entre el comportamiento real y el del modelo de comportamiento de las maderas estudiadas, da fundamento a la validez de la ecuación empírica.

Con respecto al desvío mayor de los datos de densidades más altas, se podría justificar atendiendo a la dificultad de impregnar la maderas muy densas. Para el caso de la industria papelera ello no posee relevancia, puesto que no utilizan maderas de tan altas densidades.

Por lo tanto el presente trabajo propone utilizar la Tabla N° 3 para la conversión de densidades secas a densidades básicas, a partir de la determinación de la densidad seca.

CONCLUSIONES

La determinación de densidades secas y básicas de 55 muestras de madera de diversas densidades, se pudieron relacionar con expresiones potenciales y lineales con coeficientes de correlación mayores a 0,93.

Se propone elegir para la conversión de una forma de

TABLA Nº 3. Tabla propuesta para la conversión de densidades secas a densidades básicas.

Ds	Db	Ds	Db	Ds	Db
0,20	0,20	0,46	0,40	0,72	0,57
0,22	0,22	0,48	0,41	0,74	0,58
0,24	0,24	0,50	0,43	0,76	0,59
0,26	0,25	0,52	0,44	0,78	0,61
0,28	0,27	0,54	0,45	0,80	0,62
0,30	0,28	0,56	0,47	0,82	0,63
0,32	0,30	0,58	0,48	0,84	0,64
0,34	0,31	0,60	0,49	0,86	0,66
0,36	0,33	0,62	0,50	0,88	0,67
0,38	0,34	0,64	0,52	0,90	0,68
0,40	0,36	0,66	0,53	0,92	0,69
0,42	0,37	0,68	0,54	0,94	0,70
0,44	0,38	0,70	0,56	0,96	0,72

densidad a otra la expresión lineal, que se acerca algo más a los valores reales en el rango de las altas densidades.

Se propone esta expresión para su uso en los ámbitos que la requieran, como los sectores de materia prima de los empresas de elaboración de la madera.

Se hallaron valores similares de conversión utilizando el modelo de comportamiento de la madera con el agua, existiendo, en el rango de densidades papeleras, diferencias entre la expresión empírica y la teórica de entre 0 y 3 centésimas de g/cm³. Estas diferencias reducidas entre el comportamiento real y teórico corroboran la validez de la expresión hallada.

La fórmula propuesta de conversión es la siguiente:

$$Db = 0,7525.Ds^{0,8409} \quad R^2 = 0,9388$$

REFERENCIAS

1. Núñez, Carlos Eduardo; Ely, Rubén

“Medición de Densidades de Madera de Eucalyptus Utilizada para Pasta, Provenientes de Misiones y Norte de Corrientes I. Métodos”. ATIPCA, Año 27, Nº 3 - Págs. 28 a 34. 1988.

2. Núñez, Carlos Eduardo; Ely, Rubén; Pascutti, Roberto

“Medición de Densidades de Madera de Eucalyptus Utilizada para Pasta, Provenientes de Misiones y Norte de Corrientes. II Valores, Variabilidad y Tipos”. ATIPCA. Año 28, Nº 3. 1989.

3. Smith, D. M.

1954. “Maximun moisture content method for determining specific gravity of small wood samples”. Forest Products Laboratory. Forest Service. Wisconsin, USA.

4. Jugo Ilic; Boland, Doug; McDonald, Maurice; Downes, Geoff; Blakemore, Philip

“Woody Density”. Technical Report Nº 18. 1999. The Australian Greenhouse Office. National Carbon Account-

ing System. www.greenhouse.gov.au/ncas.

5. Schmidt, Ron E.

“A Method for Determining the Moisture Content and Specific Gravity of Wood Chips in a Pressured Water System”. TAPPI 51 Nº 4, p.164. 1968.

6. Trugilho, P. F.; Lima, J. T.; Regazzi, A. J.; Moreira da Silva, J. R.

“Efeito da Agua Quente e Pressão na Determinação da Densidade Básica de Madeira”. Scientia Forestalis Nº 62, ps. 40 a 47. Brasil. 2002.

Recibido: 07/12/06.

Aprobado: 27/09/07.

• Carlos Eduardo Núñez.

Técnico Químico (especializado en anatomía y química de la madera y en pulpados químicos.). Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Misiones, siendo cofundador del Programa de investigación de Celulosa y Papel, PROCYP, dependencia en la que sigue trabajando en la actualidad. Investigador Sin Categoría. Tiene realizados unos cuarenta trabajos de investigación.

ANEXO

TABLA N° 2. Valores experimentales de densidades y de las expresiones que los relacionan.

Ds Exper. (1)	Db Exper (2).	Ec. empír. potenc. (3)	Diferen. (3) – (2)	Ec. empír. lineal (4)	Diferen. (4) – (2)	Ec. teórica (5)	Diferen. (5) – (4)
0,31	0,27	0,282	0,01	0,286	0,02	0,286	0,00
0,38	0,30	0,330	0,03	0,331	0,03	0,340	0,01
0,36	0,33	0,317	-0,02	0,319	-0,02	0,325	0,01
0,37	0,34	0,329	-0,01	0,330	-0,01	0,338	0,01
0,40	0,34	0,350	0,01	0,350	0,01	0,362	0,01
0,37	0,34	0,327	-0,02	0,328	-0,01	0,336	0,01
0,43	0,38	0,373	-0,01	0,373	-0,01	0,387	0,01
0,47	0,40	0,397	0,00	0,396	0,00	0,414	0,02
0,51	0,41	0,426	0,01	0,424	0,01	0,445	0,02
0,46	0,42	0,389	-0,03	0,389	-0,03	0,405	0,02
0,51	0,42	0,425	0,01	0,424	0,01	0,445	0,02
0,52	0,42	0,434	0,01	0,433	0,01	0,454	0,02
0,48	0,42	0,405	-0,01	0,404	-0,02	0,423	0,02
0,50	0,42	0,422	0,00	0,421	0,00	0,442	0,02
0,48	0,42	0,407	-0,01	0,406	-0,02	0,424	0,02
0,51	0,42	0,428	0,00	0,427	0,00	0,448	0,02
0,52	0,43	0,435	0,01	0,434	0,01	0,455	0,02
0,49	0,43	0,411	-0,02	0,410	-0,02	0,429	0,02
0,59	0,43	0,480	0,05	0,480	0,05	0,505	0,03
0,52	0,44	0,431	0,00	0,430	-0,01	0,451	0,02
0,57	0,44	0,472	0,03	0,471	0,03	0,496	0,02
0,56	0,44	0,459	0,02	0,458	0,02	0,482	0,02
0,57	0,45	0,467	0,02	0,466	0,02	0,491	0,02
0,50	0,45	0,420	-0,03	0,419	-0,03	0,439	0,02
0,59	0,45	0,481	0,03	0,480	0,03	0,505	0,03
0,52	0,45	0,434	-0,02	0,433	-0,02	0,454	0,02
0,55	0,46	0,455	0,00	0,454	0,00	0,478	0,02
0,56	0,46	0,464	0,00	0,462	0,00	0,487	0,02
0,57	0,47	0,469	0,00	0,468	0,00	0,493	0,02
0,55	0,47	0,454	-0,01	0,452	0,01	0,476	0,02
0,55	0,47	0,454	-0,01	0,453	0,02	0,476	0,02
0,59	0,49	0,481	-0,01	0,481	0,01	0,506	0,03
0,63	0,49	0,512	0,02	0,512	0,02	0,539	0,03
0,66	0,49	0,528	0,04	0,529	0,04	0,556	0,03
0,64	0,49	0,515	0,02	0,515	0,02	0,542	0,03
0,67	0,50	0,536	0,04	0,537	0,04	0,565	0,03
0,57	0,50	0,468	-0,03	0,467	0,03	0,491	0,02
0,56	0,51	0,463	-0,04	0,462	0,04	0,487	0,02
0,70	0,51	0,558	0,05	0,559	0,05	0,587	0,03
0,63	0,51	0,507	0,00	0,507	0,00	0,534	0,03
0,62	0,53	0,501	-0,03	0,501	0,03	0,528	0,03
0,63	0,53	0,512	-0,02	0,512	0,02	0,539	0,03
0,65	0,55	0,521	-0,03	0,521	0,03	0,548	0,03
0,67	0,55	0,537	-0,01	0,538	0,01	0,566	0,03
0,76	0,56	0,599	0,04	0,603	0,04	0,630	0,03
0,69	0,56	0,553	-0,01	0,554	0,01	0,582	0,03
0,74	0,57	0,587	0,02	0,590	0,02	0,618	0,03
0,72	0,57	0,568	0,00	0,570	0,00	0,598	0,03
0,76	0,58	0,598	0,02	0,602	0,02	0,629	0,03
0,77	0,58	0,601	0,02	0,606	0,03	0,633	0,03
0,78	0,63	0,614	-0,01	0,619	0,01	0,645	0,03
0,73	0,63	0,579	-0,05	0,582	0,05	0,609	0,03
0,79	0,65	0,616	-0,03	0,621	0,03	0,648	0,03
0,85	0,67	0,653	-0,02	0,661	0,01	0,685	0,02
0,93	0,78	0,709	-0,07	0,722	0,06	0,740	0,02

Referencias: La primera columna representa los valores experimentales de densidad seca (Ds), y la segunda a las densidades básicas (Db) experimentales correspondientes. La tercer columna da los valores de la ecuación empírica potencial que correlaciona los pares de valores experimentales. La cuarta columna da las diferencias entre los valores de la ecuación potencial y los correspondientes experimentales. En la quinta columna se muestran los valores que da la ecuación empírica lineal y en la siguiente las diferencias entre éstos y los valores experimentales. En la ante última columna se listan los valores que resultan de utilizar la ecuación (8) del modelo de comportamiento agua-madera, y en la última las diferencias para las distintas densidades entre la ecuación teórica y la empírica lineal.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 51-58

CORROSIÓN SEVERA EN PAREDES DE ALUMINIO DE CÁMARAS DE SECADO

Elsa R. Ruiz; Claudia M. Méndez, Jorge E. Thomas; Carlos D. Gruber.

Laboratorio Corrosión, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1554, (C.P. 3300), Posadas, Misiones, Argentina.
(eruiz@fceqyn.unam.edu.ar).

SEVERE CORROSION IN ALUMINUM WALLS IN DRYING CHAMBERS

ABSTRACT

Drying chambers built in aluminum suffer from corrosion attack in the lower area, in contact and next to the floor. They work at dry bulb temperature of $T_{db}=100-110^{\circ}\text{C}$ and humid bulb $T_{hb}=65-80^{\circ}\text{C}$.

In order to study the reason for the attack to the chambers and place where it is produced, chemical and electrochemical studies were carried out together with microscopic observations. Samples with the concrete from the places above mentioned were prepared, obtaining a $\text{pH}=10,63$ whitewash. A CaO , $\text{pH}=12,5$ saturated solution was used as well as a $\text{pH}=10,6$ one. Measurements of polarization were carried out so as to get familiar with the system, and the ASTM: G48-76 Norm was tested at open circuit in a T_{hb} whitewash. Attack depth measurements were made. The objective of the present work was to characterize the damage suffered by Aluminum. This damage results in a generalized and localized corrosion.

KEYWORDS: aluminum, concrete, high temperature.

RESUMEN

Las cámaras de secado construidas en aluminio sufren ataque por corrosión en la zona inferior, en contacto y cercana al piso. Trabajan a una temperatura de bulbo seco de $T_{bs}=100-110^{\circ}\text{C}$ y bulbo húmedo $T_{bh}=65-80^{\circ}\text{C}$.

Para estudiar la razón del ataque de las cámaras y el sitio donde se produce, se llevaron a cabo estudios químicos, electroquímicos y observaciones microscópicas. Se prepararon soluciones con el concreto proveniente de los lugares en cuestión, obteniéndose una lechada de $\text{pH}=10,63$. Se trabajó también con solución saturada de CaO , $\text{pH}=12,5$ y con otra de $\text{pH}=10,6$. Se realizaron medidas de polarización, para familiarizarse con el sistema, y se probó la Norma ASTM: G48-76 a circuito abierto en lechada a T_{bh} . Se efectuaron medidas de profundidad de ataque. El objetivo del presente trabajo es caracterizar el deterioro sufrido por el Aluminio. Este deterioro resulta en una corrosión generalizada y localizada.

PALABRAS CLAVE: aluminio, concreto, alta temperatura.

INTRODUCCIÓN

Un aserradero cuenta con 20 cámaras de secado en servicio desde hace 4 años, de las cuales solo 5 sufren corrosión. Las cámaras de secado están distribuidas una a continuación de la otra con una pared en común. Las paredes están construidas por planchas de aluminio separadas por un aislante térmico.

La estructura de cada cámara de secado se mantiene solidaria al piso mediante vínculos fijos con concreto como material de relleno. El interior de cada cámara posee, además del concreto inmediatamente cercano a las paredes, un piso de hormigón armado recorrido por rieles apostados en el centro de cada cámara, sobre los que se ingresan vagonetas conteniendo los listones de madera a secar. Las cámaras trabajan a una temperatura de bulbo seco de 100-110°C y de bulbo húmedo de 80-65°C. Para lograr estas temperaturas se utilizan radiadores para vapor, ventiladores (aire a 5 m/seg) y agua industrial (pH=7). La temperatura de bulbo húmedo se mide con sensores que están desbordando agua. Como el proceso de secado es batch, al final de cada etapa se pueden observar, en contacto con las paredes de aluminio: zonas limpias, agua que sobrenada (proveniente de los sensores), acumulación de aserrín húmedo, y concreto húmedo. Cabe hacer mención que el hormigón de la zona de rieles cuenta con un concreto inmune a las condiciones de trabajo.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el deterioro sufrido en determinados sitios de las paredes de las cinco cámaras de secado, determinar la razón del ataque sobre estas y no todas las cámaras de secado, y proponer una solución al problema. Para ello se llevaron a cabo estudios químicos, electroquímicos y observaciones microscópicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para identificar el medio de exposición real, se molió y pulverizó una porción de la muestra del concreto cercano a las paredes, de las cámaras afectadas. Se extrajeron 50 g del polvo resultante, pesados con una exactitud de $\pm 0,01$ g [1]. Se preparó una “lechada”, introduciendo este polvo en un recipiente al que se le había extraído el aire y entonces se mezcló con agua destilada tal que la relación en peso agua: concreto sea 1. Esta lechada se mantuvo por un lapso de 3 (tres) días durante los que se agitó la mezcla periódicamente. Después de cumplido el tiempo estipulado se filtró la muestra, y se la fraccionó en dos recipientes.

Para precisar la solución a preparar, se realizó un aná-

lisis químico. Se utilizó una de las fracciones de solución, para la determinación de la concentración de OH^- , $[\text{OH}^-]$. Para ello se tituló la lechada con solución 0,1 N de HCl, seleccionándose como 7 (siete) la marca del punto final para la titulación de $[\text{OH}^-]$, de manera tal de tener en cuenta cualquier especie OH^- que se haya carbonatado durante la preparación total. Se empleó fenoftaleína como indicador de color, viraje rápido. Al conocer el volumen de solución incógnita valorada, el volumen de solución ácida necesaria para la neutralización y su concentración, se obtuvo la concentración de hidróxido y por ende el pH de la lechada (pH_{lech}). Se encontró un valor resultante de, $\text{pH}_{\text{lech}}=10,63$. La otra fracción se tituló utilizando el método argentométrico [2]. Se sabe que mediante éste se puede hallar la concentración de cloruros presentes, por valoración con nitrato de plata y cromato potásico como indicador del punto final. El valor obtenido fue, $[\text{Cl}^-]=56,1$ ppm.

