

Revista de Ciencia y Tecnología

Ingeniería y Tecnología

AÑO 11 / Nº 11 / 2009

ÍNDICE

- 4 Pan de fécula de mandioca con leche. Comportamiento físico al adicionar un emulsionante. / Laura B. Milde, Karina G. González, Carolina Valle Urbina, Alexis Rybak.
- 9 Aumento de la velocidad de convergencia del sistema de Rachford-Rice. / Omar A. Iglesias, Estanislao J. Petryla.
- 14 Mercosur: análisis comparativo de la legislación de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay sobre yerba mate comercializada. / Norma B. Parodi, Adriana E. Brignardello, Rodolfo G. Känzig, Carmen M. Floridia; Ramón A. Linares.
- 20 Distribución radial de polifenoles en troncos de *Eucalyptus grandis*. / Carlos E. Núñez.
- 26 Morfología fibrosa de la madera del *Eucalyptus grandis* implantado en la Mesopotamia argentina. 2. Definición de los tipos morfológicos de fibras. / Carlos E. Núñez.
- 33 Recuperación ambiental de un área verde urbana. / A. Neckel, A. Pandolfo, J. W. J. Rojas, G. Fanton, M. Salles, L. Pandolfo, J. Kurek.
- 42 Influencia de la composición en la extracción de los solubles de la yerba mate. / Omar P. Sabbatella, Jorge J. Pokolenko, Miguel E. Schmalko.
- 48 Densidad de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) y Rabo Itá (*Lonchocarpus leucanthus* Burk.) en función del ancho de anillos y porosidad / José D. Vega, Teresa M. Suirezs.
- 55 Metodología de superficie de respuesta para optimizar panificado libre de gluten con grasa, huevo y leche. / Laura B. Milde, Carolina Valle Urbina, Alexis Rybak, Carlos Oliveira, Karina G. González.
- 59 Comportamiento de barro de fábrica de gelatina usado como abono orgánico. / Ester Ruda, Ester Ocampo, Adriana Mongiello, Adriana Acosta, Graciela Olmos, Liliana Contini.
- 66 Guía para autores.
- 69 Guide for contributors.
- 72 Confirmación de Autoría y Derechos de Publicación. / Confirmation of Authorship and Publication Regulations.



- **SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO. FCEQYN-UNAM**
Secretaria: Dra. Marina Quiroga

- **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 INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. Stella Maris Alzamora. UBA. Alimentos.
Dra. Sandra Guerrero. UBA. Lab. de Tecnología de Alimentos. Dpto. de Industrias. Alimentos.
Dra. Susana Zorrilla. Universidad Nacional del Litoral. Tecnología de los Alimentos - Lácteos
Dr. Arturo Carlos Simonetta. Universidad Nacional del Litoral. Cátedra. de Microbiología, Dpto. de Ing. en Alimentos, Fac. de Ing. Quím. 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. U. N. de Mar del Plata. Dpto. de Ind. y Med. Amb., 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. U.N. de Rosario. Instituto de Física Rosario. Materiales.
Dr. José Ovejero García. CAC-CNEA. Dpto. Materiales. 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. Celulosa y papel.
Dr. Miguel Zanuttini. U.N. del Litoral. Instituto de Tecnología Celulósica. Celulosa y papel.
Dr. Jorge E. Monzon. Universidad Nacional Del Nordeste. UNNE. Informática.
Dr. J. Carlos Villar Gutiérrez. Laboratorios de Celulosa y Papel. CIFOR-INIA. Madrid, España. Celulosa y papel.
Dra. Alicia Bevilacqua. Universidad Nacional de La Plata. Ingeniería y Tecnología de los Alimentos.

EQUIPO EDITORIAL

Armado de interior y tapa: Francisco A. Sánchez.
Revisión de texto: Julia Renaut.
Revisión de texto en inglés: Cristina E. Mayol, M. A.
Colaboradores Técnicos: Zulma Achar y Víctor Narvaez.

In memoriam
Héctor Ramón Russo

Ingeniero Químico, egresado de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral (1973). Magíster en Gestión Ambiental y Ecología, Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste (1998). Docente-Investigador Categoría II (dos), otorgada por la Comisión Nacional de Categorizaciones (2000).

Profesor Regular Titular de la Cátedra Proyecto de Industria (Plan 1983) y a cargo de la Asignatura Servicios Industriales II (Plan 1996), ambas de la carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la Universidad Nacional de Misiones. Además docente de la Orientación Ingeniería Ambiental de misma carrera.

Director del Programa “Efluentes Industriales y Urbanos” del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM. Miembro Fundador del Instituto de Ciencias Ambientales (ICADES) dentro del ámbito de la FCEQYN, UNaM. Profesional destacado en la actividad particular, en las áreas de ingeniería sanitaria y ambiental.

Hasta aquí su CV público. Sin embargo, quienes tuvimos la suerte de trabajar a su lado, no podemos dejar de recordarlo como un gran ser humano, solidario y generoso, como un colega entusiasta y emprendedor y como un trabajador infatigable. Su visión institucional era que todos debíamos crecer, para nivelar siempre hacia arriba. Iniciaba proyectos de toda índole, que apenas consolidados dejaba en nuevas manos, para comenzar con otros. Optimista hasta lo increíble, aún en los peores momentos, su frase más escuchada era: ...”No te preocupés, todo va a salir bien, hay que darle para adelante”... Y así fue que logramos concretar el Departamento de Industria y Medio Ambiente, el Instituto de Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible, y el Proyecto de Maestría homónima.

En su gestión al frente de la Fundación Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, emprendió y apoyó numerosos proyectos, entre ellos, la Revista de Ciencia y Tecnología. Con la Fundación financió los primeros números, y aún cuando la Revista comenzó a recibir apoyo económico institucional, siempre estuvo dispuesto a colaborar para cubrir los baches financieros que eventualmente se producen.

Por todo lo anterior, dedicamos este número de nuestra revista al amigo Héctor, a quien recordaremos siempre.

María Cristina Area

PAN DE FÉCULA DE MANDIOCA CON LECHE. COMPORTAMIENTO FÍSICO AL ADICIONAR UN EMULSIONANTE

Laura B. Milde, Karina G. González, Carolina Valle Urbina, Alexis Rybak

CASSAVA STARCH BREAD WITH MILK. PHYSICAL BEHAVIOR UPON ADDING AN EMULSIFIER

ABSTRACT

The effect of monoglyceride addition to a bakery product based on cassava starch with addition of milk (protein additive) was studied, analysing its physical properties. Two types of bread with cassava starch, corn flour and other additives were prepared, adding Monoglyceride to one of them. In addition, textural properties (elasticity, firmness and recovery of firmness), the specific volume and the percentage of weight loss were measured, in order to establish if these parameters were influenced by the use of such emulsifier. No significant differences were observed in most of the properties tested, except in the recovery of firmness. It was concluded that the emulsifier did not improve the evaluated product characteristics its use being unnecessary. Its use means an increase in the cost of the bread and represents an artificial aggregate not recommended in the diet of people with intestinal disorders, like celiacs.

KEY WORDS: monoglyceride, bakery products, Cassava starch, physical properties celiacs.

RESUMEN

Se estudió el efecto del agregado de monoglicérido a un producto panificado a base de fécula de mandioca con la adición de leche (aditivo proteico), analizando las propiedades físicas. Se prepararon dos formulaciones con fécula de mandioca, harina de maíz, leche y otros aditivos, incorporando a uno de ellos un monoglicérido. Se midieron las propiedades texturales (elasticidad, firmeza y recuperación de la firmeza), el volumen específico y el porcentaje de pérdida de peso con el propósito de establecer si se vieron influenciadas con el uso de dicho emulsionante. No se observaron diferencias significativas en la mayoría de las propiedades ensayadas, excepto en la recuperación de la firmeza. Se concluyó que no es necesario el uso del emulsionante, por cuanto el mismo no mejora las características del producto, significa un aumento en el costo del panificado y representa un agregado artificial no recomendable en la dieta de individuos con trastornos intestinales, como las personas celíacas.

PALABRAS CLAVE: monoglicérido, panificados, fécula de mandioca, propiedades físicas, celíacos.

INTRODUCCIÓN

Una opción para la elaboración de panificados es la utilización de fécula de mandioca proveniente de la raíz de la planta *Manihot esculenta*, también conocida como yuca, tapioca, cassava o comúnmente mandioca. Es uno de los alimentos más importantes cosechados en suelos donde hay baja disponibilidad de nutrientes, siendo capaz de sobrevivir en condiciones de sequía [1]. Su origen se remonta a regiones del noreste, suroeste y centro de Brasil y México, a partir de donde se extendió a regiones tropicales y subtropicales del mundo (África, Caribe, etc.) [2]; también es un producto característico de la zona de Misiones, Argentina. Es excelente porque crece bajo condiciones subóptimas, ofreciendo la posibilidad de usar tierras marginales para aumentar la producción agrícola [3]. La composición de la raíz de mandioca es: humedad 70 %, almidón 24 %, fibras 2 %, proteínas 1 % y otras sustancias, incluidas minerales 3 %, produciendo un 40 % más de carbohidratos que el arroz y un 25 % más que el maíz [4]. Como su costo de

producción es bajo y posee un nivel alto de calorías, es utilizada para la alimentación de humanos y animales. En la provincia de Misiones existen más de 10 fábricas procesadoras de fécula de mandioca y a pesar de ello su uso está escasamente difundido, utilizándose únicamente para recetas regionales, como la elaboración de “chipa”, alimento muy consumido en nuestra región y en Paraguay. A fin de aprovechar la disponibilidad de este ingrediente, se trabajó en la formulación de pan que ampliará la oferta de productos para aquellas personas con problemas de absorción, particularmente celíacos [5, 6]. Los celíacos deben tener una dieta libre de trigo, avena, cebada y centeno (sin TACC) [7, 8, 9] y la mayoría de los panificados existentes en el mercado para ellos es a base de harina de arroz [10, 11, 12, 13]. Desde el punto de vista tecnológico una de las desventajas que presenta la utilización de la fécula de mandioca para elaborar panes, es la ausencia de una red proteica que retenga el gas CO₂ producido durante la fermentación, necesario para un producto panificado. Las propiedades de extensibilidad y elasticidad propias del pan

de trigo son aportadas por las proteínas del gluten [14]. Al cambiar la matriz por una libre de gluten y evitar la utilización de trigo, debido a que también serán destinados a personas que necesitan dietas especiales, es necesario evaluar si la incorporación de un emulsionante mejora sus características físicas y por consiguiente, las propiedades sensoriales. Los emulsionantes tienen como función principal, reforzar la masa haciéndola más tolerante a los esfuerzos a que se somete durante la panificación y por ende mejora su comportamiento, favoreciendo una mejor retención del gas, obteniéndose así productos de mayor volumen, con miga más fina y uniforme [13]. Actúan en diferentes etapas de la panificación: en el amasado, las piezas retienen más aire en las masas, aumentando la extensibilidad; en la etapa de fermentación, aumentan la retención del gas, permitiendo reducir el tiempo de fermentación; también en el horneado mejoran la textura y disminuyen la pérdida de agua [16]. Los Monoglicéridos son productos utilizados como emulsionantes, de síntesis química que se consiguen en el mercado a un costo no muy accesible; se emplean en panadería por su notorio efecto de retardar el endurecimiento [17]. El objetivo del siguiente trabajo es evaluar la influencia del agregado de Monoglicérido en las características físicas: volumen específico (v), porcentaje de pérdida de peso (% PP), y propiedades texturales (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza) de un pan a base de fécula de mandioca a fin de determinar si es necesaria su incorporación a la formulación.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizó como emulsionante Monoglicérido (Multec mono 9402 sfp), por ser de uso común en panificados en nuestra comunidad y porque se obtuvo como donativo de Industrias Puratos S.A.

Se elaboraron dos formulaciones, con la única diferencia del agregado de Monoglicérido a una de ellas. Para la preparación de los panes ensayados se utilizaron los siguientes ingredientes: mezcla de 80% de fécula de mandioca (Ranchito, Misiones, Argentina) sin TACC, y harina de maíz (Indelma, Santa Fé, Argentina); ingredientes básicos del pan: levadura de cerveza (Calsa, Buenos Aires, Argentina) en agua, azúcar (Ledesma, Jujuy, Argentina) y sal (Celusal, Tucumán, Argentina). Como aditivos se utilizó huevo, leche (Ilolay, Santa Fé, Argentina) y grasa vegetal (Margadán, Buenos Aires, Argentina) estos últimos sin TACC. La preparación de la masa se realizó de manera artesanal, mezclando los ingredientes y aditivos en un multiprocesador (Philips, Brasil) posteriormente se procedió al amasado manual durante 10 min, hasta la formación de una masa homogénea que fue colocada en moldes para horno, previamente engrasados, dejándose levar durante 20 min a 35 °C. Luego fueron llevados al horno de una cocina domiciliaria con control de temperatura (Whirlpool, Argentina)

durante 20 min a 240 °C, subiendo la temperatura a 280 °C por 10 min en la fase final de cocción y se dejaron enfriar antes de su evaluación. Todos los pasos de manufactura fueron previamente optimizados por el grupo de trabajo.

Se determinaron las propiedades físicas de las muestras ensayadas: volumen específico [18] porcentaje de pérdida de peso [19], y propiedades texturales (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza) [20]. Se realizaron cuatro repeticiones para cada formulación. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente a través de un ANOVA SIMPLE y posteriormente evaluados mediante test de Tukey.

El volumen específico del pan se determinó como el cociente entre el volumen del mismo y su peso; el volumen se obtuvo midiendo con una regla graduada, el ancho, el largo y el alto de cada muestra y el peso mediante balanza (Soehnle, Alemania). El porcentaje de pérdida de peso se determinó pesando el pan antes y después de la cocción, lo cual tiene una correspondencia con la pérdida de agua durante la misma.

Se realizó la determinación de la textura a través de ensayos de doble compresión, llevando la compresión hasta un 50 % de la altura del producto; se utilizó una Máquina Universal de Testeo Instron (Adamel Lhomargy, modelo DY32), con una celda de carga de 1000 N, provisto de placas de compresión de 20 cm x 20 cm; utilizando una velocidad de compresión de 100 cm/min; las muestras evaluadas fueron de igual medida. Se obtuvieron perfiles de textura (Figura 1) que representan la carga de compresión aplicada en función de la longitud de compresión. De dicho perfil se extrajeron los parámetros mecánicos que describen objetivamente la textura: firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza, mediante los siguientes cálculos:

$$\text{Firmeza} = Y$$

$$\text{Elasticidad} = A/B \times 100$$

$$\text{Recuperación de la Firmeza} = X/Y \times 100.$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedios de las determinaciones del volumen específico y el porcentaje de pérdida de peso se resumen en la Tabla siguiente:

Tabla 1. Efecto de la adición de monoglicérido en el volumen específico y el porcentaje de pérdida de peso de un producto panificado a base de fécula de mandioca y leche.

Propiedades	Pan con Monoglicérido	Pan sin Monoglicérido
Volumen específico (cm ³ /g)	2,22	2,29
Porcentaje de pérdida de peso (% g/g)	13,75	14,07

En la Figura 2 se grafican los resultados estadísticos.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas respecto al volumen específico ($p = 0,2151$) y el porcentaje de pérdida de peso ($p = 0,6016$) entre el pan con monoglicérido y el pan sin monoglicérido.

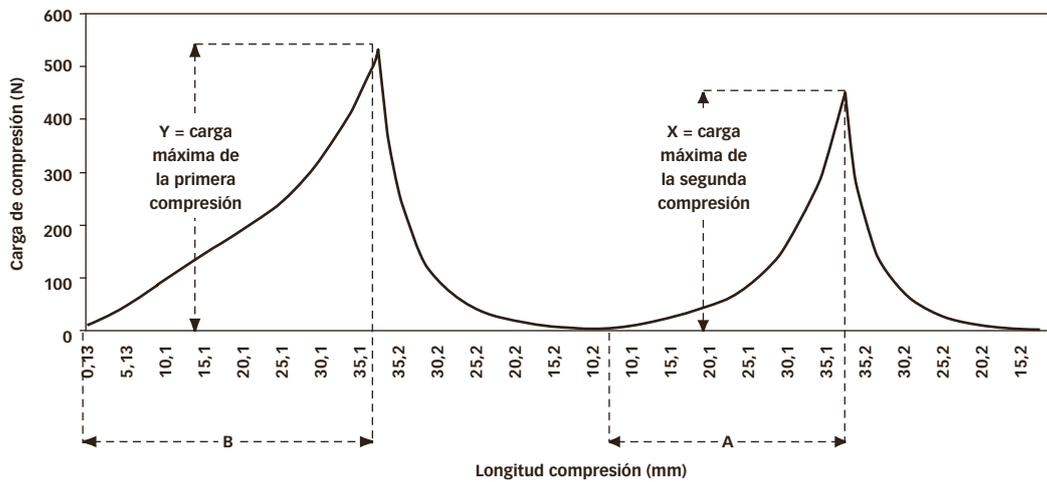


FIGURA 1. Perfil gráfico de textura.

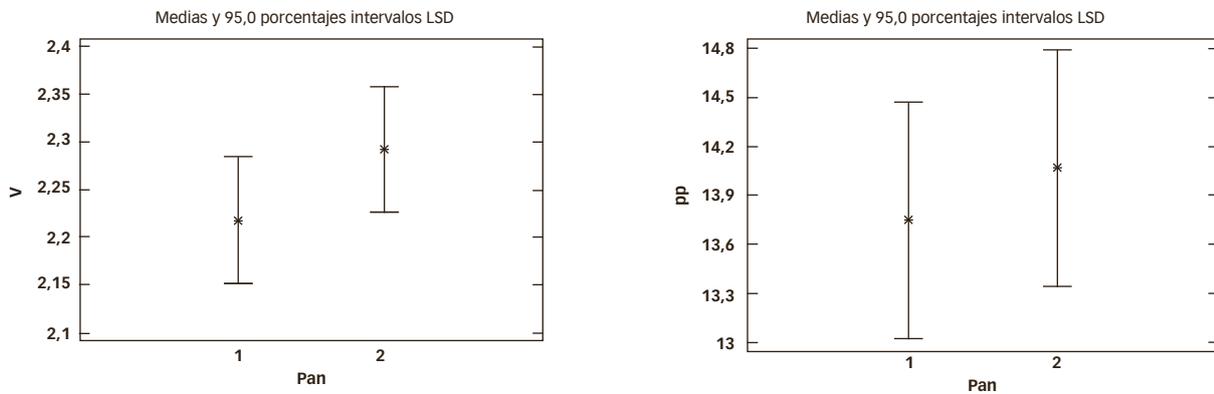


FIGURA 2. Test de Tuckey de volumen específico "v" y porcentaje de pérdida de peso "pp". 1: pan con monoglicérido; 2: pan sin monoglicérido.

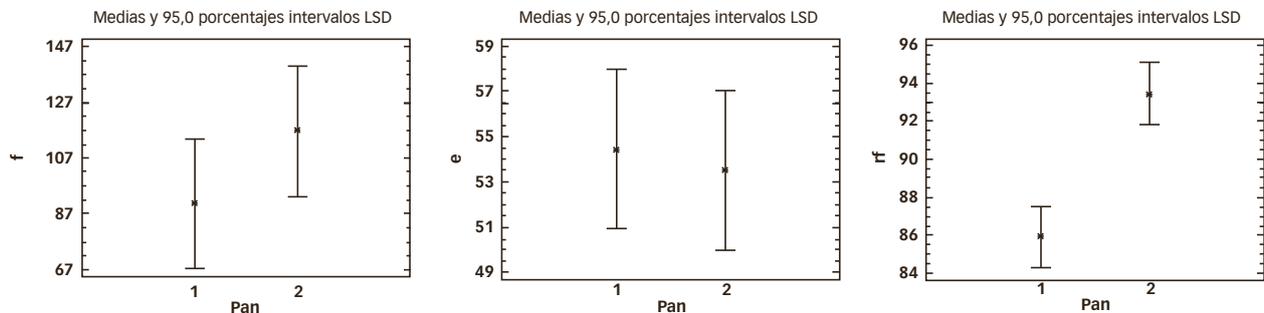


FIGURA 3. Test de Tuckey de firmeza "f", elasticidad "e" y recuperación de la firmeza "rf". 1: pan con monoglicérido; 2: pan sin monoglicérido.

Respecto al análisis de textura, los resultados promedios se resumen en la Tabla 2:

Tabla 2. Efecto de la adición de monoglicérido en las propiedades texturales de un producto panificado a base de fécula de mandioca y leche.

Propiedades	Pan con Monoglicérido	Pan sin Monoglicérido
Elasticidad % (mm/mm)	54,46	53,48
Firmeza (N)	90,75	116,90
Rec. de la firmeza % (N/N)	85,92	93,46

En la Figura 3 se presentan los resultados estadísticos de la firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza.

Estadísticamente se encontró que, únicamente para la recuperación de la firmeza ($p = 0,01$) hay una diferencia

significativa entre el pan con y sin monoglicérido. La recuperación de la firmeza fue inferior para el pan con monoglicérido, por lo que se podría deducir que sólo la masticabilidad se ve levemente mejorada con el agregado del mismo. La elasticidad ($p = 0,6180$) y la firmeza ($p = 0,1373$) no se vieron influenciadas por el aditivo.

Tampoco se observaron diferencias en el aspecto de ambos productos, como se muestra en la Figura 4.

De los resultados se desprende que el uso de monoglicérido no modifica apreciablemente las características físicas de los panes ensayados; el no agregado del mismo, implicaría una reducción del costo y la obtención de un panificado más natural. Esto último redundaría en un beneficio para una población en particular, los celíacos, potenciales consumidores de dicho producto.

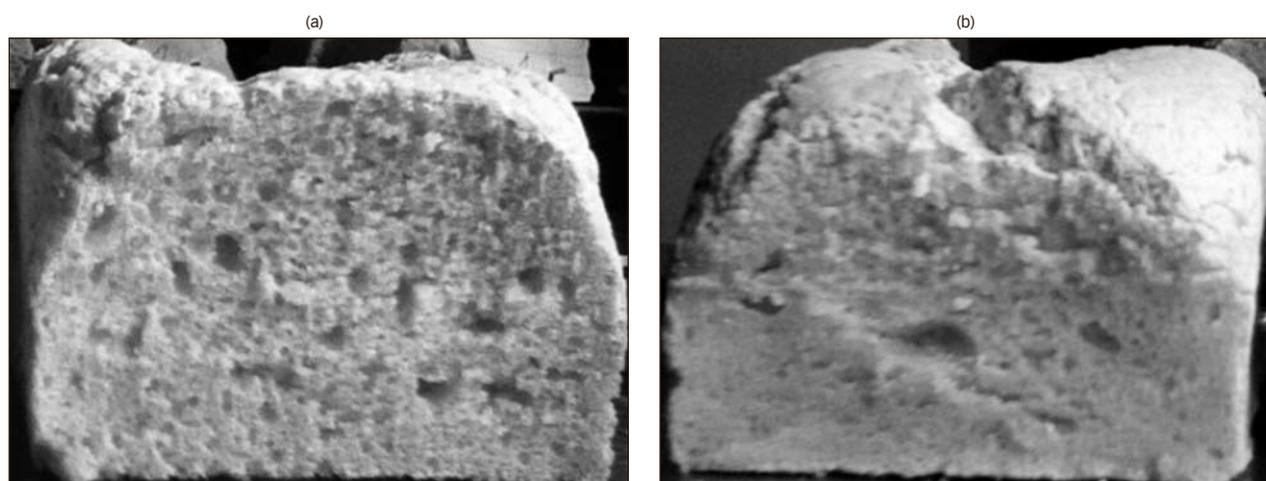


FIGURA 4. Aspecto general a) pan con monoglicérido; b) pan sin monoglicérido.

CONCLUSIÓN

El agregado de monoglicérido a los productos panificados a base de fécula de mandioca ensayados, no modifica de manera apreciable las características físicas: volumen específico, porcentaje de pérdida de peso y propiedades texturales (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza), por lo que no se justifica su utilización.

Este trabajo es novedoso debido a que no se encontraron antecedentes en la literatura de la combinación de elevadas cantidades de fécula con otras harinas, en condiciones similares a este trabajo, mostrándose una alternativa interesante para el aprovechamiento de esta materia prima regional.

AGRADECIMIENTOS

Auxiliar de Investigación: Carlos Héctor Oliveira Industrias Puratos S.A. Buenos Aires. Argentina.

PROCyP. Programa de Celulosa y Papel de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNAM. Misiones. Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Burrell, M. M. *Starch: the need for improved quality or quantity an overview*. Journal of Experimental Botany, vol. 54, N° 382, p. 451–456, 2003.
2. <http://www.botanical-online.com/mandioca.htm> (casava, tapioca, yuca, mandioca) Propiedades de la yuca. Características de la mandioca (=aypi o pan de tierra caliente).
3. Cock, J. H. *Cassava: a basic energy source in the tropics*. Science, vol. 218, N° 4574, p. 755–762, 1982.
4. Tonukari, N. J. *Cassava and the future of starch*. Biotechnology issues for developing countries. Valparaíso, Chile. Vol. 7, N° 1, p. 5–8, 2004.
5. Cacho Acosta, G.; Espinel Díez, J.; Fraga Rivas, E.; Lledó Navarro. *Enfermedad celíaca*. Medicine Serie V. 2, p. 139–147, 1993.
6. De Rosa, S.; Pini, A. S.; Ruiz, J. A.; Guastavino, E. *Enfermedad Celíaca. Epidemiología y clínica*. Acta Gastroenterología Latinoamericana. Vol 21, p. 158, 1991.
7. Cruchet, S. M.; Verbeke, S. P. *Dieta libre de Gluten y disminución del riesgo de asociación de enfermedades autoinmunes en paciente celíaco*. Revista Chilena de Nutrición, Vol. 30, N° 2. Santiago, 2003.
8. Silva Rodríguez, J.; Cátedra Cerón, M.; Domínguez Hierro, T.; Castilla Bonete, A.; Sierra Camerino, I.; Balsera, M.; Sánchez, M. *Estudio de la relación tiempo/grado de respuesta tras la supresión del gluten de cereales en la dieta de celíacos adultos*. Nutrición Hospitalaria. Vol. 19, suppl. 1. Madrid, 2004.
9. Casellas, F.; López Vivancos, J.; Malagelada, J. R. *Epidemiología actual y accesibilidad al seguimiento de la dieta en la enfermedad celíaca del adulto*. Revista especialista enfermedades digestivas, Vol. 98 (6), p. 420–8, 2006.
10. Tafarel, J.; Revertido, S.; Larrivey, M. *Tapas para empanadas aptas para celíacos*. Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Bromatología. Trabajos de cátedra tecnología alimentaria, 2000.
11. Martínez, L.; Vasallo, D. *Pan dulce apto para celíacos*. Universidad Nacional de Entre Ríos. Facultad de Bromatología. Trabajos de cátedra tecnología alimentaria, 2000.
12. Fernández, V.; Mainarde, G. *Tallarines secos de soja*. Universidad Nacional de Entre Ríos: Facultad de Bromatología. Trabajos de cátedra tecnología alimentaria, 2002.
13. Specher Sierra, M. A. *Desarrollo de un producto de panificación apto para ser consumido por personas con esprue celíaco*. Universidad del Valle de Guatemala. Tesis. p. 12–13, 2005.
14. Wieser, H.; Seilmeier, W.; Belitz, H. D. *Use of RP–HPLC for a better understanding of the structure and functionality of wheat gluten proteins in High Performance Liquid Chromatography of Cereal and Legume Proteins*. American Association of Cereal Chemist. Minesota USA. p. 235–272, 1994.

15. **Badui, S.** Química de los alimentos. 3° ed. Ed. Longman de México S. A. México. 648 p, 1999.

16. **Eskin, M.** Biochemistry of foods. 2° ed. Ed. Academic Press. USA. 349 p. 1990.

17. **Reyes Aguilar M.; de Palomo, P., Bressani, R.** *Desarrollo de un producto de panificación apto para adulto mayor a base de harina de trigo y arroz.* Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Vol. 54, N° 3, p. 27, 2004.

18. **Da Mota Zanella, V.; Mireles Mendoza, C.; Camarena Aguilar, E.; Justo, M.** *Efecto del uso de masas congeladas sobre las características y textura en pan blanco.* Revista Salud Pública y Nutrición. Ed. especial N° 13. p. 49, 2005

19. **Calderón, G.; Jiménez, E.; Farrera, R.** *Efecto de la adición de diferentes niveles de Ingredientes sobre la calidad en pan dulce (bizcocho).* Información Tecnológica. Vol. 6 N°1. p. 57–63, 1995.

Recibido: 03/07/08.

Aprobado: 22/09/08.

• Karina Grissel González¹

Alumna de 3er. año de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2003 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Posee numerosas presentaciones orales y escritas en Congresos y Jornadas.

• Alexis Moisés Rybak¹

Alumno de 3er. año de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2004 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Ha presentado trabajos en Congresos y Jornadas. Es Auxiliar de Segunda en la Cátedra Química Biológica (Bioquímica y Farmacia).

• Carolina Valle Urbina²

Ingeniera Química, Becaria del programa del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Provincia de Misiones desde el año 2007.

• Laura Beatriz Milde¹

Bioquímica. Magister en Tecnología de los Alimentos basado en la formulación y análisis físicos de panes con fécula de mandioca. Es Profesor Regular de la Cátedra Química Biológica (Bioquímica y Farmacia) de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales–UNaM.

1– Cátedra de Química Biológica Bioquímica y Farmacia, Departamento Química. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones, Argentina. (lauramilde@hotmail.com).

2- Becaria del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Provincia de Misiones.

AUMENTO DE LA VELOCIDAD DE CONVERGENCIA DEL SISTEMA DE RACHFORD-RICE

Omar A. Iglesias, Estanislao J. Petryla

IMPROVEMENT OF THE RACHFORD-RICE SYSTEM CONVERGENCE RATE**ABSTRACT**

The Regula-Falsi method to solve the equation $f(x) = 0$ is very adequate when in the two first iterates x_0 and x_1 , $f(x)$ have opposite signs. However, in some cases, the convergence of this method can be very slow, specially when i) the images through f of the extreme points of the search interval differ, at least, in one order of magnitude; ii) in the zone where $f(x)$ is smaller, $f(x) \approx 0$ and iii) the root of $f(x)$ is approximately in the mean of the search interval. For this cases, in this paper we propose a convergence accelerator function, which is then used to calculate a adiabatic flash, where are present the characteristics of f mentioned above.

KEY WORDS: regula-Falsi, convergence, adiabatic flash, optimization.

RESUMEN

El método de Regula-Falsi para resolver la ecuación $f(x) = 0$ resulta adecuado cuando en las dos iteraciones iniciales la función presenta distinto signo. En tal caso es posible estructurar un proceso de búsqueda de la raíz de la función de modo que la velocidad de convergencia esté asegurada, aun en los casos en los cuales dicha convergencia, debido a la característica de la función involucrada, fuera sumamente lenta. Funciones cuyas velocidades de convergencia son muy lentas se presentan, por ejemplo, en la separación de algunos componentes utilizando destilación flash en condiciones adiabáticas. Desde el punto de vista matemático, el problema consiste en encontrar la temperatura y el grado de vaporización a partir de las ecuaciones de Rachford-Rice. En este trabajo, presentamos un método que asegura buena velocidad de convergencia, aun para aquellos casos en que, normalmente, dicha velocidad fuera prohibitivamente lenta.

PALABRAS CLAVE: regula-Falsi, convergencia, flash adiabático, optimización.

INTRODUCCIÓN

Para la búsqueda de raíces de ecuaciones no lineales en una variable real, existen dos tipos de métodos: de convergencia por intervalos y puntual. Los métodos de convergencia por intervalos parten de un intervalo que acota la raíz y, en cambio, los puntuales parten de una estimación inicial de la raíz y tratan de aproximarse a ella. Para los primeros la convergencia está garantizada aunque suelen ser más lentos; para los segundos, la convergencia no está garantizada, aunque son más rápidos cuando la búsqueda se realiza en las cercanías de la raíz.

Los métodos de convergencia por intervalos se basan en el teorema de Bolzano, que garantiza para toda función continua en un intervalo en el que cambia de signo, (o sea $f(x) \in C^0$ en $[a, b]$, con $f(a)f(b) < 0$), que existe al menos una raíz $\zeta \in (a, b)$ de $f(x) = 0$.

El método de Regula-Falsi (1) se basa en el Teorema de Bolzano; caracteriza la recta que corresponde a una interpolación lineal de la función entre los puntos $(a, f(a))$ y $(b, f(b))$ y realiza la búsqueda de su raíz. Dicha raíz es el punto que se toma como próxima iteración. El algoritmo que se utiliza tiene los siguientes pasos:

1- Encontrar un intervalo $[a, b]$ tal que $f(a)f(b) < 0$ sea $a = x_0$.

2- Caracterizar la función de la línea recta que une los puntos $(a, f(a))$ y $(b, f(b))$:

$$f(x) - f(a) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}(x - a)$$

3- Encontrar la raíz de $f(x)$:

$$x_n = a - \frac{f(a)}{f(b) - f(a)}(b - a)$$

4- Si $f(x_n) = 0$, hemos terminado.

5- Si $f(a)f(x_n) > 0$ y $f(b)f(x_n) < 0$, elegir como intervalo $[x_n, b]$.

6- Si $f(b)f(x_n) > 0$ y $f(a)f(x_n) < 0$, elegir como intervalo $[a, x_n]$.

7- Condición de parada: si $|x_n - x_{n-1}| > \varepsilon$ entonces repetir el paso (3). En otro caso, terminar tomando a, x_n como raíz del problema, con un error acotado por ε .

Si bien el algoritmo tiene convergencia superlineal, existen casos para los cuales la velocidad de convergencia es prohibitivamente lenta. Como ejemplo, puede citarse las funciones $f(x) = \exp(-2x) - 0,1$, para $x \in (0, 3)$ y $f(x) = x^{10} - 1$, con $x \in (0, 1, 25)$, donde, para cualquiera de ellos, para

conseguir que $|f(x)| < 10^{-6}$ o $|x_{k+1} - x_k| < 10^{-6}$ se requieren más de cuarenta pasos.

Para ambos casos se cumplen las siguientes características:

- i) Las funciones, evaluadas en los extremos de los intervalos de búsqueda, difieren en un orden de magnitud.
- ii) La derivada en la zona de menor valor está próxima a cero.
- iii) La raíz se encuentra en un valor medio del intervalo.

En Ingeniería química, funciones similares se presentan en la separación de algunos componentes utilizando destilación flash en condiciones adiabáticas. Desde el punto de vista matemático, el problema consiste en encontrar la temperatura y el grado de vaporización a partir de las ecuaciones de Rachford-Rice (2-4), optimizando la velocidad de convergencia (5).

Si bien se encuentran métodos diseñados para mejorar el comportamiento del algoritmo (6, 7), ninguno de ellos plantea el diseño de una función aceleradora como la que se propone en este trabajo, que tiene la ventaja de ser simple, eficaz y aplicable para todos los casos que reúnan las condiciones planteadas en los ejemplos. Asegura buena velocidad de convergencia aun para aquellos casos en que, normalmente, dicha velocidad fuera muy lenta.

CARACTERIZACIÓN DEL MÉTODO

El proceso iterativo de Regula-Falsi, cuando se considera a x_0 fijo, se reduce a:

$$x_{k+1} = x_0 - \left[\frac{f_0}{f_k - f_0} \right] (x_k - x_0) \tag{1}$$

Si se supone que $|f_0| \gg |f_1|$, ($f_1 = -|\alpha|f_0$, $|\alpha| \ll 1$) y que en las proximidades de x_1 , $f_k \approx f_1 + f'_1(x_k - x_1)$, con $f'_1 \approx 0$, se puede poner (1) como:

$$x_{k+1} = x_0 + \left(\frac{1}{1 + |\alpha|} \right) (x_k - x_0) \tag{2}$$

y, por lo tanto:

$$\delta_{k+1} = x_{k+1} - x_0 = \left(\frac{1}{1 + |\alpha|} \right) \delta_k \tag{3}$$

y puede verse que el proceso iterativo $\{x_0, x_1, \dots\}$ comenzará en las proximidades de x_1 y se irá moviendo muy lentamente hacia la raíz, ya que el factor entre paréntesis es levemente inferior a la unidad.

Si consideramos otra función $g(x)$ que, en el intervalo $[x_0, x_1]$ tiene las mismas raíces que $f(x)$, pero donde $g(x_1) \approx -g(x_0)$, puede acelerarse el proceso de convergencia. En efecto, si: $g(x) = (c_0 + c_1x)f(x) = h(x)f(x)$ con:

$$c_1 = \frac{r-1}{x_1 - x_0} ; c_0 = \frac{x_1 - rx_0}{x_1 - x_0} \text{ y } r = \left| \frac{f_0}{f_1} \right| = \left| \frac{1}{\alpha} \right| \gg 1$$

entonces:

i) Es fácil probar que $g(x_1) \approx -g(x_0)$. En efecto:

$$g(x_1) = (c_0 + c_1x_1)f(x_1) = \left(\frac{x_1 - rx_0}{x_1 - x_0} + \frac{r-1}{x_1 - x_0} x_1 \right) f(x_1) = rf(x_1)$$

$$g(x_0) = (c_0 + c_1x_0)f(x_0) = \left(\frac{x_1 - rx_0}{x_1 - x_0} + \frac{r-1}{x_1 - x_0} x_0 \right) f(x_0) = \left(\frac{x_1 - rx_0 + (r-1)x_0}{x_1 - x_0} \right) f(x_0) = f(x_0)$$

A partir del valor de r y del hecho de que $f(x_0)f(x_1) < 0$, queda probado de que $g(x_0) = -g(x_1)$.

ii) La función $g(x) = (c_0 + c_1x)f(x)$, en el intervalo $[x_0, x_1]$, tiene las mismas raíces que $f(x)$. En efecto, la raíz de la función $c_0 + c_1x$ es:

$$x = -\frac{c_0}{c_1} = \frac{rx_0 - x_1}{r-1} < \frac{rx_0 - x_0}{r-1} = x_0$$

y, por ende, $g(x)$ se anula cuando lo hace $f(x)$ en el mencionado intervalo.

Introduciendo la función $h(x)$ la relación (1) queda:

$$x_{k+1} = x_0 - \frac{f_0}{g_k - f_0} (x_k - x_0) = x_0 - \left(\frac{1}{(c_0 + c_1x_k) \frac{f_k}{f_0} - 1} \right) (x_k - x_0) \approx x_0 + \left(\frac{1}{(c_0 + c_1x_k)|\alpha| + 1} \right) (x_k - x_0)$$

y, por lo tanto:

$$\delta_{k+1} = \left(\frac{1}{(c_0 + c_1x_k)|\alpha| + 1} \right) \delta_k \tag{4}$$

Comparemos las expresiones (4) y (3). La función $h(x_k) = c_0 + c_1x_k$ transforma elementos del intervalo $[x_0, x_1]$ en elementos de $[1, r]$. En efecto:

$$\text{si } x_k = x_0 \Rightarrow h(x_0) = \frac{x_1 - rx_0 + (r-1)x_0}{x_1 - x_0} = 1$$

$$\text{y si } x_k = x_1 \Rightarrow h(x_1) = \frac{x_1 - rx_0 + (r-1)x_1}{x_1 - x_0} = r$$

Teniendo en cuenta, además, la linealidad de $h(x_k)$, queda probada la afirmación anterior. Analicemos ahora el

comportamiento del factor:

$$a(x_k) = \frac{1}{h(x_k)|\alpha| + 1}$$

Como:

$$h(x_k) \leq r \Rightarrow h(x_k)|\alpha| \leq 1 \Rightarrow h(x_k)|\alpha| + 1 \leq 2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{h(x_k)|\alpha| + 1} \geq \frac{1}{2}$$

y, por otra parte:

$$h(x_k) \geq 1 \Rightarrow h(x_k)|\alpha| \geq |\alpha| \Rightarrow h(x_k)|\alpha| + 1 \geq |\alpha| + 1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{h(x_k)|\alpha| + 1} \leq \frac{1}{|\alpha| + 1}$$

Por lo tanto:

$$\frac{1}{2} \leq \frac{1}{h(x_k)|\alpha| + 1} \leq \frac{1}{|\alpha| + 1}$$

Por hipótesis, la raíz de $f(x)$ está, aproximadamente, en el valor medio del intervalo $[x_0, x_1]$. Si suponemos que dicho valor está exactamente en el medio entonces la sucesión $\{x_k\}_{k=1}^{\infty}$ estará acotada por el valor:

$$x_{\infty} = x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2}$$

Para dicho valor tendremos:

$$h\left(x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2}\right) = \frac{x_1 - rx_0}{x_1 - x_0} + \frac{r-1}{x_1 - x_0} \left(x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2}\right) = \frac{r+1}{2}$$

Por lo tanto:

$$h\left(x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2}\right)|\alpha| + 1 = \frac{r+1}{2} \frac{1}{r} + 1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{r}\right) + 1 > \frac{3}{2}$$

y, por consiguiente:

$$\frac{1}{h\left(x_0 + \frac{x_1 - x_0}{2}\right)|\alpha| + 1} < \frac{2}{3}$$

Entonces, cuando $k = 1$ en la sucesión $\{x_k\}_{k=1}^{\infty}$, $a(x_k) = 1/2$ y, a medida que k crece, $a(x_k) \rightarrow 2/3$ con lo que queda probado que la inclusión de la función $h(x_k)$ acelera notablemente la convergencia del método, bajo las hipótesis enunciadas¹.

1- Queda evidente que la convergencia se desacelera cuanto más cerca se encuentre la raíz de x_0 .

APLICACIÓN DEL MÉTODO PROPUESTO AL CÁLCULO DE UN "FLASH" ADIABÁTICO

Uno de los procesos de separación más difundidos a nivel industrial es la destilación, ya que permite obtener productos de elevada pureza y recuperar sustancias que pueden ser reincorporadas al proceso. Uno de los casos es la destilación flash, la que consta de una sola etapa de equilibrio. El estudio de esta operación en particular es de interés, debido a que una columna de destilación completa puede considerarse como una sucesión de cámaras de flash adiabáticas. Se trata de un problema en el que no se agrega ni se extrae calor de un tanque como el que aparece en la Figura 1.

El balance de calor a presión constante es:

$$Fh_F + Q = VH + Lh \tag{6}$$

donde Q es la cantidad de calor agregada por unidad de tiempo. Si hacemos $qf = Q/F$, entonces la ecuación (6) se puede poner de la forma:

$$h_F + q_F = vH + (1-v)h \tag{7}$$

Por otra parte, a partir de las relaciones:

$$F = V + L$$

$$Fz_i = Vy_i + Lx_i$$

$$y_i = K_i x_i \quad y$$

$$\sum_{i=1}^m y_i - \sum_{i=1}^m x_i = 0$$

surge que:

$$\sum_{i=1}^m \frac{z_i(1-K_i)}{1+v(K_i-1)} = 0 \tag{8}$$

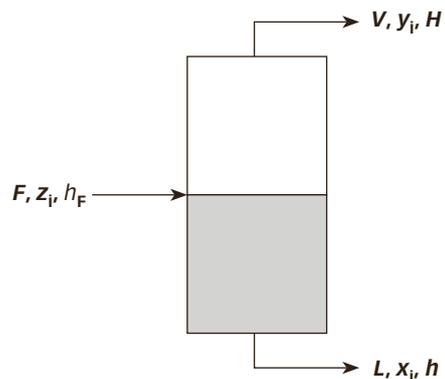


FIGURA 1. Tanque "Flash" adiabático.

Desde el punto de vista matemático el problema consiste en encontrar la temperatura y el grado de vaporización que satisfagan las ecuaciones (7) y (8) a la presión y entalpías dadas. En otras palabras, habrá que resolver el sistema no lineal que sigue:

$$\begin{cases} f_1(v, T) = \sum_{i=1}^m \frac{z_i(1-k_i)}{1+v(k_i-1)} = 0 \\ f_2(v, T) = (h_F + q_F) - vH - (1-v)h = 0 \end{cases} \quad (9)$$

Para resolver el sistema, tenemos como datos P , $h_F + q_F$ y $\{Z_i\}$ y tendremos que suponer T_0 , $\{x_i\}$ e $\{y_i\}$. El proceso de resolución se puede efectuar de acuerdo al algoritmo que aparece en la Figura 2.