Una vez “descubierta” la solución real se decidió adicionar otras soluciones de trabajo. Los electrolitos utilizados en este estudio fueron: (a) medio simulado, solución saturada de CaO^1 comercial cuyo valor de pH es 12,5; (b) solución ajustada a pH=10,6 (el pH=10,6 se alcanzó mediante el agregado de ácido sulfúrico a la solución saturada de CaO de pH=12,6, $[\text{SO}_4]=1344$ ppm) ambas soluciones contenían $[\text{Cl}^-]=56$ ppm (por adición de NaCl a las soluciones descriptas) y (c) medio de planta, “lechada”.

Para caracterizar los diferentes sistemas y estudiar sus comportamientos relativos se llevaron a cabo pruebas electroquímicas. Se comenzó otorgándoles distintas denominaciones a las muestra utilizadas. Los especímenes empleados como electrodos de trabajo fueron porciones de planchas de aluminio de la serie 5000, una aleación base Al con agregado de Mg, extraídas de diferentes lugares de las cámaras y, Al 99,99, existente en la metaloteca de nuestro laboratorio. Para su diferenciación, se los denominó: (a) pared, porción sana de una pared atacada; (b) perfil atacado, material sano extraído de un zócalo atacado; (c) perfil sin atacar; zócalo repuesto y aún sin ataque y (d) Al 99, material aportado por este laboratorio.

Se decidió realizar diferentes medidas de polarización potenciodinámica sin la intervención de oxígeno que, si bien está presente en el medio real, no permite apreciar el comportamiento de cada sistema, electrodo/medio. Para

1- El constituyente principal del cemento es el CaO y durante la fabricación del concreto éste reacciona con el H_2O de mezcla para formar $\text{Ca}(\text{OH})_2$, hidróxido de calcio. El pH de una solución saturada de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ es 12,5.

ello se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos: trabajo, electrodo de referencia de calomel y auxiliar de platino. Se aplicaron las “Prácticas Normalizadas para Medidas Electroquímicas en Pruebas de Corrosión”² [3]. Se empleó para estas medidas un Potenciostato LYP M6 (asistido siempre por un multímetro BRYMEN Mobile-Logger DMM). Todas las medidas se llevaron a cabo bajo burbujeo de N_2 , antes y durante las mismas, en y sobre solución respectivamente. Los especímenes se catodizaron durante 10 min a 2000 mV/ECS y a partir de allí se comenzó el barrido hacia potenciales más anódicos, a una velocidad de 1mV/seg. Su superficie fue pulida con papel abrasivo de carburo de silicio hasta alcanzar una granulometría de 1200, acabada con alúmina grado 2 y enjuagada con agua tridestilada. Se mantuvo la temperatura de las experiencias a 80°C, empleando un termostato ELECTROTEM.

Se llevaron a cabo Medidas a Potencial de Circuito Abierto, según el “Método de Prueba Normalizada para Corrosión por Picado y Crevice”³ [4]. Se montaron en dos recipientes dos especímenes (uno por recipiente) del material proveniente de la pared de una de las cámaras de secado, con sus estimuladores o generadores de crevice, uno sumergido y otro suspendido en lechada conteniendo

polvo fino de concreto. Se los mantuvo cerrados a una temperatura de 80°C. Se utilizaron como estimuladores arandelas de teflón, de 14 mm de diámetro exterior y 7 mm de diámetro interior, con sus sujetadores. Después de 10 días se extrajeron las muestras para observar el avance del ataque.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

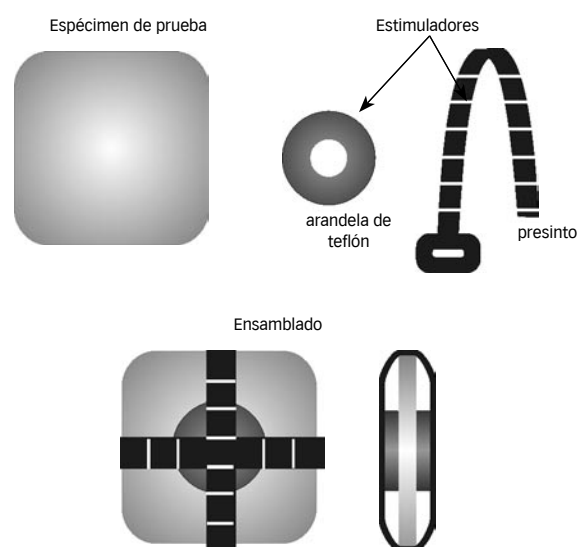
-Se presenta, en la Figura 1, el diagrama esquemático de un corte lateral y una fotografía representativa de la “zona problema”, proveniente de la inspección visual de una cámara dañada.

En condiciones de operación, el material de la pared está en contacto con concreto y posee partículas adheridas provenientes de éste. El aserrín mojado se deposita en la zona inferior, sobre el concreto, ver Figura 1; zona donde el agua no sobrepasa el nivel del piso, concreto mojado. La solución formada, lechada, proviene del contacto de un concreto (cemento) fácilmente erosionable, y agua proveniente de la inundación de la instalación para medida de temperatura de bulbo húmedo. Esto resulta en un ataque localizado que destruye severamente al aluminio. Además es importante mencionar que la madera contie-

2- Práctica de Normas referentes a convenciones aplicables a medidas electroquímicas en pruebas de corrosión. Esta práctica proporciona las formas convencionales de presentar y graficar las medidas electroquímicas en estudios de corrosión. Se incluyen las convenciones de signos para potencial y densidad de corriente también como las correspondientes a presentación gráfica de datos.

3- Métodos de prueba normalizados para resistencia a la corrosión por picado y crevice de aceros inoxidables y aleaciones relacionadas, por el uso de soluciones de cloruro férrico. Estos métodos cubren procedimientos para la determinación de resistencia a la corrosión por picado y crevice de aceros inoxidables y aleaciones relacionadas cuando se exponen a medios oxidantes con cloruro. Presenta dos procedimientos identificados como A y B, pruebas de inmersión total en cloruro férrico y prueba de crevice en cloruro férrico, respectivamente. El método A está pensado para evaluar la resistencia relativa al picado de los aceros inoxidables, de aleaciones base níquel, y aleaciones que poseen cromo, mientras el método B puede usarse para determinar ambos la resistencia a la corrosión por picado y crevice de estas aleaciones. Estas pruebas se pueden emplear para determinar los efectos de los aditivos aleantes, tratamiento térmico y acabado superficial sobre la resistencia a la corrosión por crevice y picado. Se trabaja con solución de cloruro férrico de una concentración definida por la norma, y después con las soluciones propias. Los

especímenes a ser sometidos deben tener las mismas dimensiones, formas y terminación superficial. Deben ser pesados antes de la exposición. Después de un tiempo conveniente se extraen los especímenes del medio, se limpian, se pesan y se lleva a cabo el examen y evaluación de los mismos, visual, fotográfico, de pérdida de peso, medida de profundidad máxima de pit, medida de profundidad promedio, densidad de pit, profundidad de crevice. En este trabajo se evaluó el daño utilizando el método B, por ellos se muestra un diagrama esquemático del ensamble.



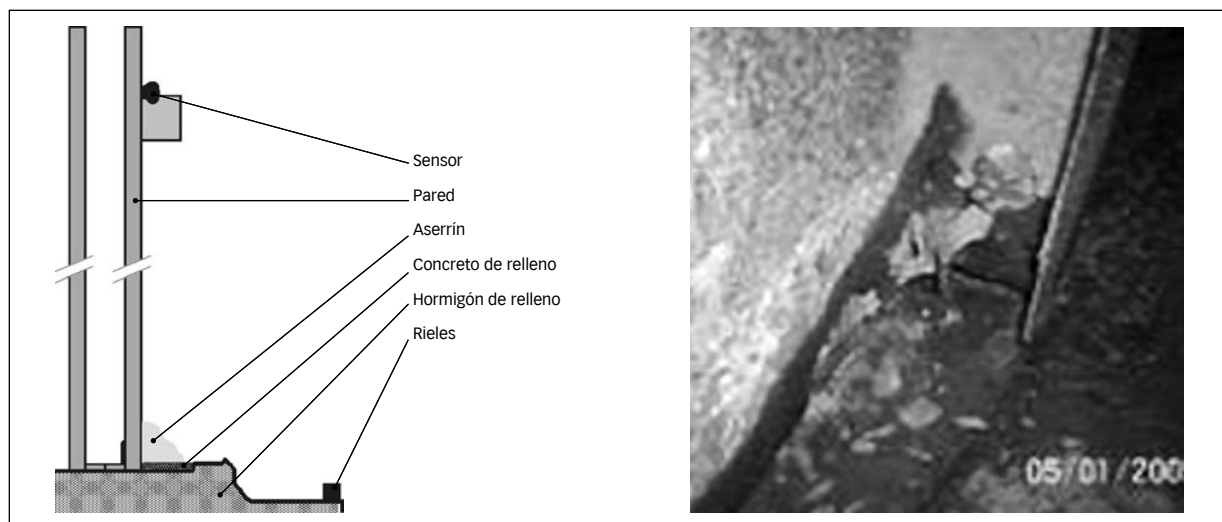


FIGURA 1. Esquema y fotografía de la zona atacada.

ne Fe, Cu, Mn, resinas fenólicas, arrastra tierra laterítica (que, entre otros, posee Fe como sulfato férrico). No se hace referencia aquí a la zona cercana al medidor, que posee mucha agua y que, por ende, no contendría partículas que se incrusten, ni concentración suficiente de oxígeno. Tampoco se halla ataque en las zonas limpias del piso. Cabe destacar que el hormigón, sobre el que se apoyan los rieles, posee un concreto de alta calidad y no se erosiona. Las cámaras de secado que no sufrieron daño presentaban una superficie libre de productos de erosión de concreto, a diferencia de las que sí presentaron ataque.

-Las medidas potenciodinámicas correspondientes a $\text{pH}=12,5$ y $10,6$ se pueden visualizar en la Figura 2 (a) y (b), respectivamente. Se observa que a $\text{pH}=12,5$ las densidades de corriente catódicas iniciales, i_{cat} , son tales que $i_{\text{cat,perf.s/atacar}} < i_{\text{cat,perf. atacado}} \approx i_{\text{cat,Al 99,9}} < i_{\text{cat,pared}}$. Los Eca, si bien presentan valores cercanos, exhiben una tendencia $E_{\text{ca,perf. atacado}} < E_{\text{ca,Al 99,9}} < E_{\text{ca,pared}} \approx E_{\text{ca,perf.s/atacar}}$ (el símbolo “<” corresponde a, en este caso, menos anódico). Para densidades de corriente positivas, a medida que aumenta la polarización en el sentido anódico, se observan aumentos de las densidades de corriente de perfil atacado y metal Al99,99; no es así en las correspondientes a, pared y perfil sin atacar. Con el transcurso del barrido, tanto el perfil atacado como el Al99,99, responden con disminución del valor de sus densidades de corriente tal que todos los materiales tienden a, $\log i_p \approx 0,23 \text{ mA/cm}^2$, (i_p : densidad de corriente pasiva).

A $\text{pH}=10,6$ se observa que las i_{cat} iniciales, son, $i_{\text{cat,perf. atacado}} < i_{\text{cat,pared}} \ll i_{\text{cat,perf.s/atacar}}$. Los Eca son tales que, $E_{\text{ca,perf. atacado}} < E_{\text{ca,pared}} \ll E_{\text{ca,perf.s/atacar}}$. A medida que aumenta la polarización en el sentido anódico se observa que las densidades de corriente i_p , varían con el aumento del potencial según, $i_{p,pared} < i_{p,perf. atacado} < i_{p,perf.s/atacar}$. El

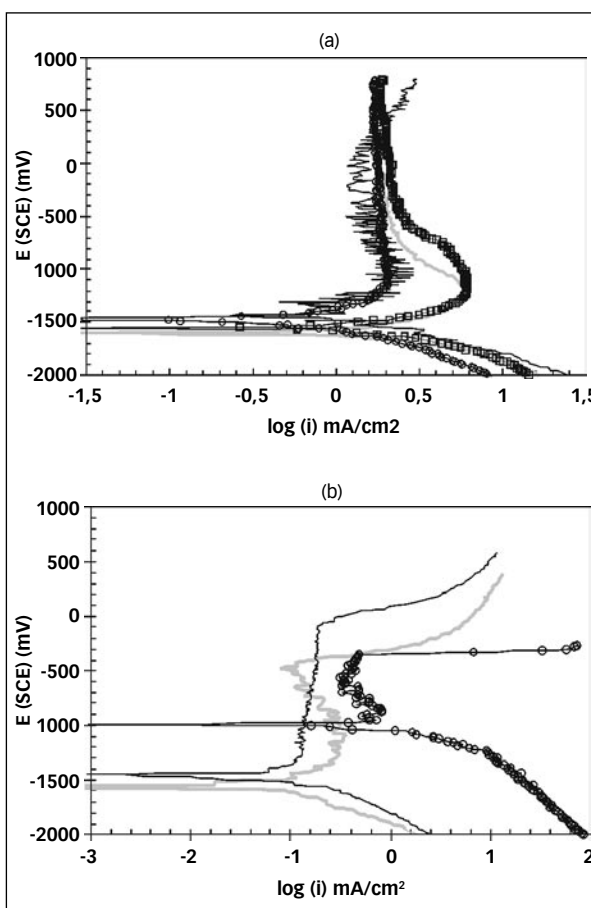


FIGURA 2. Resultados de medidas potenciodinámicas, en medio simulado: (a) $\text{pH} = 12,5$ y (b) $\text{pH} = 10,6$. a: —□— Al99, — Perfil atacado, — Pared, —○— Perfil sin atacar. b: — Perfil atacado, — Pared, —○— Perfil sin atacar.

potencial de disolución, E_p , varía en el sentido $E_{p,perf. atacado} \approx E_{p,perf.s/atacar} < E_{p,pared}$. Si ahora se observa el rango de potencial pasivo, $\Delta E_{\text{pas.}}$, se tiene $\Delta E_{\text{pas. pared}} > \Delta E_{\text{pas. perf. atacado}} > \Delta E_{\text{pas. perf.s/atacar}}$.

Al comparar las $i_{cat.}$ a ambos pHs, las $i_{cat.pH=12,5} > i_{cat.pH=10,6}$ excepto en el caso de las correspondientes a perfil sin atacar donde la relación se invierte. Los Eca son similares, $E_{ca} \approx -1500$ mV, excepto $E_{ca_{perf.s/atacar}} \approx -1000$ mV, a pH=10,6. Con respecto a las i_p , $i_{p.pH=12,5} < i_{p.pH=10,6}$.

A continuación se muestran las velocidades de corrosión en términos de penetración, mm/año, Tabla N°1. Se debe tener en cuenta que los valores así obtenidos corresponden a corrosión uniforme y que según la bibliografía resultados mayores a 0,125 mm/año, se consideran excesivos desde el punto de vista del diseño, para un sistema material-medio.

TABLA N° 1. Velocidades de corrosión según método de extrapolación de pendiente de Tafel.

	mm/año		
	pH=12.5	pH=10.6	Lechada
Pared	17,03	1,67	0,29
Perfil Atacado	21,44	1,48	-
Perfil sin Ataque	19,11	3,64	-
Al 99	22,45	-	-

Se puede ver que los valores están por encima de 0,125 mm/año, aún el más bajo. La Figura 3 (a) y (b) ex-

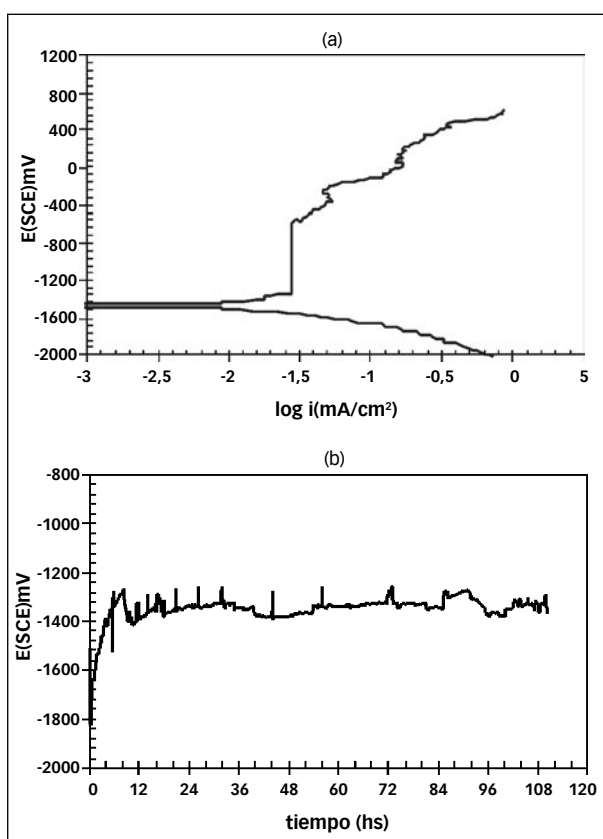


FIGURA 3. Material de pared en condiciones de planta: (a) polarización potenciodinámica (b) medida de evolución de Eca. en el tiempo.

4- No se realizaron medidas con el medio saturado de O_2 , podría haber sido interesante por la posibilidad de un desplazamiento anódico del Eca.

hibe experiencias realizadas empleando material de pared con estimulador, sumergido en lechada. La última columna de la Tabla N°1, representa la velocidad obtenida según la medida potenciodinámica presentada en la Figura N°3 (a). Los resultados extraídos de esta medida indican que las i_{cat} son menores a las anteriormente analizadas. El Eca es similar a los obtenidos en los otros medios, la i_p es mucho mas pequeña y la densidad de corriente de disolución de película se registra a potenciales anódicos comparativamente bajos. La Figura N°3 (b), realizada sin burbujeo de nitrógeno, indica un desplazamiento del Eca en el tiempo, $E_{ca} \approx -1380$ mV, tan solo 100mV respecto a la Figura N°3 (a), esto demostraría que en las condiciones de trabajo la presencia de O_2 no ocasionaría mayores cambios⁴.

- Se evaluó el alcance de la aplicación de las experiencias a Eca, según el “Método de Prueba Normalizada para Corrosión por Picado y Crevice”. Para observación del avance del ataque se extrajeron las muestras sometidas durante 10 días. Las inmersas aparecen más limpias, pero son las que sufren el mayor ataque localizado. Éste, se muestra en la Figura N°4, con una penetración de 30 μm o 1,08 mm/año. Los estimuladores de crevice ayudaron a que, en tan poco tiempo de inmersión, se visualizara/n el/los lugares sometidos a mayor agresividad.

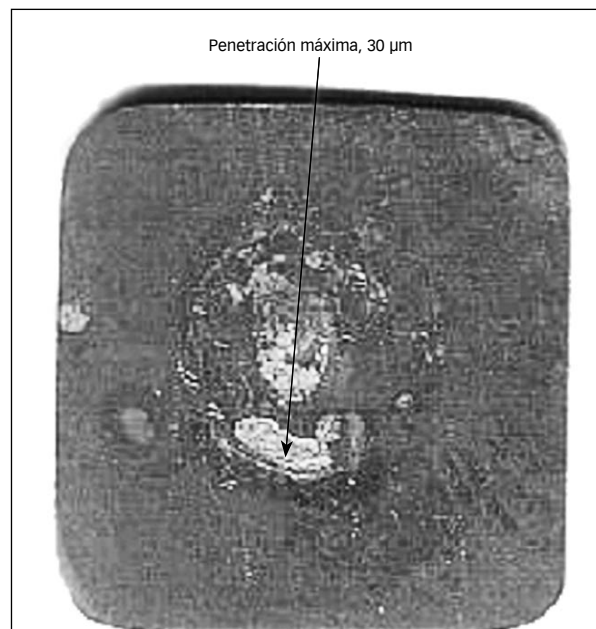


FIGURA 4. Placa con ataque localizado.

Como puede observarse en la Figura N°5, las muestras sometidas a mojado-secado paulatino y mantenidas en ambiente de vapor durante todo el período, aparecen cubiertas por depósitos y/o productos, difíciles de limpiar siguiendo las normas respectivas. Estos productos le dan

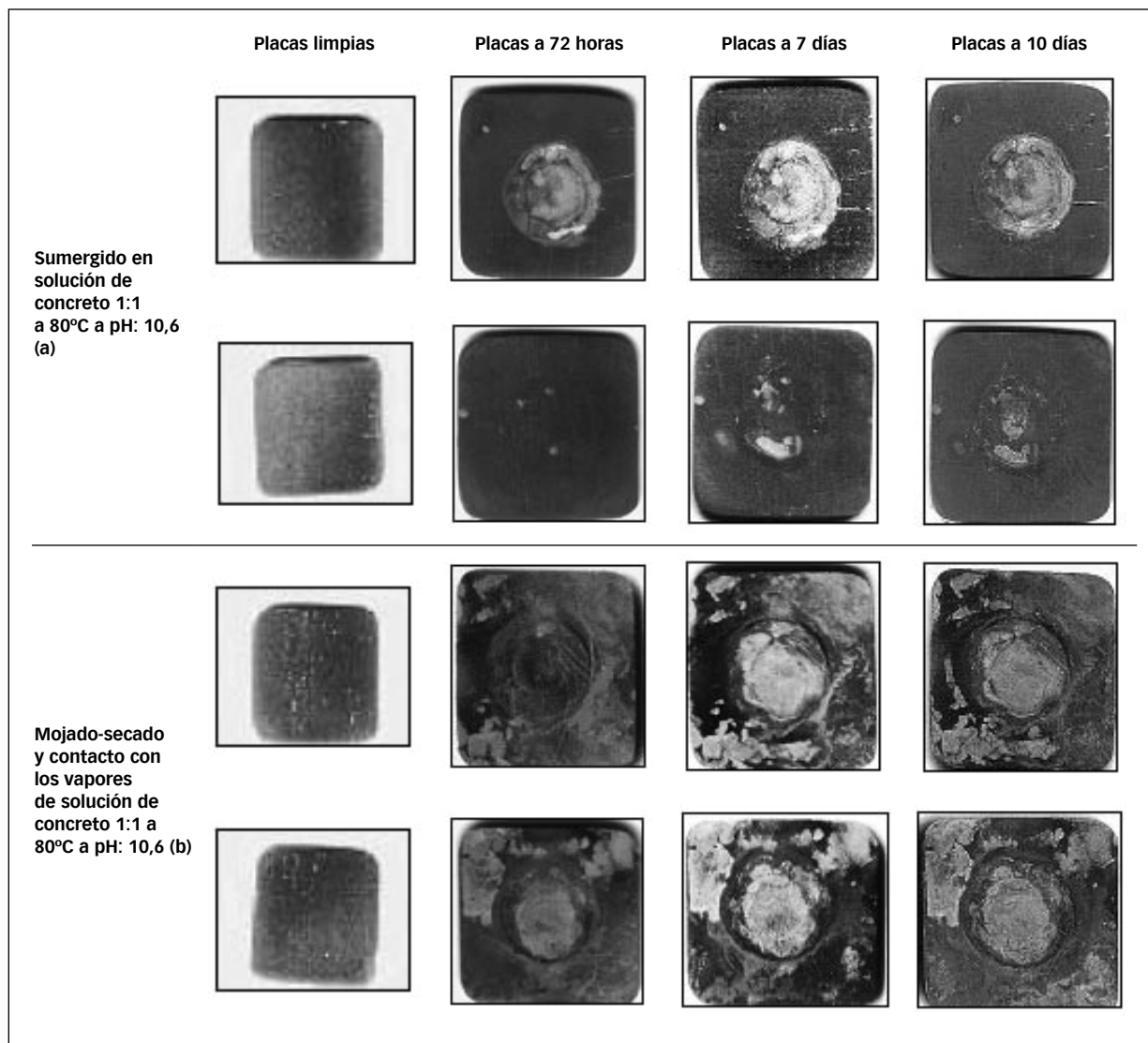


FIGURA 5. Deterioro de las placas de la pared (a) inmersas en lechada y (b) sometidas a vapor de lechada y mojado-secado periódico respectivo.

la apariencia de mayor ataque, pero la penetración máxima medida fue de 13 μm , en 10 días, que correspondería a una velocidad de 0,468 mm/año.

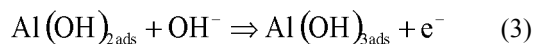
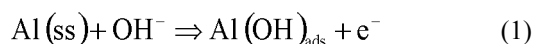
Resulta importante hacer mención que las muestras con estimulador, tanto la sumergida o introducida en la lechada como la suspendida sobre la misma, eran sometidas a agitación periódica. Esta agitación provocaba el depósito de pequeñísimas partículas de concreto, en polvo, sobre algunos lugares del ensamblado del estimulador.

-Según lo observado en algunas de las muestras, Figuras N°4 y N°5, el ataque se localiza en zonas donde hubo sólidos depositados, se forman cavidades. A medida que avanza el tiempo de exposición se presenta el mismo tipo de ataque. En los últimos días de contacto espécimen-medio, ciertas zonas de la superficie adquieren un contraste distinto al resto. Esto sugiere el desarrollo de una película superficial de productos de corrosión que

aumenta en cantidad y en espesor, con el tiempo.

Se sabe que el aluminio y sus aleaciones sufren ataque corrosivo generalizado, es decir, en toda la superficie, en medios con $\text{pH} > 8,5$ a 25°C [5-8]. En nuestro caso la temperatura estaría acelerando el daño.

Se conoce que el mecanismo propuesto para el proceso de disolución-pasivación del aluminio en medios alcalinos concentrados involucra cuatro etapas [8]. Una transferencia en serie de tres electrones con adición de hidróxido dan lugar al estado final de oxidación, el trihidróxido $\text{Al}(\text{OH})_3$:

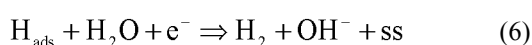
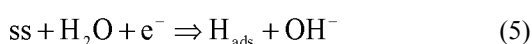


donde “ss” representa un sitio desnudo de la superficie de aluminio.

La etapa final se cree que corresponde a la disolución química del trihidróxido de aluminio en especies solubles de aluminato con regeneración de un sitio desnudo de la superficie de acuerdo a la reacción:



Al mismo tiempo, el agua se reduce sobre la superficie de aluminio conforme a un mecanismo Volmer-Heyrovsky:



Hay una competencia, por el sitio desnudo del aluminio, entre los átomos de hidrógeno adsorbidos y los productos intermedios de oxidación. La capa inicial de alúmina formada en el aire se disuelve rápidamente en el electrolito alcalino concentrado. La rotura de la película se lleva a cabo como disolución química resultante de la alcalinización de la superficie del electrodo bajo una alta velocidad de evolución de hidrógeno de acuerdo con la reacción (4). De ahí que la superficie de aluminio libre de película puede sufrir una alta velocidad de disolución y una aún más alta corriente de evolución de H_2 . De acuerdo con la estequiometría de la reacción de disolución, el balance final conduce a un enriquecimiento en iones aluminato así como un decrecimiento de la alcalinidad de la interfase. Estos dos fenómenos (incluyendo la variación en el pH) reducen la velocidad de disolución de la película y contribuyen a la estabilización de las especies pasivantes del $\text{Al}(\text{OH})_3$, sobre la superficie del electrodo. A esto se debe agregar la presencia de agua superficial con una concentración de oxígeno correspondiente a su solubilidad en las condiciones del sector. Su reacción de reducción produciría un aumento local del pH, causando la disolución de la película de hidróxido preferentemente en los alrededores de los diferentes depósitos.

Una vez que se ha disuelto la película de hidróxido, la alcalinización local produce un ataque intenso en la interfase matriz-precipitado que finalmente da lugar a la formación de un grave ataque localizado. También los resultados indicarían que, mientras la presencia de cloruros puede aumentar la cinética [9], no es un prerrequisito esencial para que tengan lugar procesos de corrosión alcalina localizada. La existencia de metales provenientes de la madera, y por ende contenidos en el aserrín, provocarían reacciones catódicas adicionales.

CONCLUSIONES

1. Las medidas potenciodinámicas correspondientes a $\text{pH}=12,5$ informan de una $i_{\text{cat.pared}}$ mayor a las demás probadas. Esto quizás influya en que el E_{capared} sea el más anódico.

2. Las medidas potenciodinámicas correspondientes a $\text{pH}=10,6$ dan mucha información, pero se rescata principalmente aquella de que el menor rango de potencial pasivo sea el $\Delta E_{\text{pas.pared}}$.

3. Las medidas potenciodinámicas correspondientes a $\text{pH}=10,6$ revelan también la comprometida situación del zócalo o perfil de pared (por ello también sufre un ataque grave), pues presenta la mayor $i_{\text{cat.perf.s/atacar}}$, el $E_{\text{ca.perf.s/atacar}}$ más anódico y la más grande $i_{\text{p.perf.s/atacar}}$.

4. Las velocidades de corrosión uniforme obtenidas aplicando el método de extrapolación de pendiente de Tafel y expresadas como velocidades de penetración, son mayores a $0,125 \text{ mm/año}$, excesivos desde el punto de vista del diseño, para un sistema material-medio. Esto se hace extensivo a la velocidad obtenida según la medida potenciodinámica de material de pared con estimulador, sumergido en lechada (esta última, a diferencia de las anteriores, se realiza sin burbujeo de nitrógeno).

5. La densidad de corriente de disolución de película material de pared con estimulador, sumergido en lechada, se registra a potenciales anódicos comparativamente bajos. A pesar de las condiciones en las que se realizó la prueba hubiese sido interesante hacerla saturando el medio con O_2 .

6. Según el “Método de Prueba Normalizada para Corrosión por Picado y Crevice” las muestras inmersas en lechada son las que sufren el mayor ataque localizado con una penetración de $30 \mu\text{m}$ o $1,08 \text{ mm/año}$.

7. Según el “Método de Prueba Normalizada para Corrosión por Picado y Crevice” las muestras sometidas a mojado-secado paulatino y mantenidas en ambiente de vapor durante todo el período, presentan un medida de penetración máxima de ataque de $13 \mu\text{m}$ que correspondería a una velocidad de $0,468 \text{ mm/año}$, menor a la situación descrita en el párrafo anterior.

8. Se cree que se produce la disolución química del trihidróxido de aluminio en especies solubles de aluminato, al mismo tiempo que el agua se reduce sobre la superficie de aluminio. Se debe agregar la presencia de oxígeno, con una concentración correspondiente a su solubilidad en agua superficial, y su reacción de reducción en las condiciones del sector. La alcalinización local produce un ataque intenso en la interfase matriz-precipitado que finalmente da lugar a la formación de un grave ataque localizado. La existencia de metales provenientes de la

madera, y por ende contenidos en el aserrín, provocarían reacciones catódicas adicionales.

9. Se llevaron a cabo estudios químicos, electroquímicos y observaciones microscópicas que proporcionaron información sobre el deterioro sufrido en determinados sitios de las paredes de las cinco cámaras de secado (corrosión generalizada con daño mayor por el desprendimiento de trozos de pared debido a ataque localizado), la razón del ataque sobre éstas y no todas las cámaras de secado (debido a la diferencia en la calidad del concreto utilizado) y permitieron proponer una solución al problema.

10. El material de pared sufre un proceso de corrosión localizada. Este fenómeno consume el espesor completo de la pared en contacto con partículas adheridas provenientes de un concreto (cemento) fácilmente erosionable y aserrín mojado.

11. Parte del material de la pared sufre el efecto de mojado-secado y se delamina, a menor velocidad pero que no deja de ser importante, en contacto con lechada.

12. Las cámaras que no sufrieron ataque poseían un concreto de relleno que no sufre erosión. Tener en cuenta que aquí también hay agua y aserrín.

De estas conclusiones se desprenden las siguientes recomendaciones:

- Se debe evitar que el agua de rebalse esté en contacto con el concreto, fácilmente erosionable, cercano a la pared.
- Que el desagote se produzca sobre el piso que posee los rieles, en todo caso.
- Se debe impedir que el aserrín se deposite sobre las paredes, por los menos en las zonas comprometidas.