El lazo interior se puede resolver utilizando el método de convergencia de Newton, ya que es factible calcular la derivada de f_1 sin dificultades; con ello se asegura una convergencia de primer orden. En el lazo externo, como no se puede evaluar la derivada de f_2 en forma explícita, es necesario recurrir a un método que no la requiera, por ejemplo el Regula-Falsi. Por las características de f_2 , la convergencia puede ser muy lenta, por lo que es conveniente utilizar un acelerador de convergencia del tipo que se ha presentado. Aplicándolo, tendremos el siguiente proceso iterativo:

$$T_{k+1} = T_0 - \frac{f_{2_0}}{f_{2_k} - f_{2_0}}(T_k - T_0) \quad (10)$$

Tomemos:

$$g(t) = (c_0 + c_1 T) f T \quad (11)$$

donde: $c_1 = \frac{r-1}{T_1 - T_0}$; $c_0 = \frac{T_1 - rT_0}{T_1 - T_0}$ y $r = \left| \frac{f_{2_0}}{f_{2_1}} \right|$

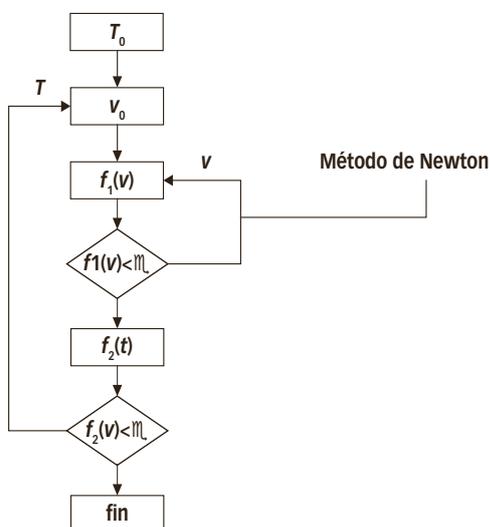


FIGURA 2. Diagrama de solución de un sistema para el "Flash" adiabático.

Con ello, (10) queda:

$$\begin{aligned} T_{k+1} &= T_0 - \left(\frac{f_{2_0}}{g_k - f_{2_0}} \right) (T_k - T_0) = \\ &= T_0 + \left(\frac{1}{(c_0 + c_1 x_k) |\alpha| + 1} \right) (T_k - T_0) \end{aligned} \quad (12)$$

donde $\frac{1}{\alpha} = \left| \frac{f_{2_0}}{f_{1_0}} \right|$

Aplicaremos las relaciones halladas en el siguiente caso²: utilizando un flash adiabático, se procesa una corriente de seis hidrocarburos que se dan más abajo. La entalpía de la alimentación es 13210 Btu y la presión es de 300 psia. La composición de la alimentación y los valores de k son:

$$\left(\frac{k_i}{t} \right)^{1/3} = a_{1,i} + a_{2,i} t + a_{3,i} t^2 + a_{4,i} t^3; (t = {}^\circ R)$$

Comp.	z _i	a ₁ ·10 ²	a ₂ ·10 ⁵	a ₃ ·10 ⁸	a ₄ ·10 ¹²
C ₂ H ₄	0.02	-5.177995	62.124576	-37.562082	8.0145501
C ₂ H ₆	0.03	-9.8400210	67.545943	-37.459290	-9.0732459
C ₃ H ₆	0.05	-25.09877	102.39287	-75.221710	153.84709
C ₃ H ₈	0.1	-14.512474	53.638924	-5.3051614	-173.58329
nC ₄	0.6	-14.181715	36.866353	16.521412	-248.23843
iC ₄	0.2	-18.967651	61.239667	-17.891649	-90.855512

Entalpía (T en °R)

$$(h_i)^{1/2} = c_{1,i} + c_{2,i} T + c_{3,i} T^2; (H_i)^{1/2} = e_{1,i} + e_{2,i} T + e_{3,i} T^2$$

Comp.	c ₁	c ₂ ·10	c ₃ ·10 ⁵	e ₁	e ₂ ·10 ⁴	e ₃ ·10 ⁶
C ₂ H ₄	-7.2915	1.5411962	-1.6088376	56.79638	615.9315	2.408873
C ₂ H ₆	-8.4857	1.6286636	-1.9498601	61.33452	588.7543	11.948654
C ₃ H ₆	-12.427	1.8834652	-2.4839140	71.82848	658.5513	11.299585
C ₃ H ₈	-14.500	1.9802223	-2.9048837	81.79591	389.8191	36.4709
nC ₄	-20.298	2.3005743	-3.8663417	152.6679	-1153.48	146.64125
iC ₄	-16.553	2.161865	-3.1476209	147.6541	-1185.29	152.87778

Nota. Base para la entalpía: líquido saturado a -20° F.

Solución					
Punto de burbuja		Punto de rocío			
TempB	650,129199	Temp (°R)	679,280769	650,13	
Comp.				679,28	
1	0,09722985	1	0,00371299	0,0001	
2	0,11358372	2	0,00700504		
3	0,08736710	3	0,02380853		
4	0,15459855	4	0,05325172		
5	0,38401642	5	0,72030445		
6	0,16321387	6	0,19218782		
Sum(Y _i)	1,00000952	Sum(X _i)	1,00027054		
Balances externos de entalpía		Solución del problema			
		Temp. Operación	Fracción vap.	N° iter.	
Punto de burb.	-1186,3215				
Punto de rocío	5533,66097	R. Falsi	659,971487	0,15026638	25
		R. Falsi mej.	659,971488	0,15026639	8

2- Este ejemplo está tomado de (3); las unidades no han sido transformadas al sistema internacional (SI) debido a que nuestro interés está en conocer el número de iteraciones necesarias para llegar a la solución del problema más que su solución.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bajo las hipótesis enunciadas, esta función aceleradora produce un aumento considerable de la velocidad de convergencia (alrededor del 30 % para el caso del ejemplo). Por consiguiente, resulta ventajosa su utilización, especialmente en aquellos casos donde la derivada de la función en aquel extremo donde toma menor valor, es casi nula. Es necesario remarcar que el método propuesto se ha diseñado pensando en problemas específicos de Ingeniería Química, en los cuales no es posible utilizar el método de Newton; si se pudiera utilizar un algoritmo Newton, seguramente su velocidad será superior al método propuesto. Finalmente, la función aceleradora propuesta tiene como una ventaja adicional: su implementación no trae dificultades matemáticas de ningún tipo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ledanois, J.; López, A.; Pimentel, J. A.; Pironti Lubran, F. F. *Métodos Numéricos Aplicados a la Ingeniería*; McGraw-Hill, 2000.
2. Edgar, T. F.; Hinnemblau, D. M. *Optimization of Chemical Processes*. McGraw-Hill Inc. 1988.
3. Henley, E. J.; Seader J. D. (1999), *Equilibrium-Stage Separation Operations in Chemical Engineering*, Wiley, John&Sons, 1981.
4. King, C. J. *Separation Processes, McGraw-Hill Book Co*, 1981
5. Nocedal, J.; Wright, S. J. *Numerical Optimization*, Springer, 1999.
6. Wu, X. Y.; Shen, Z. H.; Xia, J. L. *An improved regula falsi method with quadratic convergence of both diameter and point pr enclosing simple zeros of nonlinear equations*, Appl. Math. Comput, 144 (2003), pp. 381-388.
7. Chen, J. H.; Li, W. G. *An exponential regula falsi method for solving nonlinear equations*, Numer. Alg. 41 (2006), pp. 327-338.

• Omar Alfredo Iglesias¹

Ingeniero Químico, Becario Iniciación y Perfeccionamiento en la Investigación del CONICET. Profesor Titular Ordinario con Dedicación Exclusiva, Facultad de Ingeniería, UNLP, Director de proyecto de Investigación.

• Estanislao Juan Petryla²

Ingeniero Químico, Magíster en Ingeniería, Profesor Titular, dedicación exclusiva, FCEQyN, Universidad Nacional de Misiones. Director de varios proyectos de Investigación relacionados con la Optimización.

1- Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 48, La Plata.

2- Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones, Félix de Azara 1552, Posadas.
petryla@fceqyn.unam.edu.ar.

Recibido: 25/10/07.

Aprobado: 07/10/08.

Rev. Cienc. Technol.
Año 11 / N° 11 / 2009 / 14–19

MERCOSUR: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA LEGISLACIÓN DE ARGENTINA, BRASIL, CHILE, PARAGUAY Y URUGUAY SOBRE YERBA MATE COMERCIALIZADA

Norma B. Parodi, Adriana E. Brignardello, Rodolfo G. Känzig, Carmen M. Florida; Ramón A. Linares.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COMMERCIAL YERBA MATÉ STANDARDS FROM ARGENTINA, BRAZIL, CHILE, PARAGUAY AND URUGUAY

ABSTRACT

The aim of the present work was to perform a comparative analysis of commercial yerba maté standards from Argentina, Brazil, Chile, Paraguay and Uruguay valid up to March, 2007. The analysis scope included product description, denomination, classification, morphology, flavor, physico-chemical and microbiological requirements and analytical techniques.

The results about yerba maté product obtained up to the date cited revealed consensus about product description, with the exception of Chile, which allows *Ilex brasiliensis*. Only Paraguayan standard briefly specifies flavor requirements. Physico-chemical characteristic standards do not differ so far; with the exception of Brazil which does not regulate them. The most important difference is found in microbiological tolerance values. Only Paraguay and Argentina specify the analytical methodology. Only Argentina, Brazil and Paraguay regulate composed yerba maté. The Paraguayan standard is the most complete about physico-chemical and microbiological requirements. These countries differ in the percentage of herbal and vegetal species content allowed.

KEY WORDS: yerba maté, *Ilex paraguariensis* St. Hilaire, MERCOSUR, International Trade, legislation.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo el objetivo de realizar un análisis comparativo de la legislación vigente al 31 de marzo de 2007 en Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay respecto a la yerba mate comercializada. Específicamente en lo que hace a la definición del producto; denominación y clasificación; morfología; requisitos organolépticos, fisicoquímicos; microbiológicos y técnicas analíticas.

Los resultados obtenidos reflejan para el producto yerba mate: coincidencia en cuanto a la definición del mismo salvo Chile que permite *Ilex brasiliensis*. Paraguay es el único país que aborda brevemente el tema de requisitos organolépticos. En cuanto a características fisicoquímicas no difieren notablemente entre sí a excepción de Brasil que no reglamenta. La diferencia más importante se constata en la tolerancia microbiológica. Sólo Paraguay y Argentina especifican la metodología de análisis. Para la yerba mate compuesta: sólo Argentina, Brasil y Paraguay legislan sobre la misma. La legislación paraguaya es la más completa en cuanto a requisitos fisicoquímicos y microbiológicos. Estos países difieren entre sí en los límites permitidos de contenidos de hierbas y en las especies vegetales permitidas.

PALABRAS CLAVE: yerba mate, *Ilex paraguariensis* St. Hilaire, MERCOSUR, Comercio Exterior, legislación.

INTRODUCCIÓN

En la primer reunión del MERCOMATE (Mercado Común para la Yerba Mate), llevada a cabo en Posadas, Misiones, Argentina en diciembre de 2004, se trató en la Comisión “Legislación” [1] la escasa existencia de uniformidad en la normativa que regula la comercialización de la yerba mate en el MERCOSUR y el obstáculo que ello representa en la comercialización del producto entre los países integrantes por las consabidas barreras para-arancelarias que ello genera y que tornan adversa la consolidación de su comercialización. En este sentido, es sabido que un productor con miras a insertarse en el mercado internacional debe adecuar su producto, a lo preceptuado en la legislación *ad-hoc* del país importador y que los análisis requeridos podrían diferir de los de

rutina en nuestro país lo que generaría la adecuación de técnicas de análisis. Se trató también, la importancia de encarar un trabajo conjunto para lograr una legislación común que sirva de base para la elaboración de normas internacionales como ser las ISO (International Standards Organization).

En vista de ello, se sugirió la conveniencia de realizar, a priori, un estudio de la normativa vigente que regula el producto y es en base a ello, que surge el presente trabajo cuyo objetivo ha sido el de realizar un análisis comparativo de la legislación vigente al 31 de marzo de 2007 en Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay respecto a la yerba mate comercializada. Específicamente en lo que hace a la definición del producto; denominación y clasificación; morfología; requisitos organolépticos, fisicoquímicos; microbiológicos y técnicas analíticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los insumos para la realización del análisis comparativo comprenden las normas de aplicación obligatoria vigentes a la fecha de corte, 31 de marzo de 2007. Las mismas son: Decreto N° 315/94. Uruguay [2]; Decreto Supremo NS 977/97. Chile [3]; Norma Paraguaya INTN–NP 35 001.93 [4]; Norma Paraguaya INTN–NP 35 002.01 [5]; Ley 18.284. Argentina [6]; Resolución RDC N° 12/01. Brasil [7]; Resolución RDC N° 267/05. Brasil [8]; Resolución RDC N° 277/05. Brasil [9]. Resolución N° 49/02. INYM. Argentina. [10].

El método empleado en el análisis se ajusta a la comparación de lo normado sobre yerba mate comercializada, en lo que respecta a: definición del producto; denominación y clasificación; morfología; requisitos organolépticos, fisicoquímicos, microbiológicos y técnicas de análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la definición del producto yerba mate, en los cuatro países que conforman el MERCOSUR se habla de producto formado exclusivamente por hojas y ramas de *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire. Solamente Chile, acepta otra especie del género *Ilex* además de *Ilex paraguariensis*, la *Ilex brasiliensis*. Con respecto a la morfología de la *Ilex paraguariensis*, la legislación paraguaya describe detalladamente sus características macroscópicas y microscópicas. Los demás países no la detallan.

Sobre la denominación y clasificación, Argentina, Paraguay y Uruguay, denominan la **yerba mate canchada** –materia prima de la yerba mate elaborada–, figurando sólo en Uruguay y Argentina [11] condiciones de porcentajes de hojas y palos, tamaño de los mismos y cantidades máximas de polvo a efectos de ser considerada como tal. La existencia de contenidos máximos admisibles de palos y polvo en las reglamentaciones representa un beneficio facilitando las transacciones comerciales entre los secaderos que producen la yerba mate canchada y los molinos de yerba mate que la compran para su elaboración final. Por consiguiente los autores consideran que el país que cuenta con estas reglamentaciones contribuye a mejorar la relación entre secaderos y molinos, y el que produce yerba canchada bajo normas puede exigir un mejor precio o el precio estipulado para su producto.

El producto de mayor consumo en los cinco países se presenta en la legislación como **yerba mate o yerba mate elaborada**. Argentina a su vez lo ofrece con palo o despalado y Brasil para consumirlo con agua caliente o fría, y/o con azúcar.

Los cuatro países integrantes del MERCOSUR mencionan a la **yerba mate tostada** como otro producto ofrecido al consumidor.

Otra opción, o presentación del producto, cuyo con-

sumo va en incremento con la vida moderna, es la **yerba mate en bolsita o saquito**. Argentina es el único país que incluye el producto como tal en la legislación. La yerba mate contenida en esas bolsitas o saquitos debe cumplir las mismas condiciones de calidad que la yerba mate elaborada, detallando los requisitos que debe cumplir el envase de papel que conforma la bolsita (apropiado para realizar la infusión) y el hilo que lleva adherido. Brasil y Uruguay lo presentan en la legislación como **té de mate verde, té de mate tostado o quemado** (el proceso de tostado se realiza en equipos especiales). Su infusión es destinada a la degustación caliente o fría. Además, Brasil contempla el agregado de aromas y/o especias a estos productos comercializados.

Otro producto definido es la **yerba mate soluble**, cuya preferencia por parte de los consumidores se incrementa día a día por ser utilizado como sustituto del café soluble –de gran consumo mundial, por su forma rápida y práctica de preparación– y las diferentes marcas que lo elaboran perfeccionan sus caracteres sensoriales de manera continua. La legislación brasilera permite la adición de aromas al producto resultante de la deshidratación del extracto acuoso de yerba mate, obtenido por métodos físicos, utilizando agua como único agente extractor [12]. La legislación argentina lo define como el producto en polvo resultante de la deshidratación de los extractos acuosos obtenidos exclusivamente de la yerba mate [13]. Además presenta un listado de características fisicoquímicas a las que debe responder el mismo, como también, prohíbe el agregado de hidratos de carbono y aromatizantes artificiales [14]. Paraguay lo plantea como el producto en polvo resultante de la deshidratación de los extractos acuosos obtenidos exclusivamente de la yerba mate [15]. En cambio, Uruguay lo define como el extracto concentrado líquido o en polvo obtenido industrialmente a partir del mate verde o tostado [16].

Con respecto a los requisitos organolépticos, con excepción de la legislación paraguaya que describe muy brevemente las características de color, olor y sabor de la yerba mate elaborada, las demás legislaciones no abordan este tema. No obstante, tanto el elaborador como el importador conocen los gustos de los consumidores en cada uno de los países del MERCOSUR. Es de mencionarse que las características del producto que el consumidor aprecia son: color del producto, sabores residuales, fuerza o suavidad del mate, duración del mate, espuma del mate, aspecto de los palos molidos, cantidad y aspecto del polvo, etcétera.

En cuanto a los requisitos fisicoquímicos de la yerba mate elaborada, a excepción de Brasil, los demás países efectúan las mismas determinaciones con valores máximos permitidos y mínimos exigidos que no difieren considerablemente entre sí. Notando que Argentina presenta el valor mínimo para la humedad del producto que es de 9,5 %, el que los autores consideran aun elevado, especialmente en productos de largo estacionamiento porque se estaría

en el límite de crecimiento de microorganismos con una actividad acuosa (*aw*) aproximada de 0,6. Brasil presentaba anteriormente un valor máximo de humedad del 10 % [17], pero desde el 22 de setiembre de 2005 [18] lo ha retirado de su legislación. La yerba mate brasilera inmediatamente luego de su elaboración es enviada al mercado y ubicada en góndola para su pronto consumo. Característica que sumada al tipo de molienda, la diferencia notablemente de la yerba mate elaborada en Argentina y Paraguay, donde el producto es estacionado. En el estacionamiento, la yerba mate modifica sustancialmente sus características organolépticas y composición fisicoquímica, pudiendo sufrir alteraciones microbiológicas si se dieran las condiciones para que ello se produzca. De ahí la importancia que representa para los autores ese valor de humedad máxima admitido para Argentina.

El contenido máximo de palos admitido por Chile de 30 % está relacionado con la exigencia de un contenido mínimo de cafeína de 0,7 %. Argentina y Paraguay permiten un mayor contenido de palos (35 %) y un menor contenido de cafeína (0,6 %).

Si bien en cuanto a los requisitos microbiológicos se observa que la legislación sanitaria de alimentos de los distintos países se halla en constante actualización –con base en un enfoque de evaluación del riesgo y la prevención del daño a la salud de la población–, Argentina y Uruguay, no contemplan para este producto parámetros microbiológicos de control.

Los países que presentan requisitos microbiológicos son Brasil, Paraguay y Chile. Estos países tomaron como base de criterios microbiológicos la clasificación, los parámetros de control y planes de muestreo de la ICMSF (International Commission on Microbiological Specification for Foods)

De este modo:

- a. Se establecieron los parámetros microbiológicos que se controlarán.
- b. Se clasificó a la yerba mate según:
 - Los factores de riesgo que ésta presenta y que dependen de: sus características tales como, composición, pH, acidez, actividad de agua (*aw*), etc.
 - Grupo consumidor a quien va dirigido.
 - La forma de preparación y consumo: consumo directo, reconstituido, rehidratado, cocinado, etc.
 - La forma de mantención y conservación.

Es así como se le otorgó a la yerba mate la categoría N° 5: peligro para la salud bajo, indirecto. Sin cambio de peligrosidad (condiciones normales que se supone será manipulado y consumido el alimento tras el muestreo), reuniendo estos elementos se determinó el plan de muestreo que en este caso es de 3 clases, siendo el número de unidades de muestras a ser examinadas $n = 5$, la cantidad máxima de unidades defectuosas que puede contener la muestra $c = 2$.

Si bien los tres coinciden en un plan de muestreo de

3 clases en n y c , difieren en los parámetros microbiológicos –son éstos los análisis microbiológicos específicos practicados a la yerba mate y otros productos con ella elaborados–, tales como microorganismos indicadores y microorganismos patógenos.

Brasil presenta diferentes valores para la Muestra Indicativa, para el valor del parámetro microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud (m) y para el valor del parámetro microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud (M) en el producto “cimarrón”, consumido con agua caliente y el producto “tereré” consumido con agua fría, siendo los valores más exigentes en este último.

Con respecto a las técnicas de análisis, sólo la norma Paraguaya [19] describe detalladamente la metodología, equipamiento, instrumental y materiales necesarios para la realización de los ensayos microbiológicos y fisicoquímicos. El Código Alimentario Argentino sólo especifica para el producto yerba mate, el método a ser utilizado en la determinación de cada parámetro fisicoquímico. Los restantes países no incluyen en la normativa analizada en este trabajo las técnicas de análisis.

En cuanto a la definición de **yerba mate compuesta** encontramos notables diferencias en lo normado por cada país para este producto. Argentina admite la incorporación de hasta un 40 % de una o varias hierbas sápidas–aromáticas a la yerba mate elaborada despallada o con palo para su consumo como infusión o mate. Agrega un pequeño listado de las mismas mencionando los nombres comunes de siete hierbas sápidas–aromáticas dejando abierta la posibilidad de incorporar otras hierbas que apruebe la autoridad sanitaria nacional [20].

El 60 % restante deberá estar compuesto por yerba mate elaborada despallada o con palo.

Presenta también parámetros fisicoquímicos como humedad máxima: 9,5 % y un máximo de cenizas insolubles del 2 %. En el rótulo deberá figurar el nombre, proporción de los componentes y fecha de vencimiento. No se aclara en el listado las partes de las hierbas a ser utilizadas para la infusión o mate.

Brasil define el producto en la Resolución RDC 277[21] del 22 de setiembre de 2005, como el producto destinado a la preparación de cimarrón o tereré, constituido de yerba mate adicionada de especias y/o especias vegetales que figuran en el Anexo Tabla 1 de la Resolución RDC 267[22] de igual fecha, en la que se listan 46 especies vegetales con su nombre común, nombre científico y parte del vegetal a ser utilizada. Cuando el producto fuera adicionado de azúcar, la designación debe ser seguida de la expresión “con azúcar”. Brasil no legisla sobre requisitos organolépticos ni fisicoquímicos, pero sí sobre los requisitos microbiológicos, siendo éstos los mismos que los normados para el producto yerba mate elaborada.

Paraguay establece las definiciones de varios tipos de yerba mate elaborada compuesta. Ésta estará constituida

por yerba mate elaborada con adición de hasta el 15 % de otros productos, los que se especifican a continuación [23]: 1) adición de una o varias hierbas de reconocida inocuidad fisiológica, 2) enriquecida por la adición de minerales y/o vitaminas, 3) saborizada o aromatizada por la adición de esencias y 4) mixta, formada por la mezcla de dos o más tipos de yerba mate citados en 1), 2) y 3). Presenta vagamente requisitos organolépticos: olor, color y sabor característicos; requisitos fisicoquímicos, similares a los de yerba mate elaborada. En cuanto a los requisitos microbiológicos se controlan los mismos parámetros que para la yerba mate elaborada siendo los valores de m y M más permisivos en la yerba mate compuesta. No presenta el listado de las hierbas ni sus partes a ser utilizadas en la elaboración de los productos considerados.

Chile [24] y Uruguay [25] no legislan sobre este producto.

Del análisis de la normativa vigente en Brasil, Paraguay y Argentina para este producto –**yerba mate compuesta**–, se observa que el tratamiento que hace cada país sobre requisitos fisicoquímicos y microbiológicos es disímil, siendo la legislación paraguaya la que contempla mayor cantidad de parámetros de control.

Para cada país, del análisis comparativo de la legislación para **yerba mate compuesta** y la correspondiente para **yerba mate elaborada** se observa:

- En Paraguay: requerimientos similares para las características fisicoquímicas. En cuanto a la tolerancia microbiológica tiene establecidos para ambos productos, planes de muestreo con valores de referencia para los distintos microorganismos, siendo más exigente para la yerba mate elaborada.
- En Argentina: que los requisitos fisicoquímicos para la yerba mate compuesta son sólo límites máximos para el contenido de humedad y cenizas insolubles, siendo más numerosos los requerimientos para la yerba mate elaborada. Ninguno de los dos productos presenta requerimientos microbiológicos.
- En Brasil: Para ambos productos no establece contenido máximo de humedad. En cuanto a la tolerancia microbiológica tiene establecido planes de muestreo con valores de referencia para los distintos microorganismos.

CONCLUSIONES

Del análisis comparativo de la normativa vigente sobre yerba mate comercializada en el MERCOSUR y su ampliación a Chile, se concluye que:

Sobre la Definición de producto yerba mate: sólo Chile acepta otra especie además de la *Ilex paraguariensis*, la *Ilex brasiliensis*.

Sobre la morfología: sólo Paraguay describe detalladamente sus características macroscópicas y microscópicas.

Sobre la yerba mate canchada: sólo Argentina, Paraguay y Uruguay la denominan. Sólo Uruguay y Argentina fijan condiciones de porcentajes de hojas, palos, tamaño de los mismos y cantidades máximas de polvo.

Sobre yerba mate o yerba mate elaborada: este producto lo ofrecen los cinco países. Argentina lo brinda con palo o despalado. Brasil para consumo con agua caliente o fría, y/o con azúcar.

Sobre yerba mate tostada: Chile es el único país que no lo ofrece.

Sobre yerba mate en bolsita o saquito: Argentina es el único país que lo incluye como tal. Brasil y Uruguay lo presentan como té de mate verde, té de mate tostado o quemado. Brasil contempla el agregado de aromas y/o especias.

Sobre yerba mate soluble: Chile es el único país que no lo define.

Sobre requisitos organolépticos de la yerba mate elaborada: sólo Paraguay describe brevemente las características de color, olor y sabor.

Sobre requisitos fisicoquímicos de la yerba mate elaborada: a excepción de Brasil que no legisla sobre el tema, los demás países efectúan las mismas determinaciones con valores máximos permitidos y mínimos exigidos que no difieren considerablemente entre sí.

Sobre requisitos microbiológicos de la yerba mate elaborada: sólo Brasil, Paraguay y Chile presentan estos requisitos.

Sobre técnicas de análisis para la yerba mate elaborada: sólo Paraguay describe de manera detallada la metodología, equipamiento, instrumental y materiales necesarios para realizar los ensayos microbiológicos y fisicoquímicos. Argentina sólo especifica el método a ser utilizado en la determinación de cada parámetro fisicoquímico.

Sobre yerba mate compuesta: Chile y Uruguay no legislan sobre este producto. Argentina, Brasil y Paraguay difieren notablemente en la definición de este producto y en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de control.

Lo expuesto confirma la poca uniformidad en parámetros y valores o rangos de valores permitidos para los mismos, y deja en evidencia que no todos los países legislan sobre los distintos productos, y si legislan, los mismos difieren en su definición. Todo lo cual se traduce en dificultades a la hora de encarar la comercialización de yerba mate entre los países.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Primer Reunión del MERCOMATE (Mercado Común para la yerba mate), Acta N° 1, Comisión “Legislación” de fecha 12 de diciembre de 2004. Evento realizado en el Centro Provincial de Convenciones y Eventos de la ciudad de Posadas, Misiones, Argentina.

2. Decreto N° 315 del 05 de julio de 1994. “Reglamento Bromatológico Nacional”. Capítulo 22, Sección 3, yerba mate. Uruguay.
3. Decreto Supremo NS 977/97 “Nuevo reglamento sanitario de los alimentos”. Edición 2005. Chile.
4. Norma Paraguaya INTN–NP 35 001.93. “Yerba mate. especificaciones”. Marzo de 1995. Segunda edición. Paraguay.
5. Norma Paraguaya INTN–NP 35 002.01. “Yerba mate elaborada compuesta. Requisitos generales”. Febrero de 2002. Primera edición. Paraguay.
6. Ley 18.284. “Código Alimentario Argentino” y sus actualizaciones. Argentina.
7. Resolución RDC N° 12 del 02 de enero de 2001. “Reglamento técnico sobre estándares microbiológicos para alimentos”. Anexo I. Estándares microbiológicos sanitarios para alimentos. Grupo de alimentos 12 y 13. Brasil.
8. Resolución RDC N° 267 del 22 de setiembre de 2005. “Reglamento técnico de especies vegetales para la preparación de té”. Brasil.
9. Resolución RDC N° 277 del 22 de setiembre de 2005. “Reglamento técnico para café, cebada, té, yerba mate y productos solubles”. Brasil.
10. Resolución N° 49/02 del 25 de noviembre de 2002. “Reglamento para la cosecha de la yerba mate y reglamento para la secanza de la yerba mate” INYM. Instituto Nacional de la Yerba Mate. Argentina.
11. Resolución N° 49/02 del 25 de noviembre de 2002. “Reglamento para la cosecha de la yerba mate y reglamento para la secanza de la yerba mate” INYM. Instituto Nacional de la Yerba Mate. Argentina.
12. Resolución RDC N° 277 del 22 de setiembre de 2005. “Reglamento técnico para café, cebada, té, yerba mate y productos solubles”. Anexo. Punto 2. Definición, inciso 2.6. Brasil.
13. Ley 18.284. “Código Alimentario Argentino” y sus actualizaciones. Artículo 1194, inciso 4. Argentina.
14. Ley 18.284. “Código Alimentario Argentino” y sus actualizaciones. Artículo 1195 bis. Argentina.
15. Norma Paraguaya INTN–NP 35 001.93. “Yerba mate. Especificaciones”. Punto 3. Generalidades, inciso 3.1.4. marzo de 1995. Segunda edición. Paraguay.
16. Decreto N° 315 del 05 de julio de 1994. “Reglamento Bromatológico Nacional”. Capítulo 22, sección 3. Yerba mate. Punto 22.3.5, inciso d). Uruguay.
17. Resolución RDC N° 302 del 07 de noviembre de 2002. “Reglamento técnico para la fijación de identidad y calidad para yerba mate”. Brasil.
18. Resolución RDC N° 277 del 22 de setiembre de 2005. “Reglamento técnico para café, cebada, té, yerba mate y productos solubles”. Brasil.
19. Norma Paraguaya INTN–NP 35 001.93. “Yerba mate. Especificaciones”. Marzo de 1995. Segunda edición. Paraguay.
20. Ley 18.284. “Código Alimentario Argentino” y sus actualizaciones. Artículo 1198. Argentina.
21. Resolución RDC N° 277 del 22 de setiembre de 2005. “Reglamento técnico para café, cebada, té, yerba mate y productos solubles”. Brasil.
22. Resolución RDC N° 267 del 22 de setiembre de 2005. “Reglamento técnico de especies vegetales para la preparación de té”. Brasil.
23. Norma Paraguaya INTN–NP 35 002.01. “Yerba mate elaborada compuesta. Requisitos generales”. Punto 3. Definiciones, inciso 3.1. Febrero de 2002. Primera edición. Paraguay.
24. Decreto Supremo NS 977/97 “Nuevo reglamento sanitario de los alimentos”. Título XXIV–De los Estimulantes y Frutivos. Edición 2005. Chile.
25. Decreto N° 315 del 05 de julio de 1994. “Reglamento Bromatológico Nacional”. Capítulo 22, Sección 3. Yerba mate. Uruguay.

Recibido: 12/04/07.

Aprobado: 17/10/08.

• Norma Beatriz Parodi¹

Ingeniera Química, FCEQyN, UNaM (1979). Maestrando de la Maestría en Tecnología de los Alimentos, FCEQyN. UNaM, 1998–1999. Jefa del Departamento Laboratorio de Análisis Industriales de la Dirección General de Industria de la Provincia de Misiones desde 1981. Miembro activo de los Subcomités de té y yerba mate, que tiene a su cargo la elaboración de normas técnicas sobre esos productos desde agosto 1994. Miembro de la CoProTé (Comisión Provincial de Té).

• Adriana Elida Brignardello²

Ingeniera Química, FCEQyN, UNaM (1987). Magíster en Administración Estratégica de Negocios, FCE. UNaM (2003). Profesor Adjunto Regular de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos, y de postgrado en la FCEQyN, UNaM. Representante Titular por la UNaM en la Red VITEC (2004–2009). Coordinadora Ejecutiva del Programa de Propiedad Intelectual y Transferencia de Tecnología de la UNaM desde 2006. Responsable de la Oficina de Vinculación Tecnológica de la UNaM (UNaMTEC) (2004–2006). Categoría “IV”, Programa Nacional de Incentivos a los Docentes–Investigadores.

• Rodolfo Guillermo Känzig²

Ingeniero Químico, UNNE (1971). Magíster en Ingeniería de Alimentos, Universidad Estadual de Campinas, San Paulo, Brasil. (1976). Docente desde 1971 y Profesor Titular Regular de la FCEQyN, UNaM desde 1985. Director de Coordinación de la Dirección General de Industria del Gobierno de la Provincia de Misiones desde 1995. Representante de la UNaM ante el IRAM en el Convenio IRAM–Universidades Nacionales. Coordinador del Sub–Comité de yerba mate y té.

- Carmen María Floridia³

Licenciatura en Trabajo Social, UNNe/UNaM, 1973. Doctorado en Psicología Social, Universidad John F. Kennedy 1989. Bs. As. Docencia universitaria: Administración de Recursos Humanos desde 1999. Administración Pública Provincial: Coordinadora Programa Global Gestión de Calidad y Subprograma Eco-Mate: Subsecretaría Comercio e Integración Provincia Misiones desde 1994. Integrante Sub-Comités Técnicos Normalización IRAM yerba mate y Té.

- Andrés Ramón Linares²

Diploma de Alta Especialización en Tecnología de Alimentos, Valencia, España (1976). Doctor de la UBA (2007). Profesor Titular Regular de Ingeniería Química e Ingeniería en Alimentos, FCEQyN, UNaM. Dictado de varios cursos en la Maestría en

Tecnología de los Alimentos. FCEQyN, UNaM. Director de Programas de Extensión y de Investigación en temas agroindustriales y agroalimenticios. Categoría "II", Programa Nacional de Incentivos a los Docentes Investigadores.

1– Laboratorio de la Dirección de Industrias. Ministerio del Agro y la Producción de la Provincia de Misiones. San Martín y 3 de Febrero. (3300). Posadas. Misiones. (nparodi@zonapi.com.ar).

2– Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552. (3300). Posadas. Misiones. (abrignardello@unam.edu.ar), (arl@fceqyn.unam.edu.ar).

3– Subsecretaría de Comercio Exterior. Provincia de Misiones. (cmfgross@gmail.com).

Rev. Cienc. Tecnol.
Año 11 / N° 11 / 2009 / 20–25

DISTRIBUCIÓN RADIAL DE POLIFENOLES EN TRONCOS DE *Eucalyptus grandis*

Carlos E. Núñez

RADIAL DISTRIBUTION OF POLYPHENOLS IN THE STEMS OF *Eucalyptus grandis*

ABSTRACT

Polyphenols color pulps and may interfere in the pulping process. No research works on the distribution in *E. grandis* are known. The radial variation of polyphenol concentration in five *E. grandis* individuals aged 7 and 18 years old was measured. Azeotropic ethanol was used for the extraction of the wood reduced to shaving. Results are in accordance with the general pattern cited in the bibliography. In 7 year old trees, there were relatively more polyphenols in the sapwood than in those of 18. No significant differences were noticed in the UV absorption spectrograms among the rings of the 18 year-old trees. A different spectrogram in one aged 7 would indicate the existence of hybridation. The concentration of polyphenols around one of the knots was four times as high than in the wood of the same age.

KEY WORDS: *Eucalyptus grandis*, polyphenols, chemical composition, flavonoids, ellagic acid. (Thesaurus IPST 1990).

RESUMEN

Los polifenoles colorean las pulpas y pueden interferir en los procesos de pulpado. No se conocen trabajos sobre su distribución en *Eucalyptus grandis*. Se midió la variación radial de concentración de polifenoles en cinco individuos de *E. grandis* de 7 y 18 años de edad. Se utilizó etanol azeotrópico para la extracción de la madera reducida a virutas. Los resultados concuerdan con el patrón general citado en la bibliografía. En los árboles de 7 años hubo en proporción más polifenoles en la albura que en los de 18. No se notaron diferencias significativas en los espectrogramas de absorción UV entre los anillos de los árboles de 18 años. Un espectrograma diferente en uno de 7, indicaría la existencia de hibridación. La concentración de polifenoles alrededor de un nudo dio cuatro veces más alta que en la madera de la misma edad.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus grandis*, composición química, polifenoles, distribución, flavonoides, elagitaninos.

INTRODUCCIÓN

El grupo de los polifenoles abarca a todas las sustancias extractivas monoméricas y oligoméricas de la madera que poseen en su estructura dos o más grupos fenólicos libres o eterificados por metilos. Se los suele dividir en tres grupos: lignanos, que poseen la estructura de fragmentos de lignina, flavonoides y elagitaninos. Tanto los flavonoides como los elagitaninos poseen propiedades tánicas, es decir coagulan las proteínas animales en solución.

Los flavonoides se encuentran como monómeros o en la forma denominada taninos condensados. Los elagitaninos también se llaman taninos hidrolizables pues se encuentran habitualmente como glucósidos. Las agliconas de los mismos son insolubles en casi todos los solventes comunes.

La mayoría de los polifenoles de la madera son coloreados. Los elagitaninos poseen colores claros preferentemente amarillos, y los taninos condensados rojos oscuros o marrones. Durante los procesos de pulpado estas sustancias se disuelven en gran proporción, pero no por completo. Lo que queda en las pulpas le confieren color [1]. El color

puede ser el propio o debido a complejos que forman con cationes metálicos, principalmente los de los elementos de transición.

La madera de *Eucalyptus* posee todos los grupos de polifenoles, variando entre especies su proporción relativa. A diferencia de algunas especies de madera color claro como el *E. globulus* y el *E. viminalis*, ricos en elagitaninos, los *Eucalyptus* del grupo del *grandis* se caracterizan por poseer gran proporción de taninos del tipo flavanoide [2] lo que le confiere su color rosado [3].

Los trabajos conocidos sobre la distribución radial de polifenoles en la madera, muestran un patrón consistente en un aumento paulatino desde el cambium hasta la interfase albura duramen y una posterior disminución hacia la médula, siendo esta última menor que la necesaria para llegar al bajo tenor del cambium, es decir que hay en general mayor contenido de polifenoles en el duramen [4, 5]. Los trabajos sobre distribución de polifenoles abarcan géneros como *Sequoia*, *Pseudotsuga*, *Tectona* y *Acacia*, habiendo un trabajo sobre árboles longevos de *Eucalyptus marginata* [6].

No se han hallado, por el contrario, estudios sobre la distribución radial de polifenoles en árboles de plantaciones comerciales de *Eucalyptus* en general y del *E. grandis* en particular, que se cultiva en todo el este de Sudamérica con fines madereros y de fibra.

En el presente trabajo se ha realizado el análisis de este tipo de distribución con el fin del conocimiento general de la madera de dicha especie, y de su posible utilidad en el uso tanto maderero como papelerero. Aunque abarca solamente su cuantificación y no la caracterización de las sustancias que los conforman, tarea que será realizada posteriormente, se hacen algunas consideraciones cualitativas a partir de los espectrogramas UV de los extractos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se trabajó con cinco individuos, tres de 18 y dos de 7 años de edad. Los árboles de 18 años fueron extraídos de plantaciones de *E. grandis* de la zona de Garruchos, (27° 27 min Sur; 56° 59 min Oeste). Los de 7 años fueron cortados de una plantación de las cercanías de la localidad de San Carlos, (27° 45 min Sur; 55° 54 min Oeste), ambos sitios en el norte de la provincia de Corrientes, República Argentina pertenecientes a la empresa Shell Forestal.

De esta última plantación se sabe que había recibido fertilización, desconociéndose sus características. El clima de la zona está definido como subtropical sin estación seca. El promedio anual de precipitaciones es de 1100 L/m². Los suelos son residuales del tipo lateríticos.

Las muestras fueron cortadas en toras de 30 cm de longitud y llevadas al laboratorio con corteza. Del centro de las mismas se cortaron rodajas de 1,5 cm de espesor que se descortezaron y guardaron en bolsas de polietileno en heladera hasta su fraccionamiento.

De cada una se cortó un sector circular de unos 60° sexagesimales de las cuales se separaron anillos concéntricos de forma manual. El material de estos anillos se fue cortando en escamas de no más de 0,3 mm de espesor. Cuando fue necesario estas escamas se cuartearon para sacar la cantidad necesaria para las extracciones subsiguientes. Las escamas se secaron al aire.

Métodos

Determinación de los anillos: Es sabido que el *Eucalyptus grandis*, como la mayoría de las especies del género, no posee anillos anuales definidos, aunque se notan diversas clases de anillos de crecimiento. El problema de su identificación no ha podido ser resuelto todavía ni aún utilizando los sistemas digitales de análisis de imágenes. [7]

Se realizó un extenso trabajo de búsqueda de métodos

para definir una manera de separar la madera año por año. En principio se pulieron sistemáticamente superficies transversales de los troncos, se sacaron fotografías con bajo aumento y se intentó hallar un patrón de crecimiento anual que no dio resultados confiables. Se hicieron después cortes al micrófono de largas secciones de madera que abarcaban varios años y se trató de hallar un patrón que defina los cambios anuales, ya sea por un cambio brusco del ancho y espesor de pared de las fibras o por un arreglo especial de la distribución de los vasos, de acuerdo a lo indicado por Dadswell [8]. Si bien se hallaron lugares en los cuales esto sucedía, los mismos abarcaban solamente un pequeño sector de la circunferencia, habiendo lugares con varios supuestos cambios anuales separados por milímetros, contiguos a otros en los que no aparecía ninguno.

Ante el interés en dividir los cortes transversales en sectores anulares para analizar el contenido de polifenoles a medida que el árbol crece en una plantación, y la negativa de hacerlo de manera lineal que no responde al patrón de crecimiento observado en cualquier árbol que crece en el medio de una masa forestada, se eligió utilizar una aproximación que consistió en los siguiente.

Se tomaron tres rodajas de árboles de 18 años o más de plantaciones comerciales de la misma zona fitogeográfica que la de los árboles a estudiar, y se sacaron los porcentuales anuales de crecimiento tomando como 100 % los 7 o 18 años, según el caso, y se promediaron. Las especies elegidas fueron *Pinus patula* y *Paraíso (Melia azederach)*, que poseen marcación definida de los anillos anuales. El resultado fue una tabla donde se indica el porcentual del radio de la rodaja que representa cada año. Por lo tanto el término ‘anillo’ que se utiliza en el cuerpo del trabajo no debe entenderse como ‘anillo anual’ sino de una manera aproximada, y se les llamará ‘anillos teóricos’.

Separación de polifenoles: se eligió estimar el contenido de polifenoles utilizando una simple extracción con etanol azeotrópico. Es sabido que las extracciones con los solventes utilizados en análisis de extractivos, como agua, acetona –agua y etanol– benceno no son específicos de los polifenoles. El agua extrae los polifenoles que se hallan como glucósidos pero no los taninos condensados, el alcohol–benceno parte de los flavonoides pero no los glucósidos, y las mezclas acetona agua extraen todos los polifenoles además de la mayoría de los otros extractivos. El etanol azeotrópico extrae tanto los glucósidos como los taninos condensados, aunque posiblemente también las grasas.

En un ensayo previo se extrajeron virutas de la madera en estudio con etanol en equipo soxhlet y se efectuó su caracterización por medio de espectroscopía UV. El espectrograma estaba conformado por las bandas de absorción de los polifenoles. El extracto secado bajo vacío fue luego tratado con ácido sulfúrico al 3 % a reflujo. El espectrograma del producto dio un escaso aumento de la banda de absorción de 280 nm, correspondiente a los furfúrales,

que se consideró debida a la hidrólisis de los glucósidos y no a azúcares libres. La disolución acuosa del extracto sin tratamiento no dio la reacción del almidón. La extracción con éter no dio, por otro lado, resultados positivos que indicaran disolución de ácidos y ésteres grasos

Se consideró, entonces, que si bien no había certeza completa acerca de la reacción biunívoca: extractivos en etanol : contenido de polifenoles, esta determinación podía considerarse una estimación aceptable del contenido de dichas sustancias en la madera en estudio.

Extracción: se utilizó en general la norma TAPPI T204 cm-97. Se modificó el tiempo de extracción, dado que el estado de agregación del material era distinto. Para determinar el tiempo adecuado se efectuaron extracciones de ensayo tomado cada hora muestras del alcohol del portacartuchos antes del sifonado y a los mismos se le realizó el espectrograma UV. Para determinar el contenido de polifenoles en estas extracciones, se preparó un extracto que fue lavado con éter, secado, redisolto en etanol y vuelto a secar bajo vacío. Al mismo se le midió la absorbancia en el máximo de la banda lejana a 208 nm. En las condiciones utilizadas el valor de absorbancia obtenido fue de 75 L/g. cm.