REFERENCIAS

1. Li, L.; Nam, J.; Hartt, W. H.

“Ex situ leaching measurement of concrete alkalinity”, *Cem. Concr. Res.*, 35 (2), p. 277–283. 2005.

2. Métodos Normalizados de Determinación de Constituyentes Inorgánicos No Metálicos. 4500-Cl- Cloruro, Aprobado por el Standard Methods Committee. p. 4–76/4–89. 1985.

3. ASTM: G3–74 (Revisión 1981), “Annual Book of ASTM standards, Metal Test Methods and Analytical Procedures”, Vol.03.02, Easton, MD, USA, p. 102–110. 1987.

4. ASTM: G48–76 (Revisión 1980), “Annual Book of ASTM standards, Metal Test Methods and Analytical Procedures”, Vol.03.02, Easton, MD, USA, p. 284–287. 1987.

5. Pourbaix, M.

“Atlas of Electrochemical Equilibria in aqueous solutions”, National Association of Corrosion Engineers, Houston, Texas, USA, Cebelcor, Brussels, p. 168–175. 1974.

6. Emregül, K. C.; Aksüt, A. A.

“The behavior of aluminium in alkaline media”. *Corrosion Science*, Vol 42, p. 2051–2067. 2000.

7. Armstrong, R. D.; Braham, V. J.

“The mechanism of aluminium corrosion in alkaline solutions”; *Corrosion Science*, Vol 36 (9) p. 1463–1471. 1996.

8. Doche, M. L.; Rameau, J. J.; Durand R.; Nivel-Cattin F.

Electrochemical behaviour of aluminium in concentrated NaOH solutions. *Corrosion Science* 41: p. 805–826. 1999.

9. Aballe, A.; Bethencourt, M.; Botana, F. J.; Cano, M. J.; Marcos, M.

“Localized alkaline corrosion of alloy AA5083 in neutral 3.5% NaCl solution”. *Corrosion Science*, Vol 43, p. 1657–1674. 2001.

Recibido: 06/02/06.

Aprobado: 08/10/07.

• Ruiz, Elsa Rosa.

Ingeniera Química. JTP exclusiva; Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad Nacional de Misiones. Categoría “III” del Programa de Incentivos para docentes-investigadores.

• Mendez, Claudia Marcela.

Ingeniera Química, Maestría en Ciencias de Madera, Celulosa y Papel. J.T.P. exclusiva (Promei) en el Departamento de Fisicoquímica, FCEQyN (UNaM). Categoría “V” del Programa de Incentivos para docentes-investigadores.

• Thomas, Jorge Enrique.

Ingeniero Químico. Becario Auxiliar de Investigación por concurso proyecto de Investigación. Actualmente Becario del Conicet (Beca Interna de Postgrado).

• Gruber, Carlos Daniel.

Estudios Universitarios a punto de concluir en Ingeniería Química (F.C.E.Q. y N). Auxiliar Ad-honorem (por concurso) durante 2 años en el proyecto de investigación incentivado Sin categoría.

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 9 / Nº 9 / 2007 / 59-69

CORRELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN, LA ESTRUCTURA Y LA MICRODUREZA DE ALEACIONES ZA-27

^{1,2}Alicia E. Ares; ²Sergio F. Gueijman; ²Carlos E. Schvezov.

¹Investigadora Asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

²Programa de Materiales, Modelización y Metrología. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552, (3300), Posadas, Misiones. Argentina.

CORRELATION BETWEEN COMPOSITION, STRUCTURE AND MICROHARDNESS OF ZA-27 ALLOYS

ABSTRACT

Zinc-Aluminum (ZA) alloys are castable and can be manufactured using a variety of processes including pressure and reocasting. Their good performance, versatility and low cost have converted these alloys in an attractive alternative for noble applications. ZA alloys such as ZA-8, ZA-12 and ZA-27 were developed for casting prototype parts. Particularly, the ZA-27 alloy is known for its high strength/density ratio.

In the present work, Zn-27% Al (ZA-27) alloys were directionally solidified with additions of Si, Cu and reinforcements of SiC particles. Microhardness tests and studies of quantitative metallography were carried out. The analyses of distribution of the different elements and silicon precipitates in different areas of the samples were carried out using Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Analysis. Correlations among composition, structure and microhardness of the alloys were determined.

KEYWORDS: ZA27 ZA27 alloys, characterization, composition, structure, microhardness.

RESUMEN

Las aleaciones Zinc-Aluminio (ZA) son versátiles y pueden ser manufacturadas utilizando técnicas de fundición, incluyendo fundición bajo presión y procesos de conformado en estado semi-sólido. Su buena performance, versatilidad y bajo costo convirtieron a estas aleaciones en una alternativa atractiva para nobles aplicaciones. Las aleaciones ZA tales como ZA-8, ZA-12 y ZA-27 fueron desarrolladas para partes de prototipos de fundición. Particularmente, la aleación ZA-27 es conocida por su elevada relación resistencia/densidad.

En el presente trabajo fueron preparadas aleaciones Zn-27% Al (ZA27) con adiciones de Si, Cu y/o refuerzos de partículas de SiC. Se realizaron ensayos de microdureza y de metalografía cuantitativa. Los análisis de la variación de distribución de los distintos elementos y de los precipitados de silicio en distintas zonas de las probetas fueron realizados mediante Microscopía Electrónica de Barrido y Espectroscopia Dispersiva en Energía. Fueron determinadas las correlaciones entre la composición, la estructura y la microdureza de las aleaciones.

PALABRAS CLAVE: Aleaciones ZA27, caracterización, composición, estructura, microdureza.

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones ZA fueron desarrolladas en los años setenta y comenzaron a ser una opción para las aplicaciones en componentes en los que se requieren aleaciones resistentes al desgaste. Estas aleaciones pueden ser manufacturadas por técnicas de fundición, incluyendo fundición bajo presión y procesos de conformado en estado semi-sólido [1]. También pueden ser elaboradas por las técnicas convencionales de trabajado mecánico: forjado, extrudado, laminado. Estas aleaciones poseen una excelente fluidez en moldes de secciones finas. Se manifestó un particular interés en la aleación ZA27 (Zn-27% Al, porcentaje en peso) por su alta tensión de fluencia, aunque la misma resulta ser susceptible a defectos de porosidad, los cuales ocurren en la parte inferior de las aleaciones y se conocen como defectos de contracción inferior o “Underside Shrinkage Defects” (USD). Estos defectos de contracción inferior suman un costo de producción adicional en las aleaciones ZA27. Esta contracción inferior puede ser eliminada si se utilizan enfriadores en ubicaciones apropiadas del molde para incrementar el gradiente de temperatura durante la solidificación, o mediante el agregado de una variedad de elementos aleantes. La contracción inferior también puede ocurrir en las aleaciones ZA8 y ZA11 [1-8].

Las primeras investigaciones realizadas por Gervais, E. *et al.* [3] y por Barnhurst, *et al.* [4] marcan el comienzo del desarrollo de estas aleaciones, (ZA27-2% Cu-0,01% Mg) y muestran que la USD se produce por: el alto rango de solidificación de las aleaciones ZA27, la diferencia de densidades entre la fase sólida y la fase líquida presentes y la tensión superficial del líquido. Sahoo, M. *et al.* [6] atribuyen que la USD en las aleaciones ZA27 es influenciada por: el tipo de molde, las relaciones de las secciones en el sistema de alimentación al molde, la temperatura de vertido, las modificaciones microestructurales de la aleación y el uso de enfriadores y mangas insufiantes.

Del efecto de la adición de los elementos se puede resumir lo siguiente [7-10,12]:

–La adición de trazas de elementos produce una pequeña disminución de la tensión de rotura de la aleación.

–Los elementos formadores de escoria, como Na, Ca, Sr, y sus sales, reducen la tensión de rotura. Los elementos refinadores de granos Ti, Zr, B no influyen en la tensión de rotura pero mejoran la elongación, la cual es reducida por los elementos formadores de escoria.

–La energía al impacto se reduce considerablemente por la adición de trazas de elementos incluyendo Sr, Sr⁺, B y Be. Los valores de la energía de impacto son gene-

ralmente más altos en la ZA12.

–Sr, Ca, Li, Na, Be y K eliminan la contracción inferior en las aleaciones ZA; sin embargo, el Ti, Zr, Sb, B no tienen efectos sobre esta propiedad. La influencia del P y S sobre la contracción inferior no es aun clara.

–La capacidad de adhesión al molde de ambas aleaciones es reducida por la adición de elementos reactivos del grupo IA y IIA.

–La tensión de rotura, la tensión de fluencia y el porcentaje de elongación de las aleaciones son reducidas en las aleaciones tratadas con Sr, pero son elevadas con la adición de Be. La dureza se incrementa con la adición de este elemento. Adiciones combinadas de Sr y B no incrementan la elongación y la tensión al impacto.

–Agregados de trazas de elementos, como el Mg y el Cu mejoran la resistencia a la corrosión y el endurecimiento de la aleación. La adición de magnesio de 0,01% produce un marcado incremento en la tensión de fluencia y un marcado descenso de la ductilidad. No obstante, las fases formadas por el Cu, que actúan como endurecedoras, son responsables de la falta de estabilidad dimensional de las correspondientes aleaciones.

En el presente trabajo fueron preparadas aleaciones de Zn-27% Al (ZA27) con adiciones de Si, Cu y/o refuerzos de partículas de SiC. Se realizaron ensayos de solidificación direccional, de composición, estudios de metalografía cuantitativa y de microdureza. Los análisis de la variación de distribución de los distintos elementos y de los precipitados de silicio en distintas zonas de las probetas fueron realizados mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Espectroscopia Dispersiva en Energía (EDAX).

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de las Probetas

Se prepararon probetas solidificadas direccionalmente y “as cast”. El crecimiento direccional de las aleaciones en estudio tuvo como objetivo establecer el proceso de solidificación con control de dirección y la velocidad de solidificación y también el perfil de temperaturas en la interfase sólido/líquido, dentro de ciertos límites, utilizando un horno de solidificación direccional tipo Bridgman-Stockbarger vertical, con unidad de calentamiento, unidad de movimiento de las muestras, sistemas de control de temperaturas, de traslación de las muestras y se le añadió un sistema de extracción calórica. El equipamiento utilizado para las solidificaciones direccionales se presenta en la Figura N°1 y el utilizado para las fundiciones “as cast” en la Figura N°2.

Las aleaciones fundidas fueron preparadas a partir de

los elementos puros, Zn con 99.98% y Al con 99.99% de pureza (% en peso), y los compuestos con la aleación pesada como matriz, y además, con partículas de SiC de alta pureza.

Las mediciones de temperatura se realizaron utilizando termocuplas tipo K, las cuales fueron previamente calibradas utilizando los elementos puros y protegidas con una pasta cerámica. Las muestras fueron fundidas en moldes cilíndricos rectos de alúmina de 16 mm de diámetro interno, 18 mm de diámetro externo y 200 mm de altura, los cuales fueron lavados con acetona y posteriormente secados antes de utilizarlos. El tiempo de solidificación

fue de aproximadamente 100 segundos.

Para el análisis metalográfico, las probetas fueron cortadas y lijadas utilizando lijas de diferentes granulometrías, desde graduación 80 hasta 1200 y luego pulidas con pasta de diamante de 1 μm . El ataque químico fue realizado con una mezcla conteniendo ácido crómico (50 g Cr_2O_3 ; 4 g Na_2SO_4 en 100 ml de agua) durante 6 segundos a temperatura ambiente (25°C) que resultó adecuado para revelar la microestructura. Las composiciones de las muestras que se consideran en este trabajo se indican en la Tabla N°1.

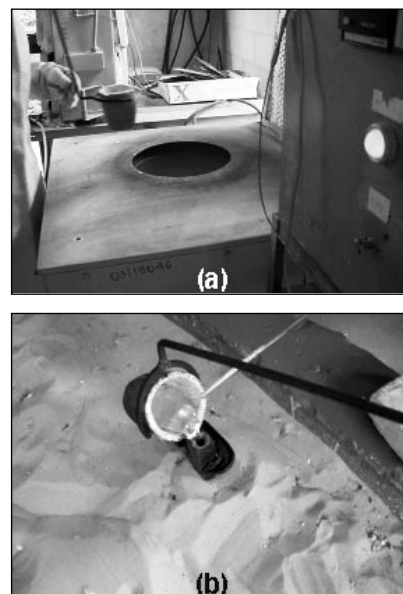
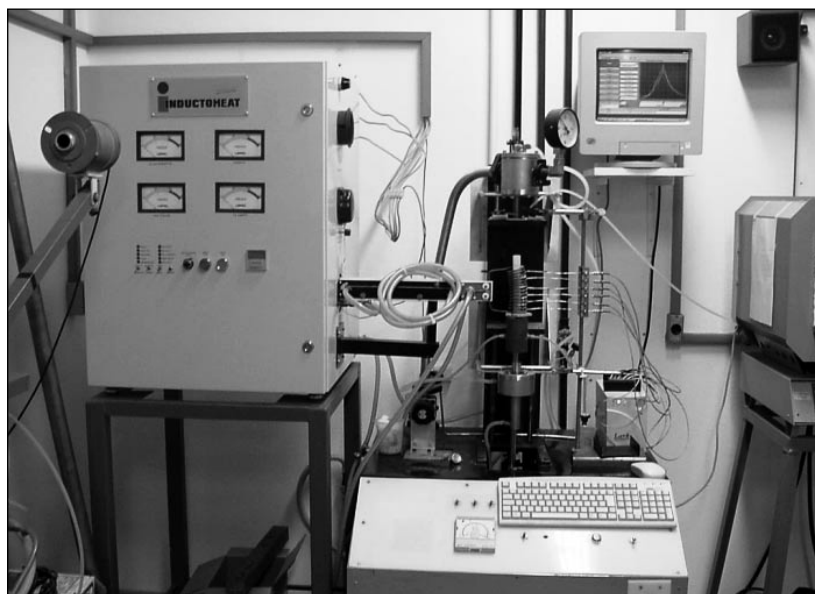


FIGURA 1 (izq.). Dispositivo experimental empleado para la solidificación direccional. DEMA-FEM-UNICAMP. **FIGURA 2.** (a) y (b) Fundición "as cast".

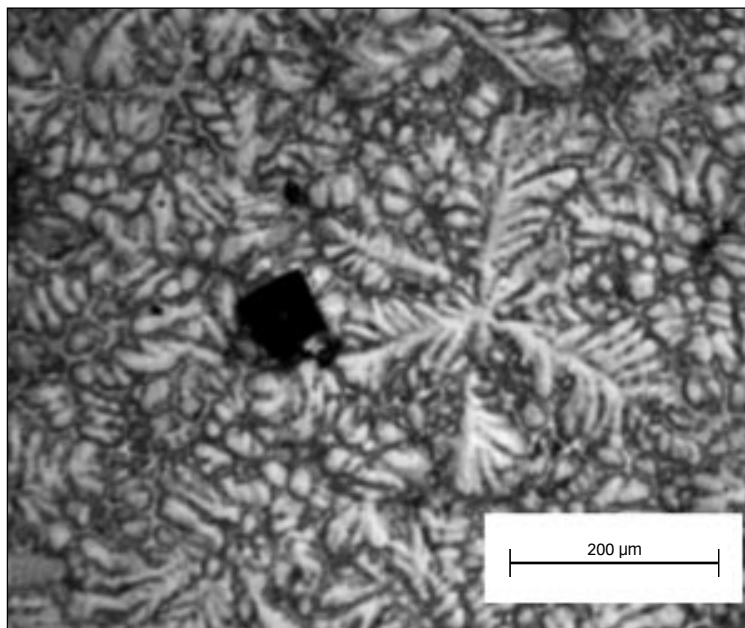


FIGURA 3 (izq.). Microdurómetro Buehler. **FIGURA 4 (der).** Micrografía de aleación ZA27+7% Si+2.5% Cu.