Las determinaciones sucesivas demostraron que la extracción iba disminuyendo hasta la séptima hora, en la que la masa extraída correspondía aproximadamente al 2 % de lo extraído en el tiempo anterior. Una muestra sacada a las 10 horas dio un espectrograma diferente, Figura N° 1, en la que la banda cercana fue más pronunciada y se observa un solapamiento de picos en la banda lejana del espectro. Este hecho fue considerado como separación de sustancias distintas a los polifenoles debida al tiempo excesivo de tratamiento. Por lo tanto se decidió utilizar un tiempo de extracción de 8 horas para las determinaciones.

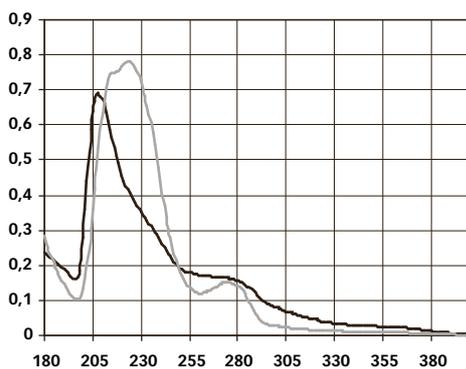


FIGURA 1. Espectrogramas del extracto etanólico. Negro a las siete horas de extracción. Gris a las 10 horas de extracción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla N° 1 se hallan los valores determinados de polifenoles, a través del extracto alcohólico, para los cinco árboles de *Eucalyptus grandis* estudiados. Los árboles

están nombrados por su edad y su número correlativo. Los promedios que figuran al pie fueron ponderados de acuerdo al volumen relativo de cada anillo. Se puede ver que los árboles de 18 años dieron de manera global menos extractivos que los de 7. En la observación de los cortes se notó que los primeros tenían el duramen mucho más marrón rojizo que los segundos que eran más pálidos y tendiendo al amarillo.

Tabla 1. Contenido de polifenoles (extracto etanólico) por anillo teórico para los cinco árboles de *Eucalyptus grandis* estudiados.

N° anillo	18-1	18-2	18-3	7-1	7-21
1	1,9	1,04	1,13	2,64	2,51
2	1,67	1,01	1,58	2,67	2,75
3	1,72	1,07	1,68	2,37	1,93
4	1,70	1,15	1,53	3,08	2,92
5	1,66	1,17	1,44	3,59	2,97
6	1,79	1,30	1,40	1,85	1,61
7	1,19	1,14	1,43	1,25	0,71
8	1,64	1,39	1,48		
9	1,28	1,21	1,27		
10	1,56	1,71	0,94		
11	1,69	2,19	1,49		
12	2,11	2,89	1,55		
13	1,77	2,85	1,51		
14	2,29	2,16	1,50		
15	2,34	1,57	3,79		
16	3,28	1,62	0,61		
17	2,34	0,96	0,61		
18	1,25	1,06	0,59		
Prom. pond.	1,84	1,63	1,39	2,47	2,26

En este caso la idea subjetiva de que el color más fuerte indica más contenido de extractivos, no fue cierta. Evidentemente, entonces, debiera existir diferencia en la composición de los polifenoles, hecho del que se va a poder dar una idea posteriormente al analizar los espectrogramas.

El perfil de variación se encuentra dentro de lo supuesto, es decir: 1) hay en todos los casos un marcado ascenso del contenido de polifenoles en la interfase albura-duramen, 2) en general los valores promedios de la albura son menores que los del duramen, Figuras 2 a 7.

Por otro lado, dentro del esquema antedicho hay diferentes variaciones entre los individuos. Por ejemplo el máximo de la interfase a veces es estrecho y otras ancho y el perfil dentro del duramen en un caso es aproximadamente constante y en otro posee amplias variaciones.

Una idea sobre la forma general de distribución se puede ver en la Figura N° 5 en la que se ha sacado el promedio de los tres árboles de 18 años. En el mismo se han superpuesto los anillos que poseían el máximo de polifenoles puesto que no fue el mismo en todos los casos, promediando solamente los anillos que tenían dos o tres valores.

En la misma se puede observar, sin dejar de tener en cuenta la poca representatividad del estudio, que el contenido de polifenoles tiende a aumentar lentamente desde la médula hasta la interfase, el anillo en la que se encuentra posee un 75 % más, y luego los valores bajan bruscamente en los anillos de la albura, siendo en la zona cambial menor que en la médula.

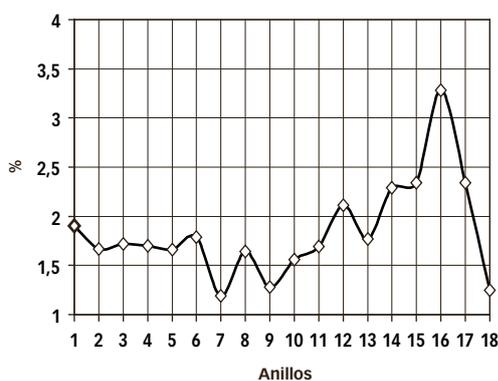


FIGURA 2. Distribución radial de concentración de polifenoles del árbol 18-1.

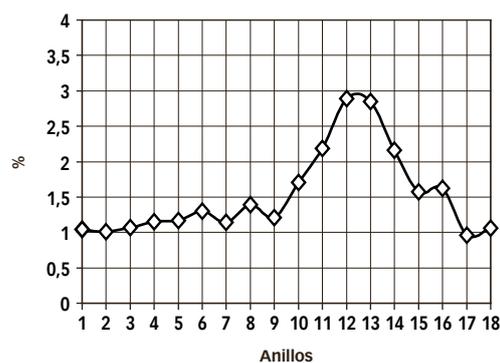


FIGURA 3. Distribución radial de concentración de polifenoles del árbol 18-2.

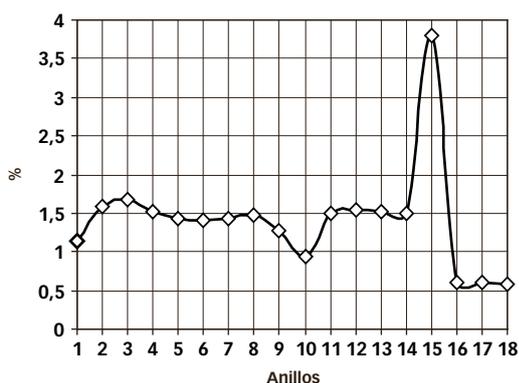


FIGURA 4. Distribución radial de concentración de polifenoles del árbol 18-3.

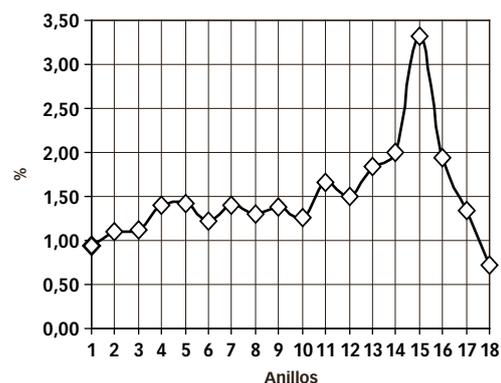


FIGURA 5. Promedio árboles de 18 años, superponiendo los máximos.

La zona de alto contenido de polifenoles de la interfase albura–duramen existe, obviamente, en todos los árboles y debiera irse corriendo a medida que crece el duramen. Éste hecho se corrobora en este caso en los árboles de siete años, Figuras N° 6 y 7, puesto que en los mismos el pico de polifenoles se halla entre el cuarto y quinto anillo, mientras que en los de 18 años se ubica entre el decimotercero y el decimosexto.

Las curvas de los árboles de 7 años son distintas a los de 18 en el hecho de que no hay una diferencia tan marcada entre el promedio del duramen y el pico de la interfase. Esto puede deberse a la edad o a variaciones propias de los distintos orígenes de las plantaciones, de orden genético o cultural.

Se realizaron los espectrogramas ultravioletas de los extractos de los anillos de los árboles estudiados. En los individuos de 18 años se observaron formas similares de ellos a lo largo del perfil radial. En las Figuras N° 8 y 9 se muestra un ejemplo representativo de lo antedicho.

Aunque hay algunas diferencias, ellas son menores. Existen tres bandas de absorción, dos notorias a 210 nm y 275 nm, u otra pequeña, solapada, en 230 nm. Estas bandas son típicas de los lignanos y los taninos flavonoides, como en el caso del ácido tánico que se puede ver en la Figura N° 11. Obsérvese, además, que el espectro del anillo corresponde al duramen y el del N° 17 a la albura. Ello indica que tampoco existen marcadas diferencias en el tipo de polifenoles de ambas zonas fisiológicamente diferentes.

Sucede lo contrario en el caso del árbol 7-1, aunque no en el de su misma edad y origen. En este caso se pudo observar una diferencia de composición entre el centro de la rodaja y el resto. Los dos primeros anillos presentaron un espectrograma más complejo en el que se pudieron discernir algunos caracteres del espectro del ácido elágico o de los elagitaninos, Figura N° 10.

Se puede ver que el espectro del extracto posee dos máximos que no aparecieron en los espectrogramas anteriores; un pico a 245 nm y una banda a 375 nm, y analizar como los mismos corresponden al espectrograma del ácido elágico dibujado en línea gris. Es decir que se infiere que en las sustancias extraídas hay de los dos tipos, es decir flavonoides y elagitaninos. La forma de un espectrograma normal de mezcla de los flavonoides se puede observar en la Figura N° 11, en forma de ácido tánico.

La existencia de este tipo de espectrograma en el *Eucalyptus grandis* no ha sido observada anteriormente. Su existencia se suma a otras anomalías de los árboles de 7 años como las características organolépticas de este ejemplar que como ya se dijera, tenía coloración amarillenta y no rosado-rojizo como es habitual en el duramen de la especie, además de una distribución de poros en bandas concéntricas, que tampoco es corriente en los cortes transversales.

Por lo expuesto es posible que se hayan trabajado con árboles que no son puros sino hibridizados con alguna otra especie de *Eucalyptus* distinto al grupo del *E. grandis*.

Se puede hacer otra observación al margen del objetivo

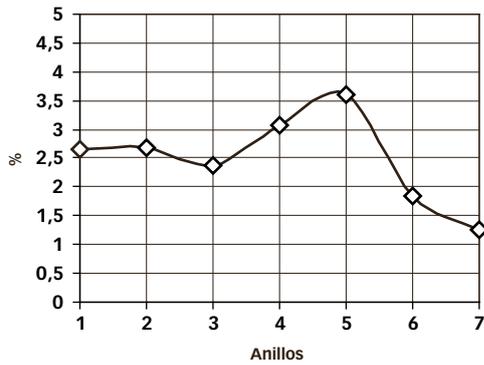


FIGURA 6. Distribución radial de polifenoles del árbol 7-1.

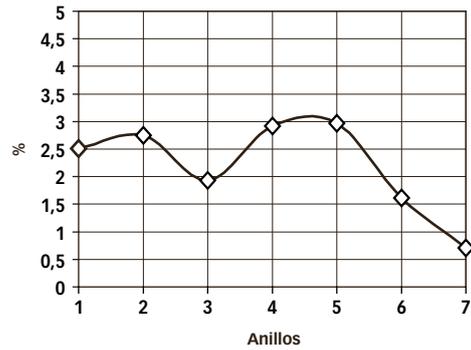


FIGURA 7. Distribución radial de polifenoles del árbol 7-2.

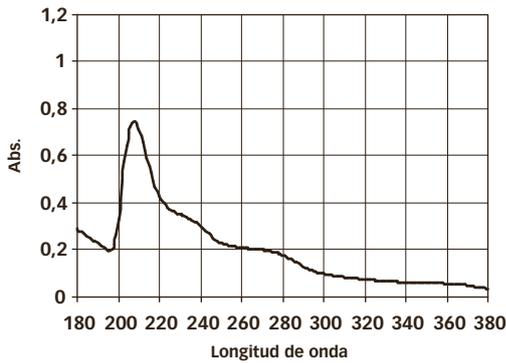


FIGURA 8. Espectrograma UV del anillo teórico N° 2 del árbol 18-2.

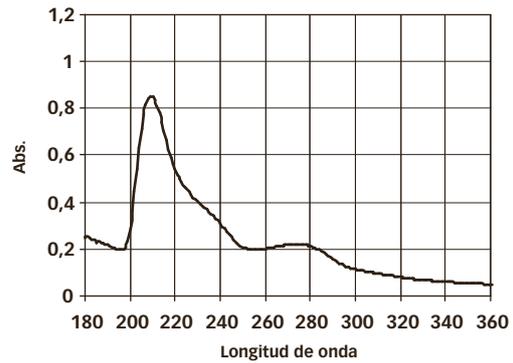


FIGURA 9. Espectrograma UV del anillo teórico N° 17 del árbol 18-2.

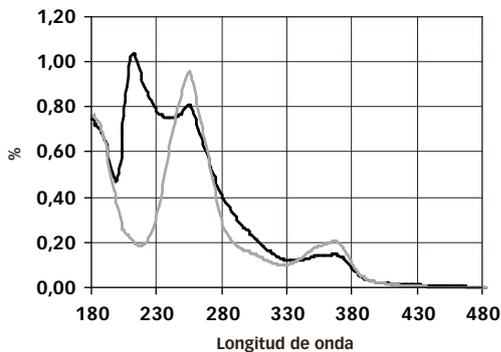


FIGURA 10. Espectrogramas UV del anillo N° 1 del árbol 7-1 (línea negra) y del ácido elágico (línea gris).

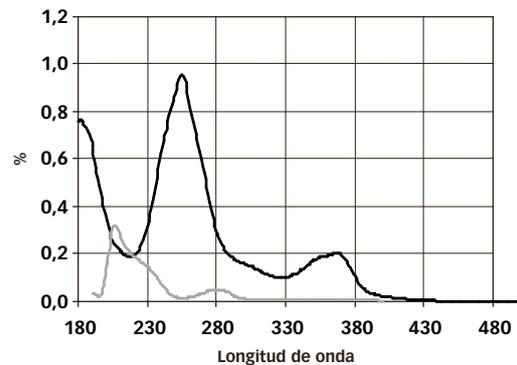


FIGURA 11. Espectrogramas UV del ácido elágico (línea negra) y del ácido tánico (línea gris).

principal del trabajo. Durante el cortado de los anillos teóricos se encontró en el anillo N° 4 del árbol 7-2, un nudo incluido en la madera con una zona circundante de color pardo rojiza embebida de quino. Si bien para el trabajo principal se eliminó este sector, el nudo fue analizado de manera similar de forma separada, para estimar el aumento de extractivos debido a este tipo de estructuras vegetales.

Se determinó que el extracto en etanol fue de 13,6 % contra 2,92 % de la madera normal del mismo anillo, es decir aproximadamente cuatro veces más. El espectrograma del extracto de la zona del nudo, Figura N° 12, dio una figura prácticamente igual al de la madera normal del mismo anillo.

Este hecho confirma la composición rica en flavonoides

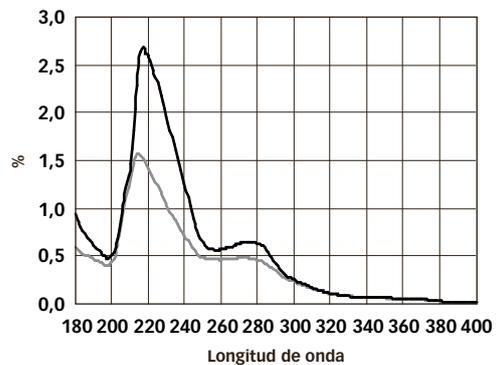


FIGURA 12. Espectrograma del nudo del anillo N° 4 del árbol 7-2 (línea negra) y de la madera normal del mismo anillo (línea gris).

de los polifenoles de *E. grandis*, puesto que el quino está compuesto principalmente de un grupo de estas sustancias como son las antocianidinas.

CONCLUSIONES

La distribución radial de polifenoles en los cinco árboles de *Eucalyptus grandis* estudiados sigue un patrón similar al de las especies consignadas en la bibliografía.

Dicho patrón consiste en una cantidad que aumenta paulatinamente de la médula hasta la interfase albura-duramen, en la zona de interfase es mucho mayor y disminuye bruscamente en la albura siendo mínima en la zona cambial.

Los espectrogramas UV de cuatro de los cinco árboles estudiados tienen pocas diferencias a lo largo del perfil radial, es decir se observan las bandas características de los flavonoides.

En un árbol se observó en la región de la médula la presencia de otro tipo de polifenoles, que el espectrograma asemeja al ácido elágico o elagitaninos. Este árbol, y en menor medida el otro individuo de 7 años, poseían otras características poco usuales en el *Eucalyptus grandis* por lo que se cree que podrían estar hibridizados.

Se determinó que el contenido de polifenoles en la zona que rodea a un nudo embebido de quino, tenía cuatro veces más polifenoles que la madera normal de la misma edad.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas Shell Forestal de Argentina y La Papelera del Plata por la cesión y corte de las muestras.

Al Dr. Alberto Venica, Buenos Aires, Argentina por el auxilio en la consecución de patrones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Fengel, D.; Wegener G.** "Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions". Walter de Gruyter. p. 210. 1984.
2. **Hillis, W. E.** *Properties of Eucalypt Woods of Importance to the Pulp and Paper Industry*. APPITA Vol. 26 Nº 2, p. 113.
3. **Hillis, W. E.** *Wood Extractives and their Significance to the Pulp and Paper Industries*. Academic Press. p. 61. 1962.
4. **Hillis, W. E.** *Properties of Eucalypt Woods of Importance to the Pulp and Paper Industry*. APPITA Vol. 26 Nº 2, p. 113. 1972.
5. **Sjöström, E.** *Wood Chemistry. Fundamentals and Applications*. Academic Press. p. 91. 1993.
6. **Hillis, W. E.** Australian J. Biol. Sci. Vol. 9, p. 263. 1956.

7. **Wilson, L.; Hudson, I.; Van Veberen, K.** *Vessel Distribution at two percentage heights from pith to bark in a seven year old Eucalyptus globulus tree*. Appita Journal Vol. 30 Nº 6. p. 496.

8. **Dadswell, H. E.** *The Anatomy of Eucalyptus Woods*. Forest Products Laboratory. Commonwealth Scientific and Industrial Organization. Australia. 1972.

Recibido: 07/12/06.

Aprobado: 18/11/08.

• Carlos Eduardo Núñez

Docente investigador del Programa de Investigación de Celulosa y Papel de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM. Técnico Químico del Instituto Politécnico Rosario de la FCEFYN de la Universidad Nacional de Rosario. Director de Proyectos de investigación. Ha realizado unos cuarenta trabajos de investigación y formado cerca de veinte estudiantes a término y profesionales. Ha realizado unos treinta y cinco textos de docencia.

PROCYP. Programa de Investigación de Celulosa y Papel. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. (c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar).

Rev. Cienc. Technol.
Año 11 / N° 11 / 2009 / 26–32

MORFOLOGÍA FIBROSA DE LA MADERA DEL *Eucalyptus grandis* IMPLANTADO EN LA MESOPOTAMIA ARGENTINA. 2. DEFINICIÓN DE LOS TIPOS MORFOLÓGICOS DE FIBRAS

Carlos E. Núñez

FIBER MORPHOLOGY OF THE WOOD OF *Eucalyptus grandis* GROWING IN THE ARGENTINEAN MESOPOTAMIA. DEFINITION OF THE MORPHOLOGICAL TYPES OF FIBERS

ABSTRACT

The present research work is part of a series on fiber morphology from exotic *Eucalyptus* tree wood in Mesopotamia, Argentina. (Mesopotamia comprises Misiones, Corrientes and Entre Ríos provinces). Facing difficulties regarding the classification of different fibrous types using botanical definitions the task was based on some paper related parameters and pits density. Some pairs of variables were tested and the relationship between pits and fiberability was selected. Five hundred elements were tested, plotted and grouped into 3 defined types with an A population of libriform fibers regardless type and amount of pits and a fiberability coefficient greater than 70, a B population of elements having a fiberability coefficient lower than 70 and a pit density lower than 80 pits/mm and a C population with an irrelevant number of elements and paper features consisting of vasicentric tracheids (elements with more than 80 pits/mm). We can define in this fashion a disgregate fiber sample as a function of the proportion of the population mentioned, since a pure A population pulp should have good physico-mechanical properties and a pure population B better formation properties. Because both types have different in tree physiological properties, a genetic improvement could be developed in order to obtain different species suitable to specific purposes. It could be established that fibers cannot be defined by the type and quantity of pits as it is the case of general botanical definitions.

KEY WORDS: *Eucalyptus grandis*, wood structure, fiber structure, cell dimensions, fiber dimensions, fiber length, fiber diameter, cell wall thickness, microscopy, Argentina.

RESUMEN

Ante las ambigüedades de las definiciones botánicas de tipos de fibras, se buscó utilizar dos parámetros medibles; la densidad de puntuaciones y el coeficiente de fiabilidad. Se observó que se podían dividir en tres grupos: una población 'A', de fibras libriformes, y un coeficiente de fiabilidad mayor de 70; una población llamada 'B' de elementos tipo fibrotraqueidas, de coeficiente de fiabilidad menor de 70 y una densidad de puntuaciones menor a 80 puntuaciones/mm; y una población 'C' de traqueidas vasicéntricas. De esta manera se puede definir una muestra en función a la proporción de dichas poblaciones. Una pulpa de población 'A' pura debiera tener buenas propiedades físico mecánicas la población 'B' pura, mejores propiedades de formación. Se podrían, además, desarrollar mejoras genéticas para fines definidos. Se constató además que no se pueden definir las fibras de esta especie por el número o tipo de sus puntuaciones.

PALABRAS CLAVE: *Eucalyptus grandis*, morfología de fibras, parámetros biométricos, coeficiente de fiabilidad, ancho de fibras, microscopia, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Se denomina Mesopotamia Argentina al territorio correspondiente a este país, 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. Datos más completos sobre la región se describieron en la primera parte de este trabajo.

Si bien hay publicada considerable cantidad de información de carácter silvícola sobre esta masa boscosa, no sucede lo mismo con respecto a las características morfológicas de su madera, y su variación con el sitio del tronco y con su edad. Esta serie de trabajos tratan de paliar este vacío.

Es un hecho bien establecido que la morfología de los elementos fibrosos que componen una pulpa influye en las propiedades ópticas, físicas y fisicomecánicas de la hoja con ella producida. Sin embargo no hay leyes generales lo suficientemente abarcativas para utilizarlas con fines predictivos en la confección de determinado tipo de papel.

Ello, al margen de las circunstancias metodológicas, se debe seguramente a las otras variables involucradas es decir el proceso de pulpado, el tipo de preparación de la pulpa y a los diversos productos que se agregan posteriormente al papel. Por eso se podría decir que para cada fábrica y para cada tipo de papel elaborado habría un tipo de fibra más conveniente.

Durante el estudio de aptitud papelera de latifoliadas desde mediados de 1980, se observó la existencia de una diversidad de formas fibrosas que se diferenciaban principalmente en la longitud y el ancho, aunque el espesor de pared también podría resultar un parámetro significativo. En el estudio de la aptitud papelera de un residuo industrial consistente en ramas jóvenes de *Ilex paraguariensis*, se hallaron distribuciones de frecuencias de parámetros fibrosos con tendencia a la polidispersidad [1]. En un trabajo sobre *Ocotea puberula*, vulgarmente llamado Guayca, Area y Fretes [2] hallaron distribuciones similares y las asociaron a diferentes poblaciones fibrosas caracterizadas por la abundancia o no de puntuaciones, es decir a lo que comúnmente se denominan a fibrotraqueidas y fibras libriformes. Posteriormente trabajando el autor con Peteriby *Cordia trichotoma*, [3], si bien halló algunas distribuciones con más de un máximo y de un sesgo considerable, no pudo identificar diferentes poblaciones estadísticas.

Existen, sin embargo, diversos indicios de que la diferente morfología fibrosa de la madera tiene una significativa importancia en las variaciones de propiedades de las pulpas hechas con ella, aún dentro de la misma especie. Esto es particularmente válido para el género *Eucalyptus* posiblemente por la variabilidad genética que le es característica. En un completo trabajo realizado por duPloiy sobre las relaciones entre morfología de la madera de *E. grandis* y las propiedades de la hoja [4], se pueden ver las variaciones posibles dentro de la especie. Así, en 20 árboles distintos halló diferencias hasta del 40 % en índice de rasgado, hasta del 60 % en índice de explosión y de hasta 45 % en índice de tracción. Los análisis de regresión múltiple indicaron que las variables morfológicas de mayor significancia eran el espesor de pared; la fieltabilidad, es decir la relación entre longitud y ancho de fibra; la longitud de fibra y el ancho de fibra en ese orden. Dado que, salvo el espesor de pared que varía poco en esta madera los otros parámetros definen lo que se suele denominar fibrotraqueidas y fibras libriformes, se vio el interés en tratar de analizar la existencia efectiva de esos tipos morfológicos en las maderas en estudio, medir su proporción en función de la edad y de la altura, y observar la existencia de eventuales poblaciones estadísticas en las distribuciones de frecuencia. El objetivo es de carácter mediato, es decir analizar la posibilidad de mejoramiento de la especie teniendo en cuenta, además de los parámetros corrientes de rendimiento: sanidad, conformación del fuste, etc., la morfología fibrosa en relación a su aptitud papelera.

Acerca de las definiciones de tipos morfológicos de fibras

Una recorrida por los textos corrientes de botánica y dendrología descubre fácilmente las definiciones diferentes, solapadas y hasta contradictorias que existen sobre los términos 'fibrotraqueidas' y 'fibras libriformes' [5] a [16]. Ello ha hecho que IAWA elimine estos términos de la caracterización de maderas [15]. Para las 'traqueidas vasicéntricas', el otro tipo de elementos de forma fibrosa existente en la madera de latifoliadas que, por otro lado no tiene significancia por su escaso número, hay coincidencia de criterios, por lo que no se las va a tratar en este caso.

Las fibrotraqueidas para Esau [6] son elementos de paredes finas, con extremos aguzados y puntuaciones areoladas que poseen aberturas lenticulares en forma de ranura o rendija; para Vales *et al.* [7] generalmente presenta paredes gruesas con punteado areolado; Tortoreli [9] las define como traqueidas con aspecto de fibras, comúnmente con pared espesa, lumen estrecho, extremo en punta y pares de puntuaciones areoladas, con aberturas de lenticulares a lineales (IAWA modif.); IAWA, en 1989, debido a la falta de consenso, evita los términos fibrotraqueidas y fibras libriformes en los descriptores anatómicos de madera.; Lange [10] presenta dibujos de los 2 tipos de fibras, en el que los dos tienen forma fusiforme pero uno posee puntuaciones redondas y el otro de forma de rendija, sin identificarlos; Mansart indica que son elementos de paredes espesas con un lumen estrecho, los extremos en forma de punta y que las puntuaciones areoladas tienen orificios lenticulares, o en ranura.

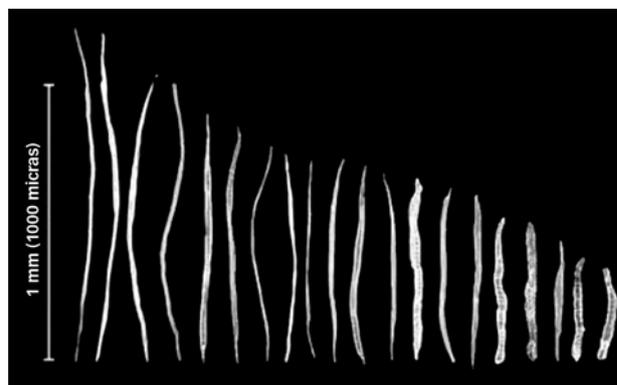


FIGURA 1. Variación morfológica de los elementos fibrosos del *E. grandis* de la Mesopotamia Argentina.

Las fibras libriformes son definidas por Esau [6] como una fibra del xilema comúnmente de paredes finas y puntuaciones simples, siendo usualmente las células más largas del tejido. Davidson [16] dice que son fibras largas y finas, que se caracterizan por poseer puntuaciones simples, y son el principal componente de las latifoliadas. Eames y Mc Daniels [12] indican que las fibras libriformes son la resultante de un proceso de especialización extrema en el cual la pared se hace muy gruesa y las puntuaciones se reducen tanto como se puede.

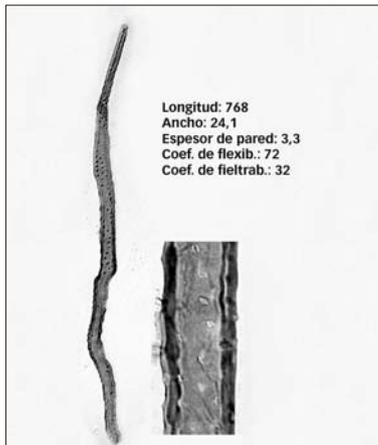


FIGURA 2. Fibrotracheida típica.

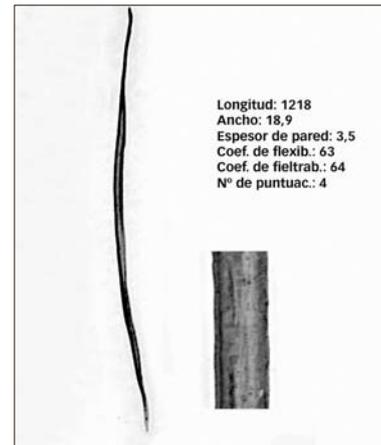


FIGURA 3. Fibra libriforme típica.

Las observaciones de la morfología del género *Eucalyptus*, y del *E. Grandis*, en este caso particular, explican la dificultad para definir de forma taxativa los tipos de fibras, Figura N° 1 (los elementos están elegidos visualmente y ordenados por longitud. Las primeras diez contando desde la izquierda son fibras libriformes, las cinco siguientes fibrotracheidas y las cinco últimas traqueidas vasicéntricas. La proporción no corresponde a la de los tejidos verdaderos), puesto que *prima facie* pareciera que hay una variación continua que va desde la típica fibrotracheida hasta la inconfundible fibra libriforme, tipos extremos con la que la mayoría de los autores están de acuerdo, Figuras 2 y 3.

La fibra de la Figura N° 2, es decir la fibrotracheida típica, se caracteriza por tener en la madera en estudio, una longitud menor que el promedio. Del conjunto de árboles medidos en la primera parte de este trabajo [5], se puede decir que el promedio aritmético de las fibras de estas plantaciones oscila dentro del rango de 890 a 1010 micras. De esta manera la fibrotracheida de la Figura N° 2 es marcadamente más corta y la fibra libriforme de la N° 3 más larga. Con respecto a los demás parámetros, las situación es similar, es decir que hay considerables diferencia entre estos tipos extremos.

Sin bien no se tiene la prueba concluyente, se podría asegurar que dos pulpas hechas con grupos puros de estos dos tipos extremos darían productos con propiedades bien diferentes, y de ahí el interés por analizarlos.

La principal dificultad para utilizar las definiciones de

tipos botánicos de fibras tiene que ver con las puntuaciones, dado que esas descripciones son cualitativas, es decir afirman que tal tipo no tiene tales puntuaciones y que el otro tipo si. Lo que se advierte observando las fibras es que en realidad definen tipos extremos, y que la mayoría de los elementos se ubican en puntos intermedios que aparentemente tienen entre sí solamente diferencias de carácter cuantitativo.

De un atento análisis de todas las definiciones se saca en concreto que, salvo el tema de las puntuaciones, los demás parámetros son de carácter cuantitativo. Por ejemplo cuando se dice largas, o gruesas, o en punta. Lamentablemente las puntuaciones areoladas de las fibras del género *Eucalyptus* no son de fácil observación, Figuras N° 4 y 5, salvo en un subtipo que tiene poca frecuencia que se muestra en la Figura N° 6, pero sin embargo se podría pensar que al margen del tipo que tengan, la planta ubica muchas puntuaciones en los elementos que van a tener función de conducción y va a dejar las mínimas en aquellos elementos de sostén, que necesariamente deberán tener morfologías adecuadas a dichas funciones.

La experiencia en la observación de fibras de *Eucalyptus* a lo largo del tiempo indica, aunque de manera subjetiva, que efectivamente los tipos morfológicos existen, y que la proporción de ellos varían en función del sitio del tronco analizado. La dificultad estriba al querer clasificar fibra por fibra según las definiciones botánicas. Es por eso que se estudió la inclusión de otro parámetro para intentar una

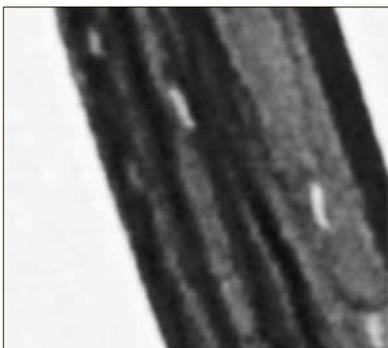


FIGURA 4.

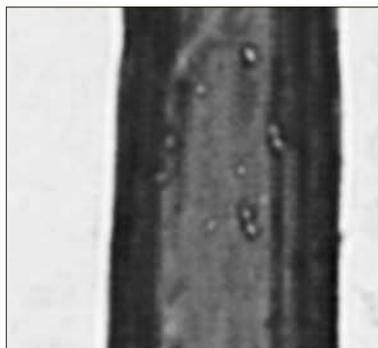


FIGURA 5.



FIGURA 6.

mejor separación de los tipos, para poder estimar en cada espécimen la proporción de los mismos de manera más definible. Teniendo en cuenta que una dificultad es la existencia o no de puntuaciones y del tipo de las mismas, y que por otro lado, desde el punto de vista papelerero, ateniéndose a la información disponible, los parámetros más influyentes en las propiedades físico mecánicas de la hoja son el espesor de pared, el coeficiente de fiabilidad, la longitud y el coeficiente de flexibilidad, se decidió realizar un estudio entre dichos parámetros y la cantidad de puntuaciones.

Por lo tanto el trabajo consistió en medir en una cantidad significativa de individuos densidad de puntuaciones, y los valores antedichos, y analizar si se podían agrupar de alguna manera en distintos grupos morfológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Nota: una descripción más detallada de la metodología se puede encontrar en el trabajo inicial de la serie [17].

Árboles: se trabajó sobre las muestras preparadas en trabajos anteriores provenientes de distintos sitios de los fustes tanto en sentido radial como longitudinal, utilizando los 14 individuos recolectados hasta ahora, provenientes de las tres provincias mesopotámicas y de suelos y latitudes distintas. Este conjunto se considera una buena representación de la población de *E. grandis* de la región.

Preparación para análisis microscópico: se fraccionaron los sectores circulares por medio de formón, rajando el total de los mismos en sentido longitudinal, en prismas de aproximadamente 4 a 8 mm de ancho, por la longitud correspondiente a la rodaja. Éstos 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, [18, 19] recurriendo a una variante previamente desarrollada [20], en la que se llega solamente a n° kappa 15–20 y se efectúa el disgregado con una solución de carbonato de sodio. En estas condiciones la pared primaria queda casi intacta, y las fibras se mantienen rígidas y con poco daño físico mecánico.

El material disgregado se lavó y se colocó en una vaso de cuatro litros, del que se sacó con agitación la fracción para los preparados de microscopía. Esta parte de la preparación se hizo siguiendo en general las técnicas de Isenberg [21] y Hilton [22].

Mediciones: todas las mediciones se realizaron sobre material disgregado, inclusive las de ancho de fibra y espesor de pared. Se decidió este método, en cambio de leerlos en cortes de micrótopo, 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 [23] puede considerarse 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. Tanto las longitudes como los anchos y espesores de pared se midieron en un analizador de imágenes con el programa 'Leica Qwin', utilizando herramientas de medición manual. Ésta 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 trasversales 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. Las puntuaciones se contaron pasando por la pantalla toda la longitud de la fibra con el máximo aumento. El coeficiente de fiabilidad se define como la relación entre longitud y ancho de la fibra. El valor de la 'densidad' de puntuaciones, está referido a la longitud, es decir que equivale al número de puntuaciones medidas en relación a la longitud de fibra en mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comenzó por relacionar el número de puntuaciones con los cuatro parámetros, y se obtuvieron valores que se describen en las Figuras 7, 8, 9 y 10.

Como se puede apreciar en la Figura N° 7, evidentemente el espesor de pared no es función de la densidad de puntuaciones. La mayoría de los valores se agrupan en una nube dispersa. Este hecho sumado a que es el parámetro menos variable y el más incierto en la medición, por las dificultades de observar las paredes de las fibras disgregadas, lo excluyen de ser utilizado. El segundo caso es interesante, Figura N° 8, porque se puede observar que los puntos se distribuyen a lo largo de un espacio que se puede representar razonablemente por una ecuación potencial, y en el que se pueden advertir tres acumulaciones aceptablemente diferenciadas, puesto que hay dos rangos de baja frecuencia de apariciones, uno en (10;70) y otro en (100; 40). Las longitudes de fibra, Figura N° 9, aunque exhiben también una relación interesante, con la mayoría de las

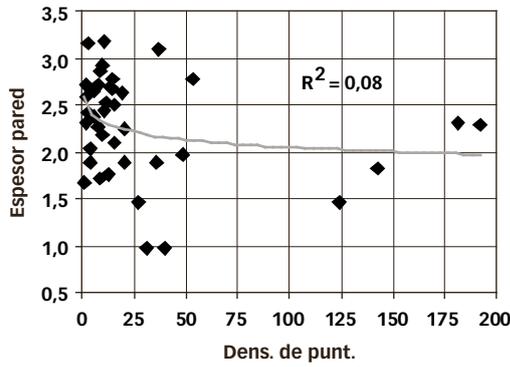


FIGURA 7. Espesor de pared en función de la densidad de puntuaciones.

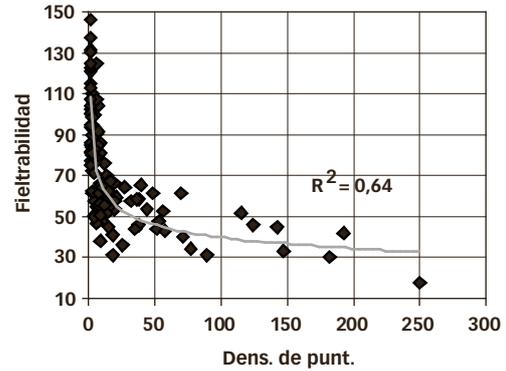


FIGURA 8. Coeficiente de fieltrabilidad en función de la densidad de puntuaciones.

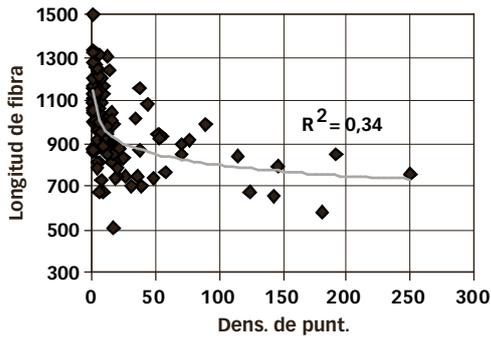


FIGURA 9. Longitud de fibra en función de la densidad de puntuaciones.

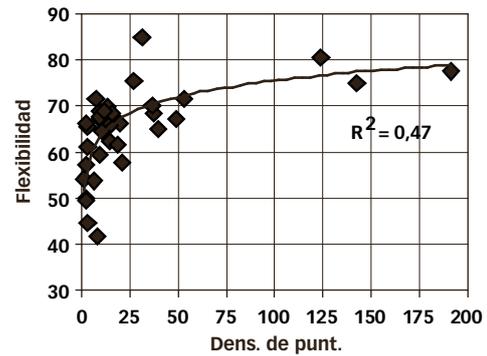


FIGURA 10. Coeficiente de flexibilidad en función de la densidad de puntuaciones.

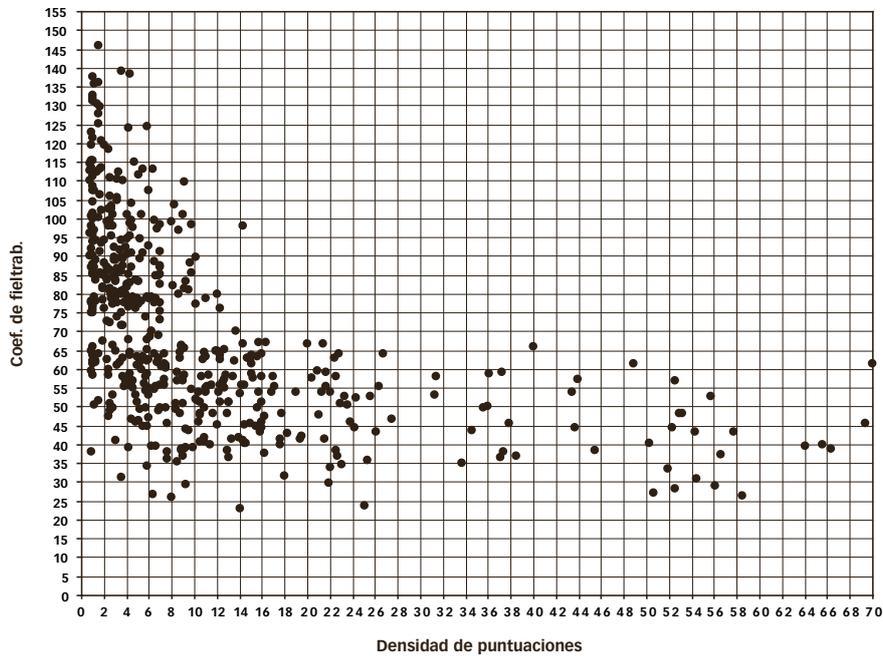


FIGURA 11. Gráfico de la relación del coeficiente de flexibilidad y la densidad de puntuaciones de todos los valores.

fibras con pocas puntuaciones, y disminuyendo a medida que aumenta la densidad de puntuaciones, no muestra algún tipo de agrupamiento que se pueda utilizar para definir tipos morfológicos. La falta de grupos diferenciados también se nota en el gráfico de los coeficientes de flexibilidad, Figura N° 10, que por otra parte tiene poca relevancia en predicción de las propiedades de la hoja.

De esta manera se eligió continuar el análisis solamente con el coeficiente de fieltrabilidad para diferenciar distintas poblaciones fibrosas. En la Figura N° 11, se muestra la ubicación de los pares de valores resultantes de medir densidad de puntuaciones y coeficiente de fieltrabilidad.

Corresponden a muestras de tres individuos, dos de Entre Ríos y uno de Corrientes, medidos a alturas de pecho;

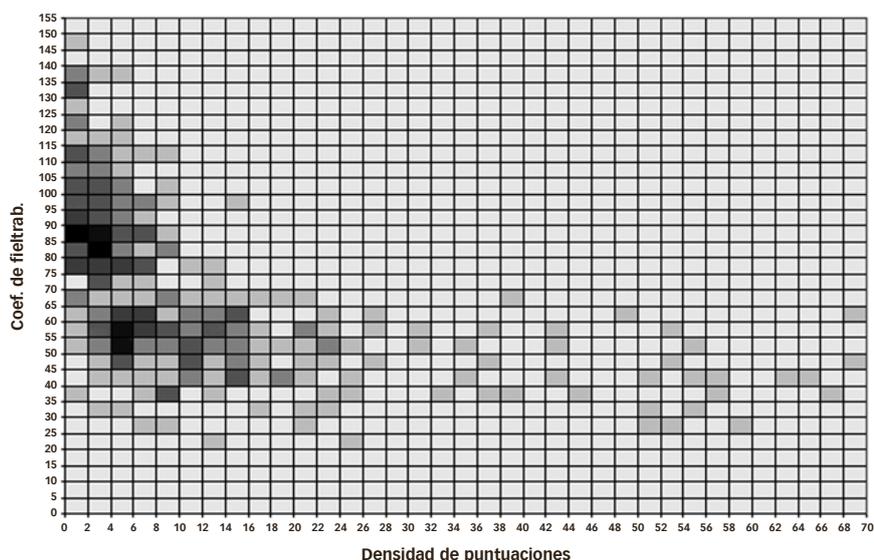


FIGURA 12. Cuadrícula de densidad de apariciones de pares de valores fielttrabilidad-puntuaciones.