Tabla 1. Composición de las probetas solidificadas.

#	Descripción (% en peso)	Al	Cu	Si	Zn
1	ZA27	27.00			Balance
2	ZA27+7% Si+2.5% Cu	26.98	0.701	6.619	Balance
3	ZA27+3.5% Si+1% Cu	27.57	1.04	3.73	Balance
4	ZA27+5 vol% SiC	24.01		1.707	Balance
5	ZA27+3.5% Si+1% Cu+16 vol% SiC	21.46	1.31	3.46	Balance

Ensayos de Microdureza

Las pruebas de dureza fueron realizadas a temperatura ambiente utilizando un microdurómetro Buehler. Las cargas utilizadas estuvieron entre 10 g y 1000 g. Las medidas fueron realizadas utilizando la norma ASTM E 384–89 [13] utilizando un tiempo de impresión de 15 segundos. Para determinar la microdureza promedio se realizaron un mínimo de 10 mediciones. La microdureza Vickers (HV) fue determinada utilizando la siguiente relación:

$$HV = \frac{1.854,4Q}{a^2} = \text{kg/mm}^2 \quad (1)$$

donde, Q es la carga en gramos y a es la longitud de la diagonal en μm . En la Figura N°3 se presenta una foto del equipo utilizado en las mediciones de microdureza y en la Figura N°4 una micrografía de la aleación ZA27+7% Si+2.5% Cu mostrando la impronta.

Metalografía Cuantitativa

La microestructura fue analizada mediante microscopía óptica y electrónica de barrido. El tamaño de grano y la fracción en volumen de las partículas fueron determinados utilizando las normas técnicas ASTM E-112 [14] y E-562-89 [15], respectivamente. La distribución de los elementos en la microestructura fue analizada utilizando EDAX.

RESULTADOS

Los resultados experimentales están relacionados a la microestructura de las aleaciones y de los materiales compuestos, a las pruebas de microdureza Vickers (HV) y a la metalografía cuantitativa.

Microestructuras**ALEACIONES ZA27**

La microestructura de la aleación ZA27 sin la adición de partículas presenta una matriz rica en aluminio y una zona interdendrítica rica en zinc. Posee una estructura dendrítica de brazos primarios rica en aluminio, lo que se evidencia en las Figuras N°5 (a) y (b) y en la Figura N°6. El eutéctico está formado por dendritas y el peritético ocurre por una transformación a 275°C , siguiendo el diagrama de fases Al-Zn [11], (ver la Figura N°7) el mismo se forma en el estado final de la solidificación. Este eutectoide tiene una morfología de finas láminas de α y η . El análisis de rayos-X muestra que las fases α y η consisten en Al (α) con estructura fcc y parámetro de red $a=(4.0474\pm 0.0002)$ y la fase del zinc (η) por una estructura hcp y parámetros de red $a=(2.6655\pm 0.0001)$ y $c=(4.9494 \pm 0.0003)$, coincidiendo con otros estudios previos [10, 12]. A escala macroscópica, la concentración de aluminio se incrementa en la dirección de solidificación desde la base hasta la parte superior de la muestra, como se indica en la Figura N°8.

ALEACIÓN ZA27+Si+Cu

La adición de silicio a la aleación ZA27 no produce cambio en la morfología de las aleaciones. El silicio aparece en la microestructura en dos formas: en solución y como precipitado. Los precipitados aparecen generalmente en el centro de las dendritas, como se indica en la Figura N°9 (a). Esta Figura muestra un análisis EDAX

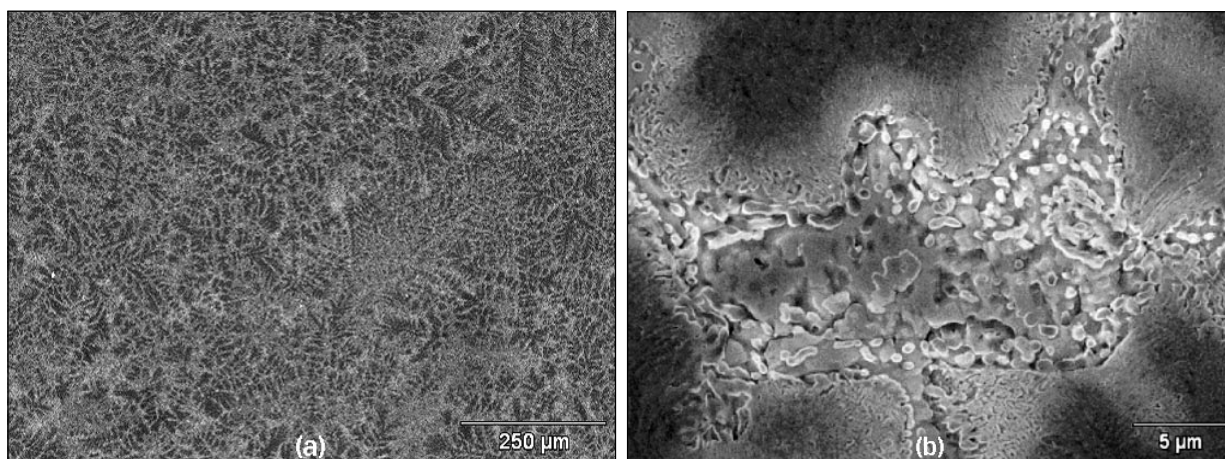


FIGURA 5. Microestructura de aleaciones ZA27. (a) espaciamiento dendrítico primario rodeado por el eutéctico laminado $\alpha + \eta$. (b) Típica estructura de láminas de $\alpha + \eta$ en el eutectoide $\alpha + \eta$.

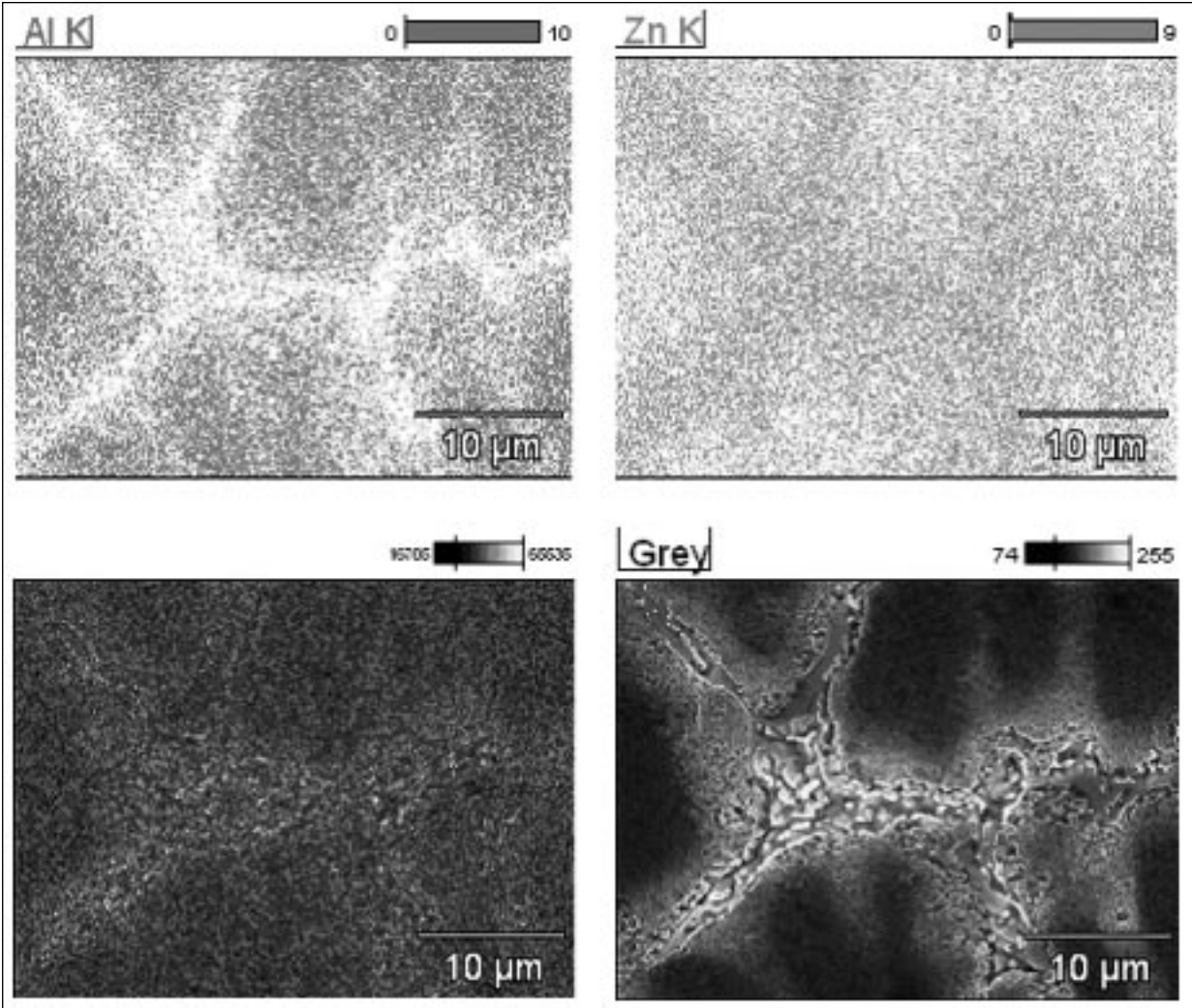


FIGURA 6. Microestructura de la aleación ZA27 y la distribución de elementos presentes.

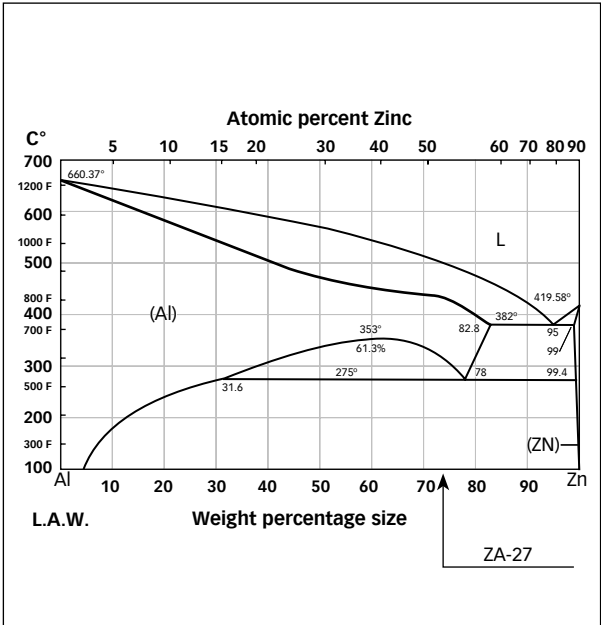


FIGURA 7. Diagrama de fase Al-Zn [11].

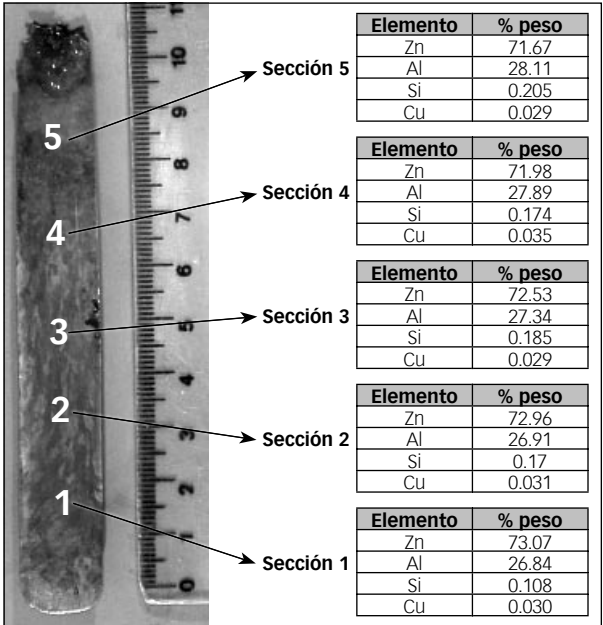


FIGURA 8. Izq. (a): Probeta de la aleación ZA-27. Der. (b): Análisis de concentración.

de los precipitados de silicio indicados en la misma figura. La presencia de los precipitados en la matriz de la aleación y en el centro de las dendritas está indicando que los precipitados se forman en la aleación líquida y que posiblemente las dendritas nucleen sobre ellos, en concordancia con el diagrama de fase ternario para los tres elementos, Zn-Al-Si [11] y coincidiendo con los resultados obtenidos por Auras y Schvezov [10] y por Ares y colaboradores [12] previamente.

Se observó la presencia de poros en las muestras, la porosidad se incrementó desde la parte inferior a la superior de las muestras conforme se incrementó la distribución de los precipitados de silicio. Se observó una correlación cualitativa entre el incremento de la porosidad y el número de partículas de Si; las muestras con menor concentración de silicio presentaron menos porosidad que las muestras con mayor concentración de este elemento.

El mapa de composición del cobre, muestra que para una concentración nominal de 2.5% y por debajo de la misma, el cobre se encuentra distribuido homogéneamente en solución sólida. Esto se puede apreciar también en la Figura N°9 (a).

ALEACIÓN ZA27+Si+Cu+SiC(p)

El efecto de la adición de partículas en la microestructura de la aleación ZA27 es el de disminuir el tamaño de grano según se incrementa la fracción en volumen de las partículas. Las partículas aparecen en su mayoría en las regiones interdendríticas, en forma opuesta a la aparición de los precipitados de silicio, como se puede observar en la Figura N°9 (b). Las partículas de SiC se distinguen de los precipitados de silicio en dos aspectos: en primer lugar, los precipitados tienen un color gris claro, mientras que las partículas tienen un color gris oscuro; en segundo lugar, los precipitados poseen un contorno irregular, mientras que las partículas tienen esquinas y contornos bien definidos. Se midió el tamaño promedio de las partículas, la distribución de promedio de partículas que se encontró en las aleaciones reforzadas fue de $5.27 \pm 1.07 \mu\text{m}$.

La distribución de los precipitados se incrementa en la dirección de solidificación desde la base de la muestra. El efecto de la adición de partículas de refuerzo a la aleación ZA27 se puede realizar analizando los resultados de la muestra 5. En primer lugar, la fracción en volumen medida en esa muestra no es uniforme incrementándose desde la base a la parte superior, indicando que existió el fenómeno de flotación de las partículas. La distribución de las partículas se muestra en la Figura N° 10 en los lugares considerados. Se observó que existe un gran número de partículas grandes en la parte superior, consistente con el

fenómeno de flotación. Contrariamente a lo que se observa con los precipitados de silicio, que aparecen en su mayoría en el centro de las dendritas, como se puede observar en la Figura N°10 (b.1 a b.3)), las partículas de CSi aparecen en su mayoría en las regiones interdendríticas (Figuras 10 (c.1) a (c.3)). Las aleaciones presentaron porosidad, la porosidad ocurre normalmente en forma más intensa en la parte de abajo de las muestras y recibe el nombre de “underside shrinkage defects (USD)” [3-9], ver los pequeños puntos negros en las Figuras 10 (d.1) a (d.3).

En la Figura N°11 se muestran los resultados del análisis de composición lineal en las muestras, realizados en dos zonas, (a) donde no hay partículas de CSi presentes y (b) en una zona en donde las mismas se encuentran en gran cantidad. En el caso (a) el análisis lineal evidenció mayores cantidades de Zn y Al; mientras que en el caso (b) son muy evidentes los picos de Si en las zonas donde se encuentran las partículas de CSi.

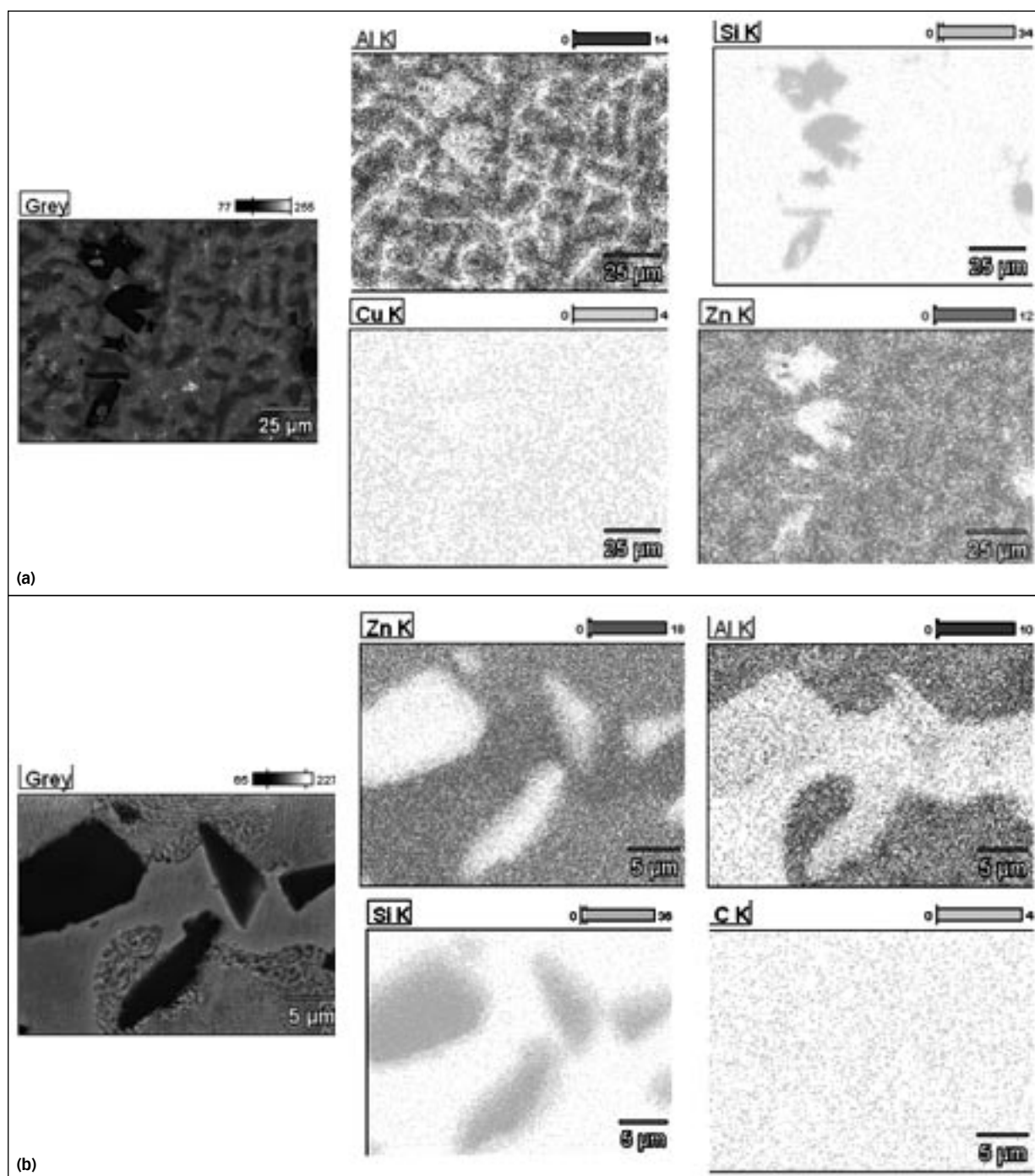
PRUEBAS DE MICRODUREZA Y METALOGRAFÍA CUANTITATIVA

Se realizaron mediciones de microdureza en las muestras. En las mismas posiciones se determinaron las fracciones en volumen de las partículas y el tamaño promedio de los granos de acuerdo con las normas técnicas ASTM E 112-88 [14] y ASTM E 562-89 [15]. El tamaño promedio de las partículas estuvo en el rango de diámetro promedio entre $1,76 \mu\text{m}$ a $15,79 \mu\text{m}$.

En la posición 1 no se observaron partículas mayores que $8,77 \mu\text{m}$, mientras que en la posición 2, la distribución de tamaño fue mucho más homogénea que en las otras posiciones. En la posición 3 es posible apreciar partículas de un diámetro promedio de $3,51 \mu\text{m}$. En la Tabla 2 se presentan los datos correspondientes a los estudios de metalografía, esto es, posición, tamaño de grano (Abrams), fracción de volumen interdendrítico, diámetro promedio de las partículas (μm), número de partículas/ mm^2 , fracción en volumen, tamaño de grano promedio (μm), microdureza promedio HV (Kg/mm^2) en cada posición. A modo de ejemplo se analizan los resultados de los ensayos de microdureza realizados en la probeta 4. Analizando la Tabla N°2, en primer lugar, se puede ver que la microdureza se incrementa linealmente con el diámetro promedio de partícula. Segundo, la microdureza se incrementa con el incremento de la fracción en volumen de las partículas, este incremento es significativo considerando las bajas fracciones en volumen empleadas. Tercero, el tamaño de grano disminuye con el incremento de la fracción en volumen de las partículas. Los resultados indican que la presencia de partículas tiene un efecto sobre la solidificación, disminuyendo el tamaño de la estructura. En el presente caso, la variación

Tabla N° 2. Distribución de partículas de SiC, microestructura y dureza obtenidas en una de las muestras analizadas.

#	Abrams (ASTM N°)	Fracción de Volumen Interdendrítico	Diámetro de Partícula Promedio (um)	Número de Partículas (mm ²)	Fracción en Volumen de Partículas	Tamaño de Grano Promedio (um)	Microdureza Promedio HV (Kg/mm ²)
1	5,1	29,38	4,08	1142	1,49	50,15	165,5
2	5,2	32,5	5,41	1079	2,48	38,94	172
3	4,86	30,94	4,93	1828	3,49	41,64	168,05
4	5,1	28,13	6,65	1155	4,01	39,34	176,55
5	5,2	31,46	6,11	1117	3,24	39,14	174,27

**FIGURA 9.** Microestructura y distribución de elementos de (a) ZA27+7% Si+2.5% Cu, mostrando los precipitados de Si en el centro de las dendritas. (b) ZA27 + 3.5 %Si+1% Cu + 16 vol %SiC, mostrando las partículas de SiC en las zonas interdendríticas.

en tamaño podría no ser atribuida a un incremento en las velocidades de solidificación ya que la primera parte en solidificar es la de abajo, y es la que presenta el tamaño mayor. Además, esto indica que las partículas podrían tener un fuerte efecto en la estructura de solidificación.

En las probetas solidificadas direccionalmente se realizaron análisis de la variación de la microdureza en la longitud y en el ancho de las probetas utilizando diferentes cargas, entre 200 gf a 1000 gf, sin embargo, y debido a que los resultados obtenidos con las diferentes

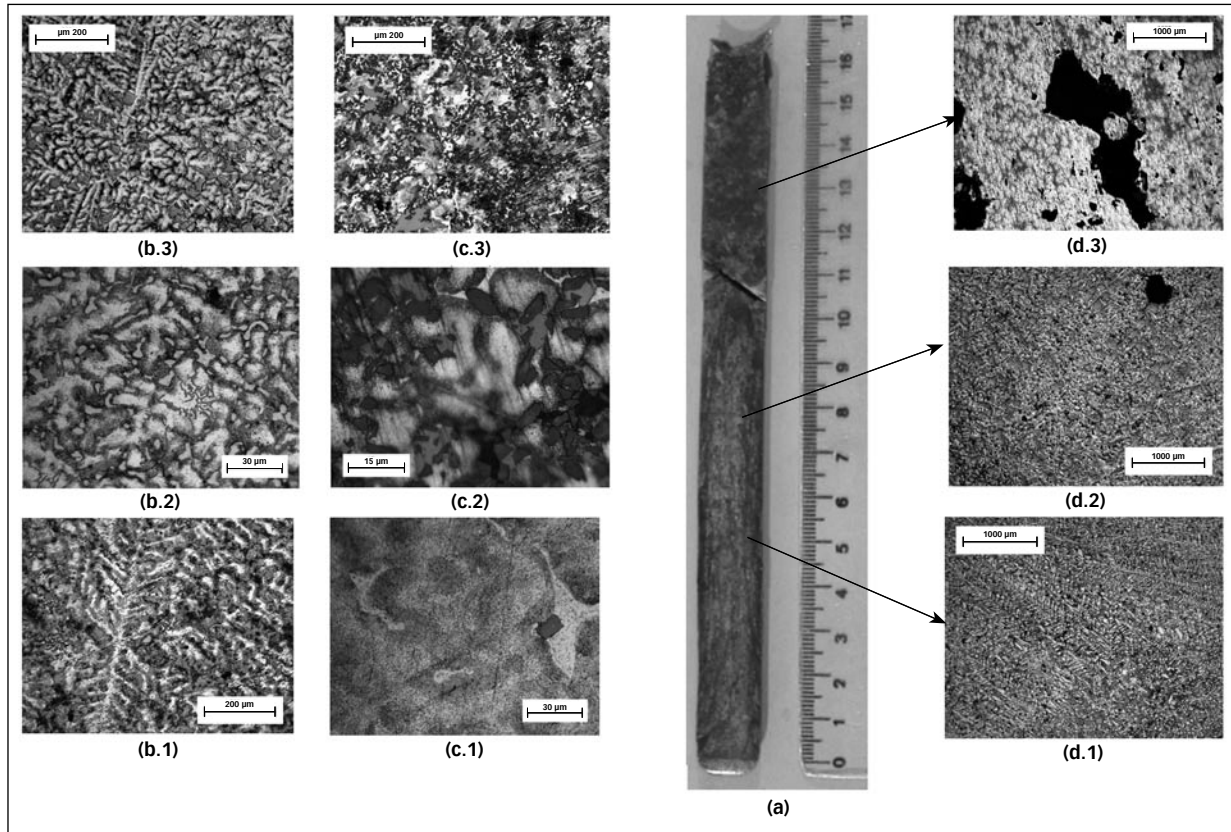


FIGURA 10. (a) Macroestructura de la aleación ZA27+3.5% Si+1% Cu+16 vol % SiC (b.1 a b.3). Precipitados de Si. (c.1 a c.3) Partículas de SiC. (d.1 a d.3). Efecto de la porosidad.

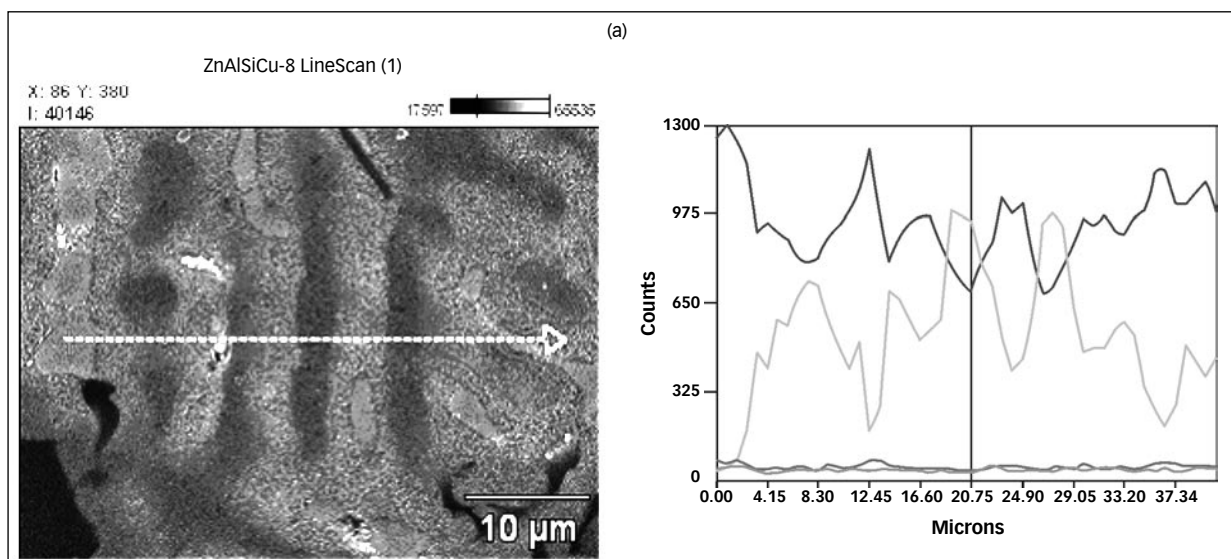


FIGURA 11. Análisis de composición lineal. (a) Zona de la matriz, sin la presencia de precipitados o de partículas de SiC. — AL K: 955, — SI K: 34, — Cu K: 40, — Zn K: 689.

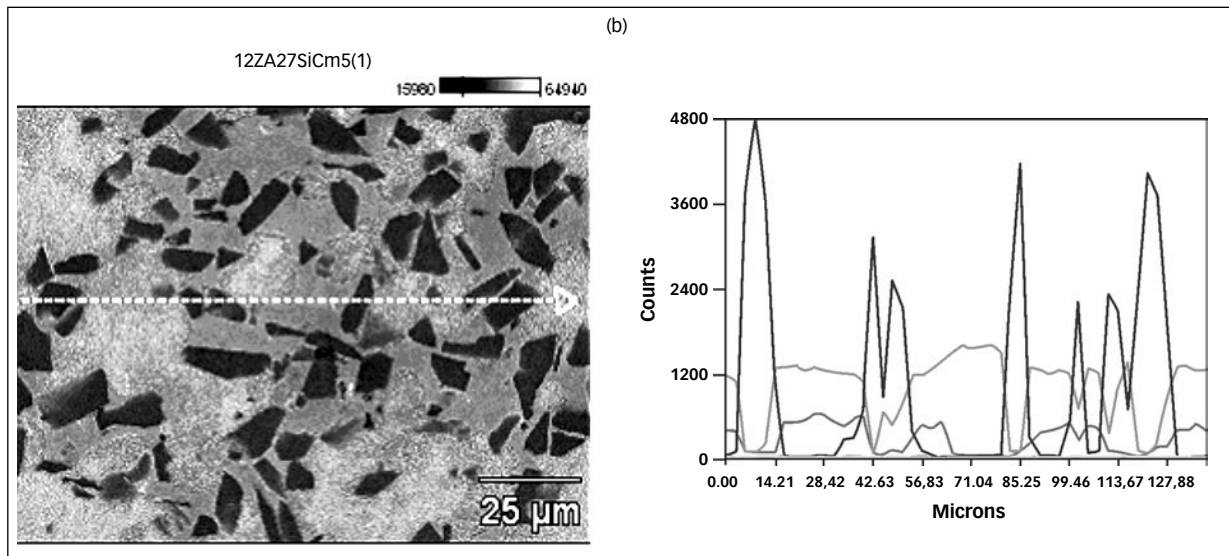


FIGURA 11. Análisis de composición lineal. (b) Zona de precipitados y de partículas de CSi. — C K: 42, — O K: 39, — Al K: 393, — Si K: 53, — Zn K: 1284.

cargas fueron bastante similares, se presentan los resultados obtenidos utilizando una carga de 200 gf.

En la Figura N°12 (a) se muestra la variación con la longitud y en la Figura N°12 (b) la variación con el ancho. En el caso (a) se analiza la variación de la microdureza con el tipo de estructura, esto es columnar, con transición de estructura columnar a equiaxial (TCE) y con estructura equiaxial al final de la probeta. En general, se obtuvieron valores mayores de microdureza con las estructuras equiaxial y con TCE [12]. En el caso (b) se analiza la variación de la microdureza con el ancho. En general, se observaron mayores valores de microdureza en los bordes que en el centro de las muestras.

Los valores de microdureza obtenidos en las probetas “as cast” han sido aproximadamente iguales a los valores obtenidos en las zonas equiaxiales de las probetas solidificadas direccionalmente.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos conducen a las siguientes conclusiones:

1) Se realizó la solidificación direccional de aleaciones ZA27 con estructura dendrítica rodeada por estructura eutéctica. A escala macroscópica, la concentración de aluminio se incrementa con la dirección de solidificación, desde la base a la parte superior de las muestras.