50 y 75 % de la altura comercial del fuste, en total 520 elementos fibrosos. Se han obviado unos pocos valores de traqueidas vasicéntricas de más de 60 puntuaciones por milímetro. Se puede observar que los puntos no se ordenan al azar. Hay una franja más o menos ancha que los contiene en su totalidad. Esta franja es casi paralela al eje de las densidades de puntuaciones, para altas densidades, y cambia la pendiente de forma significativa en la zona de baja densidad, cuando las fibras poseen pocas puntuaciones. Aunque de forma no muy marcada existe una región de poca frecuencia de apariciones, que se encuentra en el rango de coeficientes de flexibilidades de 70 y densidad de puntuaciones entre 1 y 10 punt./mm. Dada la importancia de este sector ralo para poder diferenciar dos grupos de fibras, se realizó el gráfico de la Figura N° 12 en el que, por medio de una cuadrícula se colorearon los sectores con grises cuya intensidad es proporcional a la cantidad de puntos que contenían. Se observan dos concentraciones de puntos y una zona de baja frecuencia que las separa. De manera general es importante remarcar que se encontraron gran cantidad de elementos con el mismo número de puntuaciones y un gran rango de coeficientes de fielttrabilidad, o sea que la primera variable no define las llamadas fibras libriformes.

Teniendo en cuenta estos resultados se decidió definir tres tipos de poblaciones de fibras. Se va a denominar Población A al grupo de fibras que poseen coeficiente de flexibilidad mayor de 70, Población B a las que poseen coeficiente de flexibilidad menor de 70 y densidad de puntuaciones no mayor de 80 punt./mm, y Población C los elementos con más de 80 punt./mm. La Población A, aunque no de forma absoluta se relaciona a las fibras libriformes, la Población B a las fibrotraqueidas y la Población C comprende los elementos denominados traqueidas vasicéntricas, que por otro lado son de escasa presencia y no tienen importancia papelera. De esta forma se elimina

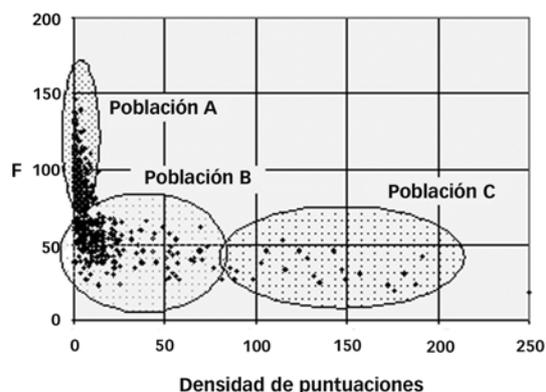


FIGURA 13. Las tres poblaciones fibrosas definidas. F corresponde a coeficiente de flexibilidad.

la indefinición de identificar tipos fibrosos por medio de las puntuaciones, particularmente entre fibrotraqueidas y fibras libriformes, Figura N° 13.

CONCLUSIÓN

Las fibras de *E. grandis* estudiadas se pueden dividir por parámetros medibles en tres poblaciones fibrosas. Una primera, ‘A’ asociada a las fibras llamadas libriformes, de elementos con coeficiente de fielttrabilidad mayor de 70, una segunda población ‘B’ definida como las fibras que tienen coeficiente de fielttrabilidad menos de 70 y densidad de puntuaciones menor a 80 punt./mm que se puede asociar a las fibrotraqueidas, y una tercera ‘C’ de poca importancia, que se superpone a la definición de traqueidas vasicéntricas, conformada por los elementos que poseen densidad de puntuaciones mayor a 80 punt./mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Núñez, C. E. *Aptitud Papelera de los Residuos leñosos de la Elaboración de la Yerba Mate*. Proceedings de las 7^{as} Jornadas Técnicas de la yerba mate. Apóstoles, Misiones. 1982.
2. Area, M. C.; Fretes, R. M. *Una contribución al conocimiento de los elementos celulares del Guayca*, Revista ATIPCA (Argentina), Año 27, N° 2, pp. 46, 1988.
3. Núñez, C. E. *La Madera de Peteribí, Cordia trichotoma, (Vell) Johns. como recurso Fibroso. II Morfología Fibrosa, Estudio de poblaciones y relación entre parámetros fibrosos*. Rev. Cienc. Tecnol. Año 4 (4), p. 27.
4. du Ploiy, 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.
5. Richter, H. G.; Dallwitz, M. J. (2000 onwards). *Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, and Spanish. Version: 18th October 2002*. <http://biodiversity.uno.edu/delta/> (Enero 2009).
6. Esau, Katherine. *Glossary from The Anatomy of Seed Plants* 2nd Edition, (1977) John Wiley and Sons, NY, NY.
7. Vales, M. A.; Clemente Muñoz, M. y García, E. L. *Glosario de términos utilizados en las descripciones de maderas CI-TES*. Universidad de Córdoba, España. <http://www.uco.es/organiza/servicios/jardin/cd1/Maderas%20CITES/glosario.htm> (diciembre 2009).
8. Schulte, P. L. *Plant Anatomy*. Department of Biological Sciences. University of Nevada, Las Vegas. 2004. <http://www.unlv.edu/Colleges/Sciences/Biology/Schulte/Anatomy/CellsTissues/Cells.html>. (diciembre 2009).
9. Tortorelli, L. A. *Glosario de Términos Usados en Anatomía de Maderas*. Revista de investigaciones forestales. Tomo IV, N° 1, P. 3–32. 1963.
10. Lange, P. W. *The Morphology of hardwood Fibers*. TAPPI 42 (9) p. 786. 1959.
11. Manssart, F. *Xubulon, Progiel d'aide à la reconnaissance des bois*. <http://blogbernie.free.fr/bubu2/lexique.htm>. (Diciembre 2009).
12. Eames, A. J.; Mc Daniels, L. H. *An Introduction to Plant Anatomy*. London: McGraw-Hill Book Co. p.: 93–95. 1947.
13. Fahn, A. *Anatomía vegetal*. Editorial Pirámide D. A. Barcelona. 1985. P. 109.
14. Strasburguer, B. *Tratado de Botánica*. 8^a edición castellana. Editorial Omega. Barcelona. 1994. P. 207.
15. IAWA Committee–*IAWA List of microscopic features for hardwood identification*, Vol. 10 p. 219. 1989.
16. Zuckerman, L. D.; Davidson, M. W. (Sin título) The Florida State University. 1995–2005. <http://www.microscopy.fsu.edu/trees/glossary.html>. (Febrero de 2009).
17. Núñez, C. E. *Morfología fibrosa de la madera del Eucalyptus grandis implantado en la Mesopotamia Argentina*. 1. Atributos biométricos. Rev. Cienc. Tecnol. Año 9, N° 9. 2007.
18. Jayne, B. A. *Mechanical Properties of Wood Fibers*. TAPPI 42 (6) p. 461–467, 1959.
19. Canadian Pulp and Paper Association. Useful Method G.10U 1990. *Chlorite Delignification of Cellulosic Materials*.
20. Núñez, C. E.; Pavlik, C. A. *Disgregado de tejidos leñosos por el método clorito-ácido acético-carbonato. Evaluación del daño producido a las fibras*. Rev. Cienc. Tecnol. Año 2, N° 2. 1999, p. 33–37.
21. Isenberg, Irving H. *Pulp and Paper Microscopy*. Third Edition. The Institute of Paper Chemistry. Wisconsin. 1967.
22. Hilton, N. R. *Microscopía de la Madera*. Edición de Celulosa Argentina S.A. Capitán Bermúdez. Argentina. 1970.
23. 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. P. 113 a 122.).

PERSONAS E INSTITUCIONES INTERVINIENTES

Contribuyeron en la selección y consecución de las muestras de madera: el INTA-Concordia, en la persona de Martín Sánchez Acosta; Bosques del Plata S.A.; Shell Forestal S.A.; Alto Paraná S.A.; Roberto Pascutti de la Facultad de Ciencias Forestales UNaM.

Recibido: 07/12/06.

Aprobado: 18/11/08.

• Carlos Eduardo Núñez

Docente investigador del Programa de Investigación de Celulosa y Papel de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales de la UNaM. Técnico Químico del Instituto Politécnico Rosario de la FCEFYN de la Universidad Nacional de Rosario. Director de Proyectos de investigación. Ha realizado unos cuarenta trabajos de investigación y formado cerca de veinte estudiantes a término y profesionales. Ha realizados unos treinta y cinco textos de docencia.

PROCYP. Programa de Investigación de Celulosa y Papel. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Misiones. (c_e_nunez@fceqyn.unam.edu.ar).

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 11 / N° 11 / 2009 / 33–41

RECUPERACIÓN AMBIENTAL DE UN ÁREA VERDE URBANA

A. Neckel, A. Pandolfo, J. W. J. Rojas, G. Fanton, M. Salles, L. Pandolfo, J. Kurek

ENVIRONMENTAL RECOVERY OF AN URBAN GREEN AREA

ABSTRACT

Green areas historically have been managed in a way inappropriate to their purposes, both as urban or environmental, undermining the biota. These areas are typically governed by the development plans proposed by municipalities. However, proposals are also taken to the competent organisms by the community. The aim was to adequate the green area of the University Campus (UC) in Passo Fundo to its natural purpose: preservation area for park purposes. Therefore, this work was developed as collaboration for the execution of improvements in the green area of the UC, within the laws governing environmental preservation and taking into account community needs. With these actions, the green area came to have a social function for the community, which now operates actively in preserving the site.

KEY WORDS: urbanization, environmental degradation, environmental preservation, community, environmental education.

RESUMEN

Las áreas verdes históricamente vienen siendo manejadas de forma inadecuada a sus propósitos, sean ellos de carácter urbano o ambiental, comprometiendo el medio biótico. Estas áreas normalmente son regidas por planes de desarrollo propuestos por las municipalidades. Entretanto, propuestas también son llevadas por la comunidad a los órganos competentes. Se buscó así, adecuar el área verde del Lote Ciudad Universitaria–LCU, en la ciudad de Passo Fundo, a su propósito natural: área de preservación con fines de parque. De este modo, el presente trabajo fue desarrollado como subsidio para la realización de mejorías del área verde del LCU, adentro de lo que rigen las leyes de preservación ambiental y conforme la necesidad de la comunidad. Con ésas acciones, el área verde pasó a tener una función social para la comunidad, la cual, de ahora en adelante, actúa activamente en la preservación del local.

PALABRAS CLAVE: urbanización, degradación ambiental, preservación ambiental, comunidad, educación ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento desordenado de los centros urbanos afecta negativamente a la calidad ambiental y de vida de la población. Eso no es diferente para la comunidad del “Lote Ciudad Universitaria”, que posee un área verde mal gerenciada hace muchos años. El área verde fue históricamente manejada de forma inadecuada, tanto en su función urbana, cuanto ambiental. A través de la movilización de la comunidad, algunas propuestas fueron presentadas a órganos como la Municipalidad y el Ministerio Público Municipal a fin de transformar el área verde en una especie de parque urbano, que al mismo tiempo preservaría el ambiente y serviría de área de ocio a la comunidad. Así, el presente trabajo fue desarrollado con el objetivo de caracterizar y analizar el área, además de subsidiar técnicamente a la comunidad en el planeamiento y ejecución de mejorías, adentro de lo que rigen las leyes de preservación ambiental y delante de las necesidades de la comunidad.

Este trabajo se constituye en un análisis estructural y ambiental del área verde del Lote Ciudad Universitaria–

Passo Fundo, insertándose en la línea de investigación Relación Sociedad–naturaleza–impacto ambiental.

1.1. La urbanización y su interferencia en las cuestiones ambientales

Desde 1950, la formación de las ciudades brasileñas viene construyendo un escenario de contrastes, típico de las grandes ciudades del Tercer Mundo. En ese sentido, con la creación de la mayoría de los Órganos Municipales, se acabó por atropellar los modelos de organización del territorio y gestión urbana tradicionalmente utilizados, que se mostraron inadecuados, pues, conforme [1], “el resultado ha sido el surgimiento de ciudades sin infra–estructura y disponibilidad de servicios urbanos capaces de soportar el crecimiento provocado por el contingente poblacional que emigró hacia las ciudades” (2005).

Los impactos ambientales, principalmente la cuestión del agua, difieren entre los países desarrollados y los que se encuentran en fase de desarrollo. Las formas de planearse

el espacio urbano o hasta la falta de planeamiento de los mismos, también difieren, consecuentemente siendo así los impactos ambientales diferentes. Eso puede ser identificado a partir del Cuadro 1.

Cuadro 1. Comparación de los aspectos del agua en el medio urbano.

Infra-estructura urbana	Países desarrollados	Brasil
Abastecimiento de agua	Resuelto, con cobertura total.	En gran parte atendida, tendencia a la reducción de la disponibilidad debido a la contaminación, gran cantidad de pérdidas en la red.
Saneamiento	Cobertura casi total.	Falta de red y estaciones de tratamiento; las que existen no consiguen colectar cloacas como fue proyectado.
Drenaje urbano	Controlados los aspectos cuantitativos; desarrollo de inversiones para control de los aspectos de la calidad del agua.	Grandes inundaciones debido al incremento de las mismas; Control que agrava las inundaciones a través de canalización; Aspectos de calidad del agua que no fueron identificados.
Inundaciones ribereñas	Medidas de control no estructurales como seguridad y división en zonas de inundación.	Grandes prejuicios por falta de una política de control.

La degradación ambiental en los días de hoy está fuertemente unida a factores de ocupación y uso del suelo, una vez que las formas de ocupación y manejo ocasionan el tipo y grado de impacto, lo cual afecta de manera desigual el ambiente. Así, el uso del suelo se diversifica a partir de su ocupación por diferentes categorías sociales, de ahí la necesidad de considerarse factores político-económicos, socio-culturales y bióticos en el análisis de los procesos de degradación ambiental [2].

Se imagina que en el futuro las personas deberán vivir en áreas de habitación separadas por grandes parques verdes, intercomunicadas por transportes colectivos de alta tecnología, como trenes modernos. Nuevas tecnologías limpias serán utilizadas y, más importantes aun, políticas de equidad social y ecológica serán cada vez más investigadas. Consecuentemente, las ciudades podrán pasar de zonas focales de grandes disturbios sociales, políticos, económicos y ecológicos, a locales de crecimiento cultural y de compartimiento de ideas, tanto ecológicas cuanto tecnológicas, esa parece ser la única forma de nuestra sobrevivencia futura, pues, “[...] la gestión es la superación de problemas, especialmente factores de injusticia social, y la mejoría de la calidad de vida, ambos deberían ser vistos como perteneciendo al amplio dominio de las estrategias de desarrollo regional, nacional, etc. Planeamiento y gestión urbanos, vistos por esa óptica de ciencia social, son nada más que estrategias de desarrollo urbano, alimentadas por una investigación social básica, tanto teórica cuanto empírica” [3].

Si los procesos naturales fuesen reconocidos y aprovechados, representarían un poderoso recurso para la construcción de un hábitat urbano sostenible, pero, cuando son ignorados, amplían los problemas que cada vez más

castigan a las ciudades, como deslizamientos, transbordos de ríos, polución del aire y del agua, entre otros [4].

El crecimiento de las ciudades y de los aglomerados urbanos generalmente incrementan los problemas de orden ambiental. Las agresiones al medio ambiente ocurren debido a una suma de factores relacionados básicamente al uso y a la ocupación desordenada del suelo, al crecimiento de la malla urbana sin el acompañamiento adecuado de recursos de infra-estructura y a la expansión inmobiliaria. Así, áreas inadecuadas son ocupadas por la población carente, o también por emprendimientos inmobiliarios, acarreado el comprometimiento de los recursos ambientales, con prejuicio para la sociedad como un todo, especialmente para los que son obligados a convivir día a día en situación precaria, ocurriendo así la falta del tratamiento paisajístico adecuado y la incompatibilidad de las actividades a las necesidades de los usuarios [5].

Para aprovechar las oportunidades inherentes al ambiente natural de la ciudad, se vuelve necesaria una nueva actitud para con el ambiente construido. En las palabras de [3]: “la ciudad necesita ser reconocida como parte de la naturaleza, siendo proyectada de acuerdo con eso. [...] La naturaleza en la ciudad necesita ser cultivada como un jardín, en vez de ser ignorada o subyugada”. Así, las personas deben hacer su parte en la preservación y constitución de las áreas verdes en las ciudades.

La ciudad puede ser entendida como un ecosistema, en su sentido amplio, una unidad ambiental, adentro de la cual todos los elementos y procesos del ambiente son inter-relacionados e interdependientes, de modo que un cambio en uno de ellos resultará en alteraciones en otros componentes. Sin embargo, existen también diferencias ideológicas y conflictos de intereses que se confrontan en el ideario ambiental, reflejando en el escenario urbano [6].

Los grandes asentamientos urbanos concentran problemas ambientales tales como polución del aire, sonora e hídrica; destrucción de los recursos naturales; bien como problemas sociales: desintegración social; desempleo; pérdida de identidad cultural y de productividad económica. Muchas veces, las formas de ocupación del suelo, la provisión de áreas verdes y de ocio, la gerencia de áreas de riesgo, el tratamiento de las cloacas y el destino final de la basura colectada dejan de ser tratados con la prioridad que merecen, aunque la constitución volvió obligatorio el Plan Director para las municipalidades con más de 20 mil habitantes, definiéndolo como “el instrumento básico de la política de desarrollo y expansión urbana”, medio de expresión de las “exigencias fundamentales de ordenamiento de la ciudad”, y como parámetro para asegurar la función social de la propiedad urbana [4].

La ciudad se constituye como la forma en la cual los seres humanos se organizan para vivir en sociedad y proveer sus necesidades. Las agresiones al medio ambiente sugieren la necesidad de buscarse alternativas que minimicen las acciones humanas y promuevan la integración del ser humano

con la naturaleza. Es necesario acabar con la destrucción del medio ambiente, que acarrea varios problemas típicos de las grandes ciudades, pero que también afectan a ciudades de pequeño porte, como transbordos de ríos, deslices de tierra, polución, entre otros. En ese contexto, “la deterioración ambiental, sea en áreas urbanas o rurales, es un problema que siempre existió en la historia de la humanidad”[...]. Los más graves problemas ambientales son principalmente un efecto de la urbanización sobre los ecosistemas, provocando una contaminación creciente de los recursos naturales, principalmente el aire y el agua [4].

“La existencia de cursos de agua también condiciona el crecimiento de la ciudad. Los riachuelos no son obstáculos a una ocupación urbana pudiendo ser canalizados o hasta desapareciendo con la ciudad” [7].

En las palabras de [7], para que “se efectúe la construcción de calles y la parcelación en terrenos, toda la vegetación del lugar es eliminada, lo que también provoca la desaparición de su fauna”.

El área analizada presenta riquezas hídricas, poseyendo tres nacientes, y como dice [8]: “usted puede iniciar la demarcación de las áreas de preservación permanente por las orillas de los ríos. Toda la franja a lo largo de los ríos es área de preservación permanente”.

En pleno siglo XXI, el agua se vuelve una preocupación, pues, siendo un recurso natural renovable y el consumo siendo cada vez mayor, además del saneamiento básico no siempre llega a todas las residencias, se sabe que las cloacas son direccionadas hacia los arroyos y/o riachuelos, tornándolos altamente contaminados. Así, como dice [9], “la contaminación de las aguas por las cloacas urbanas resulta en problemas muy serios, dentro de los cuales están la contaminación por bacterias patogénicas y la contaminación por sustancias orgánicas capaces de ser transformadas por microorganismos”.

En un alcance general podemos decir que “el agua es el elemento de mayor importancia para todas las formas de vida de la Tierra” [9]. También existen autores como [10], que hablan de la importancia del agua, siendo que “el agua es vida, y por eso, es insustituible”.

En el área verde del Lote Ciudad Universitaria, se puede observar la riqueza de recursos hídricos, ahí se encuentran tres nacientes mal preservadas: la primera fue canalizada; la segunda y la tercera están degradadas por la inexistencia de la mata ciliar y existen solamente pequeños remanentes de la mata secundaria. “Con el proceso de expansión de la ciudad y la incorporación de nuevos espacios para edificaciones, la naturaleza se modifica cada vez más en el medio ambiente urbano” [11].

1.2. Objetivos de la investigación

Los objetivos de la investigación fueron: analizar la vegetación y el suelo del área; diagnosticar la cuestión social y la percepción de los habitantes del lote y proponer medidas para recuperación ambiental del área.

Por lo tanto, la investigación jamás se haría posible sin el apoyo y la presencia constante de la comunidad en lo que dice respecto a la ejecución de las propuestas para la mejoría del área verde, pues la misma no ve el área como algo con que se pueda obtener intereses económicos y sí como un beneficio a la calidad de vida de los habitantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área verde tiene cerca de 2 ha. y está ubicada en el Lote Ciudad Universitaria–LCU, Barrio Petrópolis, en la Ciudad de Passo Fundo–RS. El área es actualmente ocupada por la Delegación Civil y por una Sociedad Tradicionalista. En esa área se acompañaron las acciones de la comunidad en el periodo de 2005–2007. En la metodología utilizada fueron hechas acciones, como:

- Revisiones bibliográficas de las leyes y de autores que elucidan las tendencias de uso de áreas urbanas, tomando como referencia la cuestión de la sostenibilidad en el estudio de caso del LCU;
- Relevamiento del área, con la colecta de datos sobre la vegetación;
- Análisis del agua y del suelo, evaluando su nivel de calidad.

El análisis de agua fue hecho en las tres nacientes existentes en el lugar, buscando saber el grado de polución biológica y microbiológica. En el suelo, los muestreos fueron colectados en diversos puntos y a diferentes profundidades, en los huecos de colecta se retiraban las hierbas que estaban brotadas y con una pala se retiró cerca de 20 cm de suelo para mezclarlo en un recipiente con otras colectas semejantes para que se pudieran realizar los análisis de las mismas. Posteriormente, fue hecho el análisis de 20 a 40 cm de profundidad, también en diferentes puntos, con el objetivo de conocer cual es el nivel de acidez del suelo.

Por otro lado, se recabaron, a través de cuestionarios, informaciones sobre la vida socio–económica y la percepción de medio ambiente de los habitantes, situando en el contexto del área verde. Los resultados fueron tabulados y analizados en el sentido de verificar los principales problemas e indicar técnicas de manejo y restauración del área.

Fueron plantadas 500 mudas de especies nativas con el propósito de devolver al área su cara original, recuperando las nacientes, suelo y vegetación.

Se proporcionó a la comunidad un área de diversión, mejorando la calidad de vida de la población.

2.1. Caracterización y ubicación de la municipalidad de Passo Fundo

El aumento exagerado de las concentraciones demográficas urbanas, con relación a las áreas rurales, sobrevivió en términos económicos a los grandes productores agrícolas. Hubo una gran demanda de tierras en 1960, lo que ocasionó un fortalecimiento económico en el medio rural, o sea, “el flujo de capitalistas en la búsqueda de tierras de negocio en el año de 1960 evidencia un aumento de nuevos capitalistas en Passo Fundo” [12].