2) En la escala microscópica el silicio aparece en dos formas: en solución y como precipitado. Los precipitados de silicio aparecen generalmente en el centro de las dendritas.

3) La presencia de precipitados de silicio dentro de las dendritas indica que los precipitados se forman en el líquido y que posiblemente las dendritas nuclean sobre los mismos.

4) Para una concentración nominal de 1 por ciento y

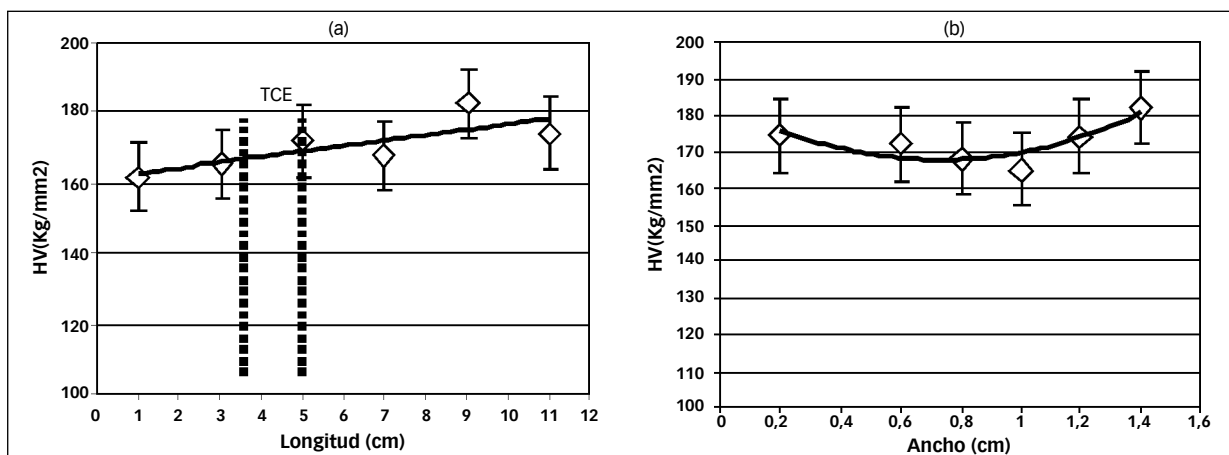


FIGURA 12. Variación de la microdureza HV con: (a) la longitud y (b) el ancho de la probeta solidificada direccionalmente. ZA27 + 5 vol % SiC. ◇ 200 gf.

por debajo de la misma, el cobre se encuentra homogéneamente distribuido en solución sólida.

5) Las partículas de SiC aparecen en las regiones interdendríticas.

6) La distribución de las partículas de SiC no es uniforme a lo largo de la fundición debido al fenómeno de flotación.

7) Las partículas de SiC para bajas fracciones en volumen tienen el efecto de incrementar la microdureza de la aleación y de reducir el tamaño de la microestructura.

8) La microdureza se incrementa linealmente con el diámetro promedio de las partículas de SiC.

9) En las muestras solidificadas direccionalmente, la microdureza es mayor en las zonas equiaxial y con transición de estructura columnar a equiaxial, TCE. Además, se observaron mayores valores de microdureza en los bordes que en el centro de las probetas.

10) Los valores de microdureza obtenidos en las probetas "as cast" han sido aproximadamente iguales a los valores obtenidos en las zonas equiaxiales de las probetas solidificadas direccionalmente.

11) Los resultados son consistentes con los obtenidos recientemente por Auras y Schvezov y por Ares, Caram y Schvezov.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por la ayuda financiera. Uno de los autores, Alicia Esther Ares, agradece al Dr. Rubens Caram por el uso del equipamiento y del Laboratorio del DEMA-FEM-UNICAMP, y además, por muchas discusiones útiles. También, agradece a R.H. Jacon, C. Vieira Leal, S. Gomes da Cruz, F. Gatamorta, J.L. Lisboa y E. Cardoso por su asistencia en los experimentos y en las observaciones metalográficas.

REFERENCIAS

1. Gervais, E.; Levert, H.; Bess, M.

The Development of a Family of Zinc-Base Foundry Alloys, AFS Transactions, 88: p. 183-194.2. 1980.

2. Sahoo, M.; Whiting, L. V.

Foundry Characteristics of Sand Cast Zn-Al Alloys. AFS Transactions, 92: p. 861-870. 1984.

3. Gervais, E.; Barnhurst, R. J.; Loong, C. A.

An Analysis of Selected Properties of ZA Alloys, J. Met. November, 43: p. 84. 1985.

4. Barnhurst, R. J.; Gervais, E.; Bayles, F. D.

Gravity Casting of Zinc-Aluminum Alloys- Solidification

Behavior of ZA-8, ZA-12 and ZA-27. AFS Transactions, 72: p. 569-584. 1983.

5. Barnhurst, R. J.; Gervais, E.

Gravity Casting of Zinc-Aluminum (ZA) Alloys: Dependence of Mechanical Properties on Soundness, Microstructure, and Inclusion Content, AFS Transactions, 93: p. 591-602. 1985.

6. Sahoo, M.; Whiting, L. V.; Whited, W. G.

Control of Underside Shrinkage in Zinc-Aluminum Foundry Alloys by the Addition of Trace Elements, AFS Transactions, 93: p. 475-80. 1985.

7. Sahoo, M.; Whiting, L. V.; Chartrand, G.

Effect of the Strontium On the Structure and Mechanical Properties of the Melted Zn-Al Alloys Zn-Al, Weatherall. AFS Transactions, 94: p.225-242. 1986.

8. Sriram, P.; Seshan, S.; Roshan, H. MD

Effect of Trace Elements on Casting Characteristics and Mechanical Properties of Cast ZA Alloys. AFS Transactions, 109: p. 769-775. 1992.

9. Delneuveville, D.

Tribological Behavior of Zn-Al Alloys (ZA27) Compared with Bronze When Used as a Bearing Material with High Load and at Very Low Speed, Wear. 105: p. 283-292. 1985.

10. Auras, R. A.; Schvezov, C. E.

Wear Behavior, Microstructure, and Dimensional Stability of As Cast Zinc-Aluminum/SiC (Metal Matrix Composites) Alloys, Metallurgical Transactions, 35: p. 1579-1590. 2004.

11. ASM Handbook

Alloy Phases Diagrams, American Society of Materials, 3: p. 3.19. 1985.

12. Ares, A. E.; Caram, R.; Schvezov, C. E.

Solidification, Structures and Properties of Zinc-Aluminum/SiC (MMC) Alloys, Solidification Processing of Metal Matrix Composites, A publication of the Minerals, Metals, & Materials Society, p. 183-196. 2006.

13. Standard Test Methods for Determining Hardness. ASTM E 384-89. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA 19103. p. 235-240. 1989.

14. Standard Test Methods for Determining Average Grain Size. ASTM E 112-88. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA 19103. p. 297-322. 1988.

Standard Test Methods for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count. ASTM E 562-89. Annual Book of ASTM Standards, ASTM, Philadelphia, PA 19103. p. 612-617. 1989.

Recibido: 13/02/07.

Aprobado: 10/08/07.

• Alicia Esther Ares.

Ingeniera Química. Dra. en Ciencia y Tecnología, mención Materiales, además de haber realizado Pos-Doctorados en Universidades de Brasil y Estados Unidos en la misma Área. Profesora Adjunta en las Cátedras de Ciencia de los Materiales de la Ingeniería Química y Fisicoquímica Ic. (FCEQyN-UNaM) y en la Cátedra de Tecnología de los Materiales (FA-UNaM). Investigadora Asistente del CONICET y posee actualmente la Categoría I en el Sistema Nacional de Incentivos a los Docentes-Investigadores.

• Sergio Fabian Gueijman.

Licenciado en Ingeniería Mecánica. Magíster en Ciencia y Tecnología de los Materiales y ha realizado varios cursos con nivel de Doctorado en Universidades de Estados Unidos. Se desempeña actualmente como Profesor Adjunto en la Cátedra de Física General (FCEQyN-UNaM). Posee la Categoría III en el Sistema Nacional de Incentivos a los Docentes-Investigadores.

• Carlos Enrique Schvezov.

Licenciado en Física. Ph. D. de la Universidad de British Columbia, Canadá. Se desempeña actualmente como Profesor Titular en la Cátedra de Matemática Aplicada (FCEQyN-UNaM). Posee la Categoría I en el Sistema Nacional de Incentivos a los Docentes-Investigadores. También, se desempeña como Director del CEDIT/ Gobierno de la Provincia de Misiones.

GUÍA PARA AUTORES

I. ALCANCE DE LA REVISTA

1) La Revista de Ciencia y Tecnología (Rev. cienc. tecnol.) publica artículos originales que representan una contribución para el desarrollo científico-tecnológico. Incluye trabajos de investigación básica y aplicada y de desarrollo tecnológico, revisiones bibliográficas de alto impacto, notas técnicas y, eventualmente, estudios de casos que por su relevancia ameriten publicarse¹.

2) Las áreas de incumbencia de la revista son las ciencias exactas, químicas y naturales con su correspondiente tecnología. La decisión última sobre la incumbencia de un artículo presentado, quedará a cargo del Consejo de Dirección (CD).

3) Los autores interesados en publicar artículos en la Rev. cienc. tecnol., deberán enviar sus trabajos de acuerdo con las normas que se estipulan más abajo.

4) Los artículos sometidos para publicación no deberán tener "Derechos de Autor" otorgados a terceros, a la fecha de envío del artículo. Caso contrario, el autor deberá gestionar, ante quien corresponda, la autorización por escrito para su nueva publicación en la Rev. cienc. tecnol.

5) Los conceptos y opiniones vertidos en los artículos publicados y del uso que otros puedan hacer de ellos, son de exclusiva responsabilidad de los autores, la cual se asume con la sola presentación del artículo enviado por los autores para su publicación. Los artículos se publicarán en castellano o inglés, con resúmenes, títulos y palabras clave en ambos idiomas.

II. PRESENTACIÓN Y REVISIÓN DE ARTÍCULOS

6) Los idiomas oficiales de la Rev. cienc. tecnol. son castellano e inglés. Los manuscritos en castellano deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Diccionario y la Gramática de la Lengua Española de la Real Academia Española en sus últimas ediciones. Se debe evitar el uso de términos en otros idiomas, si existe

uno equivalente en castellano. Los manuscritos en inglés deberán ajustarse a las normas y usos gramaticales que establece el Longman Dictionary of Contemporary English 4th Edition, aplicándose, aquí también, lo expresado respecto del español.

7) El manuscrito se presentará en formato electrónico como archivo tipo Word, anexo por correo electrónico a la dirección: recyt@fceqyn.unam.edu.ar. El autor deberá presentar copia impresa con la última versión corregida de su artículo, en las oficinas del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDEt)², para facilitar la edición. Todas las comunicaciones con los autores (revisión y aceptación de artículos) se realizarán por correo electrónico.

8) Los trabajos presentados para publicar serán sometidos a una primera evaluación interna de incumbencia, calidad general y categoría a cargo del CD y posteriormente a una evaluación externa de pertinencia y calidad científica por miembros del Consejo de Edición, (CE). El CE está integrado por reconocidos especialistas en los temas de incumbencia de la Rev. cienc. tecnol.

9) El proceso general de evaluación consiste en una exhaustiva revisión crítica de los contenidos y la estructura del artículo, la recomendación, o no, de su publicación y eventuales correcciones.

10) El CD se reserva el derecho de rechazar el trabajo por no ajustarse a las áreas involucradas, no cumplir las normas establecidas o no poseer la calidad científica requerida. También se reserva el derecho de realizar modificaciones menores de edición para una mejor presentación final del trabajo.

11) El CD notificará al autor la aceptación o rechazo del artículo. De ser necesario, le solicitará que realice las modificaciones recomendadas para proceder a los trámites pertinentes previos a su publicación.

12) Los autores deberán realizar las correcciones y modificaciones requeridas por el CD y el CE en el plazo de 30 días. Los autores podrán solicitar al CIDEt aclaraciones a las correcciones. El CD decidirá sobre el

1- Un artículo se considera trabajo cuando representa el resultado y las conclusiones de una investigación completa. Este tendrá categoría de nota técnica cuando trate de cuestiones como calibraciones, propuestas metodológicas, opiniones sobre normas, resolución de problemas operativos, etc.

2- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales - Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552 (3300) Posadas, Misiones, Argentina.

particular, y realizará la revisión del trabajo modificado.

13) La aceptación del trabajo en su forma definitiva será comunicada por escrito a los autores. A partir de este momento no se aceptarán modificaciones, salvo solicitud explícita y fundamentada al CD.

14) Los trabajos originales quedarán en poder del CIDEt, se publiquen o no.

II. NORMAS DE ELABORACIÓN DE ORIGINALES

15) Los artículos completos deberán tener como máximo 6.000 palabras, 12 figuras y hasta 20 páginas. El CD podrá aceptar trabajos de mayor extensión en casos especiales. Las notas técnicas no deberán superar las 10 páginas. En todos los casos deberá utilizarse letra tipo Arial tamaño 11 puntos, y formato de hojas tipo A4, numeradas en el margen inferior derecho, con interlineado doble, sin separación automática de sílabas al fin de línea y con los cuatro márgenes de 2,5 cm.

16) Las tablas y figuras deberán insertarse en el texto del artículo y deberán ubicarse lo más cerca posible del sitio en el que son mencionadas. De acuerdo con su tamaño, podrán presentarse por separado, correctamente identificadas. Las figuras escaneadas deberán estar en formato TIFF y EPS, con 300 dpi de resolución. El CD podrá pedir a los autores, una vez aceptado el trabajo, que entregue las imágenes y los gráficos del artículo, con el formato, tamaño, dimensiones, resolución, etc. necesarios para la edición.

17) Los artículos científico-técnicos se organizarán siguiendo el esquema general en orden sucesivo: título en castellano, nombres del (los) autores, nombres y direcciones de la institución a la que pertenecen, título en inglés, resumen y palabras clave en inglés, resumen y palabras clave en castellano. Posteriormente, en el idioma que corresponda, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, (juntos o separados), conclusiones, lista de abreviaturas (si corresponde), agradecimientos, referencias y apéndices o anexos (si corresponde).

18) Título en castellano: deberá ser breve (no mayor de 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en inglés.

19) Autores: se colocarán los autores separados por punto y coma, situando primero el o los apellidos seguidos de una coma, y a continuación, el primer nombre e inicial del segundo con un punto.

20) Dirección: debajo de los autores se indicará la institución a la que pertenecen o dónde fue llevado a

cabo el trabajo. Si los autores pertenecen a distintas instituciones, luego de cada nombre se colocará un número entre paréntesis, estableciéndose así la referencia a las instituciones y sus respectivas direcciones. Se sugiere incluir los nombres de las secciones y dependencias imprescindibles. Señalar, entre paréntesis, las direcciones electrónicas personales.

21) Título en inglés: deberá ser breve (no mayor de 15 palabras), conciso y reflejar aspectos específicos del trabajo. Deberá corresponderse con el título en castellano.

22) Resumen en inglés (abstract): deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en castellano.

23) Palabras clave en inglés (Key words): el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma inglés, que servirán para catalogarlo en las bases de datos.³

24) Resumen en castellano: deberá ser una condensación de todas las partes del trabajo en 150 palabras como máximo, sintetizando los objetivos, los métodos, los resultados y las conclusiones. Debe corresponderse al contenido del Resumen en inglés.

25) Palabras clave en castellano: el artículo deberá contener 5 palabras clave en idioma castellano, que servirán para catalogarlo en las bases de datos.³

26) Introducción: debe presentar claramente el tema, haciendo solamente referencia a los antecedentes bibliográficos de interés. Los objetivos y las hipótesis deberán estar adecuadamente explicados.

27) Materiales y Métodos: el trabajo deberá describir en forma completa los materiales y metodologías utilizados. Las normas reconocidas deberán ser citadas pero no explicadas. Las técnicas publicadas deberán presentar en forma resumida sus características principales y las referencias correspondientes. Deberán detallarse todas las modificaciones efectuadas a cualquier norma o técnica.⁴

28) Resultados y Discusión: estas dos secciones podrán incluirse juntas o separadas. Los resultados se expondrán con estilo conciso y fácilmente entendible. La discusión de los resultados incluirá la comparación con resultados previos (propios o de otros autores, con las referencias correspondientes). Se deberá evitar la duplicación de información en tablas y gráficos.

29) Conclusiones: deben presentarse en párrafos cortos y concretos. No deben hacer referencia a trabajos futuros ni a hipótesis no incluidas en el trabajo.

30) Agradecimientos: podrán incluirse a los organis-

3- Si la disciplina que trata el artículo posee tesauros publicados, se sugiere utilizarlos para la definición de las palabras clave.

4- El criterio general es que con los datos de este ítem se pueda replicar correctamente el trabajo experimental.

mos que financiaron el trabajo, así como a los colaboradores y al personal técnico o especializado, especificando las tareas realizadas por cada uno. Como referencia institucional de los autores se colocará el nombre completo de la entidad y la sigla entre paréntesis, por ejemplo, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

31) Referencias: las citas bibliográficas deberán consignarse con números correlativos colocados entre corchetes o paréntesis, de tamaño igual al del texto. El texto puede incluir nombres de autores, pero conjuntamente figurar el número de referencia bibliográfica correspondiente. En el ítem correspondiente, se consignarán según el orden en que aparezcan en el texto. No se incluirán referencias que no figuran en el texto. Las referencias se colocarán según el estilo de la disciplina correspondiente, figurando, en todos los casos: apellido e iniciales de los nombres de los autores en ese orden; nombre de la publicación periódica completo o con las abreviaturas oficiales; volumen; número, páginas inicial y final, año de publicación⁵. En el caso de libros: nombre; capítulo; editorial, páginas y año de edición. Las páginas web deberán tener la fecha de consulta.

Ejemplos orientativos:

1. Atanassov, Z; Zheringe, P y Wharton D. *Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set*. Appl. Environm, Chem. 48: p. 993-998.1994.
2. Cole, R.J. y Cox R.H. *Handbook of Toxic Fungal Metabolites*. Assoc.Press, New York. p 356-379.1981.
3. Cotty, P.J. *Agriculture, Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus*. K.A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1-27.1994.
4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998).

32) Apéndices o Anexos: se reservan para detallar técnicas originales utilizadas o análisis teóricos que impedirían seguir fluidamente el trabajo si se incluyeran en el texto. Las tablas de los apéndices pueden llevar números correlativos con los del texto o comenzar otra numeración.

33) Figuras: las figuras (gráficos, cuadros, fotografías, otros) deberán numerarse correlativamente en orden de aparición en el texto y deberán incluir un breve título explicativo en la parte inferior de la figura. Las imágenes y fotografías se designarán como figuras.

34) Tablas: las tablas deberán numerarse correlativa-

mente según su orden de aparición en el texto y en forma independiente de las figuras. Deberán incluir un título explicativo en su parte superior. De ser necesario se agregarán al pie notas explicativas para detallar abreviaturas, signos, medidas, otros, de tal manera que el lector pueda comprender su contenido sin recurrir al texto.

35) Fórmulas: las fórmulas y expresiones matemáticas deberán ser escritas dejando dos espacios sobre, debajo y entre cada una de ellas. Las fórmulas se ajustarán al margen izquierdo y serán numeradas correlativamente y entre paréntesis sobre el margen derecho. Debe quedar definido el significado y las unidades utilizadas en cada término de las expresiones.

36) Unidades: debe utilizarse el sistema internacional de unidades (SI).

37) Presentar además:

- Un título resumido del trabajo, de 9 palabras como máximo.

- Datos de los autores: apellido y Nombres; Título de Grado; Estudios de Posgrado; Cargo / Posición en el lugar de trabajo; Categoría en el Sistema de Incentivos a los Docentes – Investigadores (si es argentino) o similar.

5- Además de las que poseen signatura, se podrán colocar referencias inéditas o en prensa (indicando la revista en que se publicarán), comunicaciones personales y páginas web.

GUIDE FOR CONTRIBUTORS

I. SCOPE OF THE JOURNAL

1) The Science and Technology Journal (Rev. cienc. tecnol.) publishes original articles which represent a contribution to scientific and technological development. It includes basic and applied research and technological development works, bibliography reviews of high impact, technical notes, and occasionally, case studies deserving being published because of their relevance¹.

2) The areas of coverage of the Journal are the exact, chemical and natural sciences with their corresponding technology. The ultimate decision about the pertinence of an article submitted, will be in charge of the Board of Director (BD).

3) Contributors interested in publishing articles in the Rev. cienc. tecnol. will submit their work in accordance with the norms specified below.

4) The articles submitted for publication should not have "copyright" granted to third party, to the date of submission of the article. If so, the contributor will have to obtain, before whom it may concern, the written authorization for this new publication in the Rev. cienc. tecnol.

5) The concepts and opinions expressed in the articles published and the use others could make of them are of exclusive responsibility of the contributors, which is assumed from the contributors solely submitting the article for its publication. The Journal will be published in Spanish and English, with titles, abstracts and keywords in both languages.

II – SUBMISSION AND REVIEW OF ARTICLES

6) The official languages of the Journal are Spanish and English. The manuscripts in Spanish will follow the grammar rules and usage established by the latest edition of the Diccionario de la Real Academia Española. Terms in foreign languages must be avoided, if an equivalent expression in Spanish exists. The manuscripts in English

will follow the grammar rules and usage established in the Longman Dictionary of Contemporary English 4th Edition, being applied here what is mentioned about the Spanish language.

7) The manuscript will be submitted in electronic format as a Word file, as e-mail attachment, to recyt@fc.eqyn.unam.edu.ar. The autor must present 1 (one) printed copy of the last version of the article, to the Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CIDEt)², to facilitate its edition. All communications with the authors (revision and articles acceptance) will be done by email.

8) The works for publication will be submitted to a first internal evaluation of pertinence, general quality and category in charge of the BD, and subsequently to an external evaluation of relevance and scientific quality by members of the Editing Board (EB). The EB is made up of well-known specialists in their corresponding fields from the Rev. cienc. tecnol.

9) The general process of evaluation consists of a detailed critical review of the contents and the structure of the article, the recommendation or not of its publication, and occasional corrections.

10) The BD reserves the right to reject the work which does not belong to the areas involved, does not follow the norms established or does not have the scientific quality required. Also, it reserves the right to carry out minor modifications of edition for a better final presentation of the work.

11) The BD will notify al author the acceptance or rejection of the article. If necessary, they will be requested to carry out the modifications suggested to proceed to the pertinent procedures prior to publication.

12) Contributors will carry out the corrections and modifications required by the BD and the EB within 30 days. Contributors will be able to request explanations for the corrections to the CIDEt. The BD will decide in this case, and will carry out the review of the rewritten work.

1- An article is considered a piece or work when it presents the result and the conclusions of a complete research work. This will have the category of technical article when it treats issues like calibrations, methodological proposals, opinions on norms, resolution of operative problems, etc.

2- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552 (3300) Posadas, Misiones, Argentina.

13) The acceptance of the work in its definitive form will be communicated to the contributors in written form. Since then, modifications will not be accepted, except explicit and justified request before the BD.

14) The original works will remain at the CIDeT, whether published or not.

II – MANUSCRIPT WRITING RULES

15) The maximum number of words for each article is 6.000 words, 12 figures and up to 20 pages. The BD could accept longer contributions in special cases. The technical notes should not be over 10 pages. In all cases, Arial font 11, and sheet size A4 should be used, numbered on the right lower margin, double spaced and the four margins of 2.5 cm.

16) Tables and figures will be inserted in the text and located as close as possible to the place where they are mentioned. According to their size, they could be presented separately, appropriately identified. The scanned figures will be in TIFF and EPS, and with 300 dpi of resolution. The BD could ask contributors, once the work has been accepted, to submit the figures and the graphs of the article, with the format, size, dimensions, and resolution, etc., necessary for editing.

17) The scientific-technical articles will be organized following the general plan in successive order: title, names of contributor/s, names and addresses of their institution, title, abstract, summary, keywords in English, summary and keywords in Spanish. Afterwards, in the corresponding language: introduction, materials and methods, results and discussion (together or separate), conclusions, list of abbreviations (if pertinent), acknowledgements, references and appendices or attachments (if pertinent).

18) Title in Spanish: it will be brief, (no longer than 15 words), concise and it will reflect specific aspects of the work. It will correspond to the title in English.

19) Contributors: names of contributors will appear separated by semicolons, mentioning surname/s first followed by a comma, next the first name and initial of the middle name followed by a stop.

20) Address: under the name of the author, the name of the institution of the contributor or the place where the work was carried out will appear. If they belong to different institutions, a number between brackets after each name will indicate their institutions and their respective addresses. The inclusion of the names of essential

departments/organizations is recommended. Also, personal e-mail addresses will be included between brackets.

21) Title in English: it will be brief (no more than 15 words), concise and will reflect specific aspects of the work. It will correspond to the title in Spanish

22) Abstract in English: the abstract will reflect the content of the work written in English.

23) Key words: key words must be expressed in English.³

24) Summary in Spanish (resumen): all parts of the work will be condensed into no more than 150 words, summarizing the objectives, the methods, the results and the conclusions. It will correspond to the abstract in English

25) Key words in Spanish (palabras clave): the article will include 5 key words in English and Spanish which will make it possible to catalogue it in the databases³.

26) Introduction: it will clearly present the topic, making reference only to bibliographic references of interest. The objectives and hypotheses of the work will be properly described.

27) Materials and Methods: the contribution will thoroughly describe materials and methods used. Well-known rules will be cited only but not explained. The published techniques must briefly present the main characteristics and the corresponding references. Modifications made to any technique will be fully detailed.⁴

28) Results and Discussion: both sections can be included together or separately. The results will be shown with a concise and easily comprehensible style. The discussion of the results will include the comparison with previous results (own or of other authors' results, with the corresponding references). Duplication of information in charts and graphs will be avoided.

29) Conclusions: they will be presented in concrete short paragraphs. They will refer neither to future works nor to hypotheses not included in the work.

30) Acknowledgements: organisms financing the work may be included, as well as collaborators, and specialized or technical personnel, specifying the task performed by each of them. In the contributor's affiliations, the full name of the entity with its acronym between brackets, for example, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) will be admitted.

31) References: the bibliography will be mentioned and numbered with the number between round or square brackets, with the same font of the text. Names of authors

3- If the article belongs to a discipline with publisher tesauri, they should be used for the definition of key words.

4- General criteria assumes with data from this item experimental work could appropriately replicated.

may be included in the text but together with the corresponding bibliographic reference number. In the corresponding item, they will be mentioned in the order of appearance in the text. References not used in the text will not be included. As regards the reference format, they will appear according to the corresponding disciplines, appearing in all cases, the surname and the initials of the names of the authors will be mentioned in this order; full name of the journal or their official abbreviations; issue, number, first and last pages, year of publication⁵. In the case of books: name; chapter; publisher, page number and editing year. Web pages will contain date of access.

Guiding examples:

1. Atanassov, Z; Zheringe, P and Wharton, D. *Evaluation of Wheat Response to Fusarium Head Blight Bases on Seed Set*. Appl. Environm, Chem.48: p. 993-998. 1994.

2. Cole, R.J. and Cox, R.H. *Handbook of Toxic Fungal Matabolites*. Assoc. Press, New York. p 356-379. 1981.

3. Cotty, P. J. Agriculture, *Aflatoxins and Aspergillus in The genus Aspergillus*. K.A. Powll, Editor. Plenum Press, New York. p 1-27.1994.

4. National Agricultural Statistics Service (1997) Crops county data [Online]. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/data-sets/crops/9X100> (verified 30 Nov. 1998)

32) Appendices or Attachments: they are reserved to give details on original techniques used or theoretical analyses which could hamper understanding of the work, should they be included in the text. The tables in the appendices can follow the numbering of the text or they can have a different numbering.

33) Figures: (diagrams, graphs, photographs and others) will have a running numbering in the order they appear in the text and they should include a brief explanatory title below. Photographs will be considered figures.

34) Tables: they will have running numbers according to the order in which they appear in the text and independently from the figures. They will include an explanatory title above them. If necessary, footnotes will appear to give more details about abbreviations, signs, measures and others, in such a way that the reader can understand their content without going to the text.

35) Formulae: formulae and mathematical expressions will be written leaving double space over, below

and between them. Formulae will be on the left margin and they will have running numbering between brackets on the right margin. The meaning and the units used will be clearly defined in every term of the expressions.

36) Units: the international system of units (IS) must be used.

37) Also submit:

- A summarised title of the work in no more than nine words.

- Contributors' details: Surname and Names; Graduate Degree; Post-Graduate Studies; Place of Work; Position; Category in the Incentive System – Researchers (if he/she is Argentinean) or alike.

5- Besides the ones having catalogue number, unpublished references or in press (indicating the journal where they will be published), personal communications and web pages will possibly be added.

CONFIRMACIÓN DE AUTORÍA Y DERECHOS DE PUBLICACIÓN
al presentar un trabajo, completar y enviar por fax a la revista

Fecha: _____

Los autores del trabajo titulado:

confirman a través de sus firmas al final del texto que:

1. este trabajo no fue enviado para publicación a ninguna otra revista científica;
2. cada autor leyó y aprobó el trabajo enviado;
3. si el trabajo pudiera afectar los derechos humanos, o ser causa de un eventual daño al medio ambiente, a los animales y/o a las generaciones futuras, los autores deberán informar las previsiones tomadas para evitar riesgos emergentes y garantizar el buen uso y manejo de la información,
4. eventuales contenidos del texto o figuras u otras partes del manuscrito tomados de otras publicaciones están debidamente citados y en caso necesario, los permisos para publicaciones de tales partes son de responsabilidad de los autores;
5. en el caso específico de la Investigación Biomédica, los investigadores deben conocer y realizar las salvaguardas previstas en todos los requisitos éticos, legales y jurídicos, establecidos en las normas bioéticas nacionales e internacionales¹,
6. los autores no tienen conflictos personales, financieros u otro tipo de conflictos de intereses y no han realizado ningún acuerdo que pueda interferir con el acceso a los datos de la investigación.

Nombre completo	Firma	Dirección electrónica

1- Nacionales: Disposición ANMAT 5330/97. Internacionales: Código de Nüremberg, Declaración de Helsinki y sus modificaciones, Declaración Universal sobre Genoma Humano y Derechos Humanos aprobada por la Conferencia General de la UNESCO, del 11 de noviembre de 1997.

CONFIRMATION OF AUTHORSHIP AND PUBLICATION REGULATIONS
When submitting a manuscript, please complete and fax to the journal

Date: _____

The authors of the manuscript entitled:

by signing at the end of this text, certify that:

1. This article has not been previously published and is not under consideration for publication elsewhere;
2. All authors have seen and approved the manuscript being submitted,
3. If the article affects the human rights in any way, or is a reason of possible damage to the environment, animals and/or future generations, the authors will have to inform the precautions taken to avoid consequent risks and to guarantee the good use and managing of the information,
4. Contents of the text or figures or other parts of the manuscript taken from other publications should be declared when submitting; and in such a case, the permissions for publications of those parts are the author's responsibility;
5. In the specific case of the Biomedical Research, the investigators must know and be sure about all the ethical, legal and juridical requirements, established in the national and international bioethical procedures¹,
6. The authors have no personal, financial or another type of conflicts of interests and have not assumed any agreement that could interfere with the access to the information of the research.

Full Name	Signature	e-mail

1- National: ANMAT 5330/97 file. International: Nüremberg Code; Helsinki's declaration with modifications, Universal Declaration about Human Genome and Rights proved by UNESCO General Conference; on November 11th, 1997.