La municipalidad de Passo Fundo, ubicada al norte del estado de Rio Grande do Sul, entre las coordenadas geográficas 28°07' y 28°25' de latitud Sur y 52°17' y 52°41' de longitud oeste, con un área territorial de 754,40 km², tiene como límites a las municipalidades de Pontão y Coxilha, al norte, Carazinho y Santo Antônio do Planalto, al oeste; Ernestina y Marau, al sur y Mato Castellano al este (Figura 1).

Passo Fundo se sitúa en el llamado Planalto Rio-Grandense, a 709 m de altitud (en el centro de la ciudad de Passo Fundo), siendo atravesado por la elevación denominada Coxilha Grande do Albardão, con sucesivas “coxilhas” y “chapadões”, con declividad decreciente en el sentido este-oeste, que forman el divisor de aguas de los lavados de los ríos Uruguay y Jacuí [14].

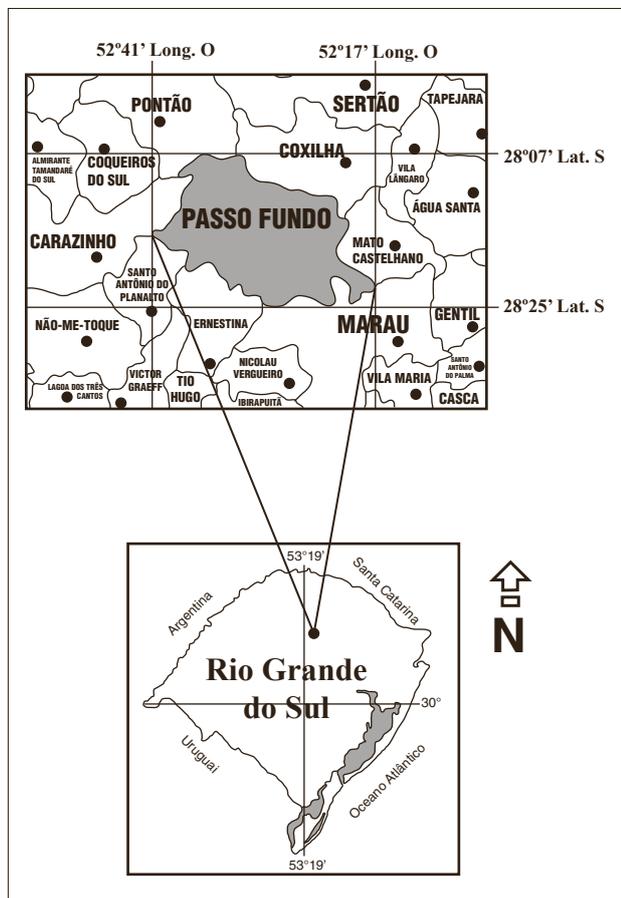


FIGURA 1. Mapa de localización de la municipalidad de Passo Fundo.

La ciudad de Passo Fundo, conocida como la capital del Planalto Médio, es una ciudad importante para toda la Región Norte del estado de Rio Grande do Sul, siendo la más grande de ellas, con 168.440 habitantes, según el Censo de 2000–IBGE, poseyendo una densidad demográfica de cerca de 220 hab/km². Está situada a 687 m sobre el nivel del mar, su temperatura es agradable, siendo la media anual de 17,5 °C, registrándose la media más caliente en el mes de enero, 28,3 °C, y la media más fría registrada en el mes de junio, 8,9 °C.

Caracterizando la ciudad, no se puede dejar de citar que el régimen capitalista trajo el caos al medio urbano. Históricamente no podemos dejar de lado a autores como [15], que enfatizan: “En ciertas épocas hubo verdaderas eclosiones poblacionales rumbo a los ejes urbanos, fruto de la marginalización de una masa humana compuesta por descendientes de esclavos, nativos, peones de estancia, pequeños productores y todos los que perdieron sus funciones en la zona rural.”

La geomorfología es derivada de derrames basálticos profundos y bien drenados por la red hidrográfica del Río Passo Fundo, Río Taquari, Río Jacuí, Río da Várzea, Arroyo Miranda, Arroyo Pinheirinho, Arroyo Passo do Herval, Arroyo Chifroso, Arroyo Conceição, Arroyo Engenho Velho y Arroyo Santo Antonio. Los suelos pertenecen a los latossolos rojos con textura arcillosa. El relevo es ondulado, lo que regionalmente se puede llamar de coxilhas. El clima es del tipo temperado subtropical húmedo del tipo Cfa de Copen, posee características de subtropical húmedo con lluvias bien distribuidas durante el año.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. El área verde del lote ciudad universitaria y el análisis de la degradación ambiental

En el Lote Ciudad Universitaria viven aproximadamente 33 familias, representando diversas profesiones y clases sociales: agricultores, microempresarios, profesores, funcionarios públicos y de la FUPF, así como autónomos y estudiantes. El lote está compuesto por seis calles, siendo dos de ellas las más importantes por tener mayor tráfico, proporcionando acceso al noroeste a la FUPF, las demás son transversales a las anteriores, siendo de menor tráfico.

El área verde del LCU posee 17834 m², está ubicada entre la Av. Brasil Leste y la BR 285; al lado del acceso a la Fundación Universidad de Passo Fundo, al Noroeste posee límite con la AFUPF. En la Figura 2 tenemos un panorama general del área verde (área circundada).

En lo que se refiere a las características del área verde del Lote Ciudad Universitaria la ocupación del territorio es conforme a la aptitud del área, con presencia de construcciones en áreas próximas a las nacientes; presencia de aterramientos; área sin vegetación o con especies exóticas:



FIGURA 2. Detalle del área retirado de la propuesta de Plan Director y Desarrollo Integrado de Passo Fundo, 2005.

eucaliptos y pinus, además de la presencia de nacientes de agua y talwegues primarios con problemas (Figura 2). Tratamiento inadecuado es dado a los nacientes (nacientes canalizadas o aterradas), generando polución de las aguas de las nacientes. Todavía se puede destacar una gran falta de respeto a las leyes de preservación de las aguas, conforme [16].

El lote, aunque esté localizado en una importante área de la ciudad de Passo Fundo, en donde circulan visitantes de la ciudad y de la Universidad de Passo Fundo, presenta históricamente problemas de estructura y abandono por parte de los poderes públicos y de la comunidad. Abajo siguen relacionados algunos problemas, ilustrando la situación:

- Ausencia de paseos, cordones en las calles y aceras en prácticamente todas las calles;
- Tráfico intenso de vehículos y de camiones (acceso a la BR 285, UPF y Av. Brasil);
- Depósitos de basura en las calles y en el área verde del lote;
- Terrenos baldíos, únicamente con el objetivo de especulación inmobiliaria;
- Ausencia de área de ocio y bienestar para la comunidad;
- Área verde, siendo utilizada de forma disforme a las leyes de preservación;
- Presencia de construcciones inacabadas;
- Práctica de aterramientos con suelos pobres y oriundos de horizontes C;

Descuido en relación a los nacientes existentes en el área.

Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos, en dos profundidades, en las zonas Este y Norte del área verde del Lote Ciudad Universitaria-Passo Fundo.

Muestra	Profundidad cm	pH		Al	Ca	Mg	K	P	Densidad aparente g cm-3
		agua	SMP						
Zona 2a	0-20	5,3	5,7	3,1	1,5	1,9	4,6	2,0	1,50
Zona 2a	20-40	5,2	5,8	3,4	1,3	1,8	4,6	2,0	1,46
Zona 2b	0-20	5,4	6,2	1,8	2,8	1,9	4,6	2,0	1,84
Zona 2b	20-40	5,4	5,6	1,3	2,1	1,9	4,6	2,0	1,50

Zona 2a y 2b están localizadas al oeste y este, respectivamente.

Los suelos al oeste del área son compuestos básicamente en Latosolos Brunos y Chernosolos. En la parte Este y Norte del área los suelos tienen origen de aterramientos pretéritos con horizonte C, o sea, suelos con características de roca basáltica, poco intemperizados y pobres química y físicamente. Un resumen de las características químicas y físicas está descrito en la Tabla 1.

Estos suelos son de origen extra-área, dada a través de aterramientos, por eso la mejoría de este suelo debe pasar por la introducción de especies nativas que se adapten a las condiciones descritas anteriormente. Las especies nativas pioneras producirán material vegetal, mejorando el suelo paulatinamente a través del incremento de carbono orgánico en el suelo. Este proceso inmovilizará materia orgánica, mejorando las propiedades químicas y físicas del suelo, como capacidad de retención de cationes y agua. Se espera que el proceso de recuperación sea rápido, pues las plantas nativas de mayor porte, como la “açoita-caballos”, loro, cedro, grápia, ipe amarillo y morado, cabriúva y angico son más susceptibles a las condiciones de los suelos. En el momento de la plantación de las mudas, se hizo una cueva con tamaño compatible a la muda, de forma de ser llenada con el material orgánico.

En las cuevas, el aporte de material orgánico e irrigación periódica pos-plantío son prácticas recomendables para garantizar el desarrollo brotatorio de las mudas. Sin embargo, la irrigación, en este proyecto, no podrá ser hecha en consecuencia de los problemas de infra-estructura del área.

El desafío más grande de esta área es dar condiciones mínimas de suelos a las mudas de especies nativas para que enraícen. Es fundamental que estas especies se desarrollen a una velocidad satisfactoria, debido a que pueden debilitarse y ser suplantadas por las especies exóticas. El área verde del lote ciudad universitaria fue históricamente utilizado en beneficio de otros y no de los habitantes del lote. La aptitud original del área es la de parque urbano, con énfasis en la preservación permanente de los recursos en él contenidos. Entretanto, paulatinamente el área fue cedida para entidades a fin de construir sedes sociales y otros. En consecuencia a esta política pretérita, diversos

problemas sobrevinieron al área, afectando directa e indirectamente a la comunidad. Los efectos directos fueron, entre otros, la eliminación de la posibilidad de destinar el área para fines de ocio, y la disminución de la calidad de vida de los habitantes. Indirectamente, el vínculo entre los habitantes fue desfavorecido debido a la construcción de sedes sociales de entidades que no tienen ningún vínculo con la comunidad.

Dicha situación, a pesar de ser muy común en ciudades brasileñas, sirvió de factor motivador para que la Asociación de los Habitantes del Lote Ciudad Universitaria reivindicara el área y que fuera integrada funcionalmente al lote y a la comunidad.

La ausencia de un área de ocio y de convivencia para la comunidad, sumada al uso incorrecto del área verde, originalmente destinada al lote Ciudad Universitaria, motivó a la comunidad, y, consecuentemente, nuestra intervención a través de este proyecto. El proyecto es concordante con el Plan Director de Desarrollo Integrado de la Municipalidad de Passo Fundo en lo que hace al artículo 21, que dice: “Constitúyanse directrices para la gestión del patrimonio paisajístico de Passo Fundo”, incisos:

- I. Preservación de los espacios de relevante potencial paisajístico y natural en vista de su importancia para la calidad de vida y para las actividades direccionadas al ocio;
- II. Preservación y recomposición de mata ciliar a lo largo de los ríos y arroyos;
- III. Recuperación y adecuación de áreas degradadas y de preservación;
- IV. Educación ambiental con enfoque en la protección del medio ambiente.

Incluso, el proyecto fue presentado en audiencia, en la presencia del excelentísimo Jefe de la Municipalidad de Passo Fundo, Sr. Airton Dipp.

Los objetivos del proyecto fueron:

- a. Proteger las nacientes de agua presentes en el área;
- b. Reinstalar la vegetación en las áreas desprovistas, recuperar el suelo y manejar la vegetación existente;
- c. Transformar el área en parque destinado al ocio ecológico en dónde la comunidad pueda visitar y desarrollar un sentimiento de responsabilidad con el patrimonio natural y social de la ciudad;
- d. Involucrar a la comunidad, concientizándola de las cuestiones ambientales y de la preservación de su hábitat;
- e. Involucrar a los alumnos de grado de la FUPF en acciones de investigación y extensión.

3.2 Las nacientes y el modelo de recuperación de la vegetación nativa aplicado al lugar

En lo que concierne a las nacientes, todas fueron, de

alguna forma, mal preservadas y/o enterradas (Figura 3). Las nacientes en situación más grave son la primera (más al norte), que fue dejada desnuda, sin cualquier vegetación ciliar, y la tercera (más al sur = naciente 1), que fue aterrada.



FIGURA 3. Detalle del estado de una naciente en el área del Lote Ciudad Universitaria – Passo Fundo.

Para la zona en dónde se encuentran las nacientes, está previsto:

- Limpieza de todo y cualquier material extrínseco a la condición natural del medio, incluso latas, plásticos y residuos.
- Eliminación de la vegetación exótica, como pinus y eucalipto, especies que interferirán en el crecimiento y desarrollo de las mudas nativas implantadas. Esta acción también será extrapolada para el total del área en caso de que haya necesidad.
- Revegetalización del suelo en un rayo de 50 m de las nacientes; ley: en las nacientes, aunque intermitentes, y en los llamados “ojos de agua”, cualquiera que sea su situación topográfica, en un radio mínimo de 50 m de ancho; (Redacción dada por la ley N° 7.803 de 18.7.1989). El Código Forestal Estadual establece en el Art. 2°: Considerase de preservación permanente, por efecto de esta ley, las forestas y demás formas de vegetación natural ubicadas en las nacientes, así como en los llamados “ojos-de agua”, sea cual fuere su situación topográfica;
- Monitoreo de la calidad de agua desde el punto de vista organoléptico, químico y microbiológico. Esta acción dependerá de la filantropía de órganos competentes para la realización de las análisis;
- La selección de las especies utilizadas será de acuerdo con la clasificación en cuanto al hábito de crecimiento y ecológico (Tabla 2) y en cuanto a la disponibilidad de donaciones de mudas y semillas. Las especies nativas herbáceas y de forración serán implementadas en un primer momento a fin de cubrir el suelo. Las plantas arbóreas serán implantadas para que en el futuro cubran el suelo a través de su dosel.

En los últimos años el área pasó por un proceso de abandono, en dónde el aporte de semillas de forma anemo-

métrica de invasoras transformaron la vegetación restando predominantemente especies exóticas con gran capacidad contaminante. Las plantas mencionadas son típicas de áreas abandonadas y se originaron ahí debido a la llegada de semillas vía pájaros, en la tierra de aterramiento o también por vía aérea.

Entre tanto, el área presenta vegetación nativa remanente en forma de macizos, principalmente circundando los nacientes, poseyendo la función de mata ciliar. Sin embargo, estos macizos circundan, en pocos metros, las nacientes y sufren presiones ecológicas de las especies exóticas mencionadas.

Así, la intervención del hombre a través del manejo de las especies exóticas y nativas se hace necesaria. La eliminación de las especies exóticas más rústicas y agresivas es práctica recomendable. La limpieza de estas especies está prevista en este proyecto. Esta práctica tiene en vista revertir la relación de fuerza en la sucesión vegetal, en pro de las especies nativas actuales o que serán implantadas por plantío de mudas o por resiembra artificial.

Tabla 2. Características de los diferentes grupos ecológicos que serán implementados en el área del Lote Ciudad Universitaria en Passo Fundo.

Característica	Grupo ecológico		
	Pionera	Secundaria	Climax
Crecimiento	Muy rápido	Rápido a mediano	Lento o muy lento
Madera	Muy leve	Intermediaria	Dura y pesada
Tolerancia a la sombra	Intolerante	Intolerante a tolerante en el estado juvenil	Tolerante
Regeneración	Banco de semillas	Banco de plántulas	Banco de plántulas
Dispersión de semillas	Amplia- animales c/ mec. de disp.; Viento a larga dist.	Restr.: Que de frutos Amplia: Animales; Viento	Caída de frutos; Animales
Tamaño de las semillas y fruto dispersado	Pequeña	Mediano a pequeño	Grande y pesada
Edad de la 1ª reproducción	Prematuro: 1 a 5 años	5 a 20 años	Tardía
Dependencia a polinizadores	Baja	Alta	Alta
Tiempo de vida	Muy corto: 10 años	Largo: 10 a 100 años	Muy largo
Ejemplo	Aroeira, canela, timbó, chá-de-bugre	Canafístula, angico, açoita-cavalo, timbaúva	Cedro, grápiá, ipê amarelo e roxo, cabriúva

Por lo tanto, los macizos de plantas nativas se pueden separar más fácilmente, además de posibilitar la germinación de semillas de las especies nativas, como hierba mate, canela, aroeira, entre otras que forman parte del macizo. En una etapa subsiguiente, la preparación del suelo y la introducción de especies nativas serán realizadas.

El modelo que intercala especies de pioneras, secundarias y climáticas en un espacio cerrado de 4x4 metros fue adoptado en este proyecto.

Ese método se aplica con éxito en pequeñas áreas. Es un modelo bastante denso, que soporta 4000 plantas/ha. Entre las mudas plantadas, sobre las entrelíneas, serán sembradas gramíneas estoloníferas como la *Paspalum notatum* o

césped forquilha. Esta práctica auxiliará en la preservación y limpieza de las entrelíneas sin la germinación de especies contaminantes exóticas.

Con relación a los deseos de los habitantes de lo que debe haber de ocio en el área verde del lote, los mismos quieren cuerdas para la práctica de deportes, bancos para sentarse a la sombra de los árboles, posibilitando la convivencia más realista entre los vecinos y una plaza equipada con lo que sea necesario para el entretenimiento de los niños. En ese sentido, un proyecto de recuperación del área fue realizado, incluso con un anteproyecto paisajístico para la revitalización del mismo.

Una vez más los habitantes muestran necesitar de esta área verde para hacer efectiva la organización de la plaza, para que los mismos puedan mantener una convivencia más cercana. También se percibe que están comprometidos para que la manutención del área sea posible y lleve al desarrollo del lote. Los objetivos del proyecto "Área verde" llevan a la recuperación del área, atendiendo a los propósitos de los habitantes.

En la Figura 4, está explicada la situación anterior y posterior a la implementación del proyecto en el Área verde.

En cuanto a las acciones para la mejoría y preservación del área verde del Lote Ciudad Universitaria, se tiene:

- Creación de área verde en conjunto con la población del lote;
- Protección de las nacientes de agua;
- Reforestación de las áreas adyacentes a las nacientes con especies forestales nativas: Corticeiras, açoita-cavalos, pitangas, angicos, ipes, guabiroba, bracatinga (pionera), araucária, cedro;
- Creación del área de diversión para niños y adultos;
- Cancha de fútbol y bocha;
- Huerta comunitaria;
- Iluminación Pública;
- Creación de senderos para caminatas;
- Entre otros.

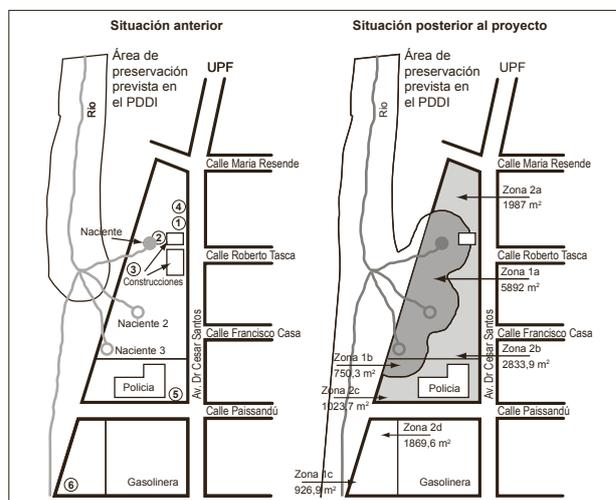


FIGURA 4. Situación anterior y posterior a la implantación del proyecto en el Área Verde.

4. CONSIDERACIONES FINALES

Se observó que los habitantes del lote sienten la necesidad de cuidar del área verde y de todo el espacio público o particular, pues, todos los entrevistados se comprometieron a ayudar en lo que fuere necesario para que el lugar en donde viven quede más bonito y ambientalmente más adecuado.

Se percibió que la comunidad se organizó y ejerció su ciudadanía en el proceso de reivindicación y de ejecución del proyecto. La vegetación del área fue revitalizada, con la introducción de especies nativas; las nacientes fueron protegidas, con la implementación de la vegetación adentro de lo preconizado por la legislación ambiental, parte del área fue adecuada al ocio de la comunidad; y aun, la comunidad reconoció la necesidad de las mejoras presentadas en el transcurso del desarrollo del proyecto.

Los habitantes pertenecen a la clase social media, en donde existe una preocupación con el acceso a una infraestructura básica en un espacio urbano, pero, como el lote se ubica en un lugar más alejado del centro de la ciudad, se percibe que el Poder Público no siempre cumple con su papel, que es el de primar por el bienestar de todos los habitantes, ya que existen reclamos en cuanto a la falta de desmaleza en las calles y problemas con las cloacas.

Fue posible constatar el avance de los objetivos propuestos, siendo importante mencionar que durante su realización se pudo hacer además del diagnóstico del área, el acompañamiento de la implementación de mejoras anheladas por la comunidad y con la participación efectiva de la misma. En ese contexto, la acción geográfica fue de extrema importancia en las diferentes etapas de uso del territorio en ambientes urbanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nefussi, N.; Licco, E. Solo Urbano e Meio Ambiente. Disponible en: <http://www.nemo.uem.br/> (verificado en 13 Mar. 2008).
2. Fanton, G. *Diagnóstico das Condições Ambientais do Espaço Urbano do Município de David Canabarro-RS*. Monografía do Curso de Geografia, do Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2007.
3. Souza, M. L. de. *Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.
4. Chaffun, N. *Dinâmica global e desafio urbano*. In: Bonduki, N. (Org.) *Habitat: as práticas bem-sucedidas em habitação, meio ambiente e gestão urbana nas cidades brasileiras*. (pág. 18 a 37) 2. ed. São Paulo: Studio Nobel, 1997.
5. Lorensini, C. *et al.* Equívocos no planejamento urbano de Santa Maria-RS. Disponible en: <http://www.vitruvius.com.br>. (verificado en 5 Jul. 2008).
6. Leff, E. *A complexidade ambiental*. São Paulo: Cortez, 2003.
7. Spósito, E. S. *A vida nas cidades*. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1996.
8. Primack, R. B. *Biologia da conservação*. Londrina: Rodrigues, 2001.
9. Magossi, L. R.; Bonacella, P. H. *Poluição das águas*. São Paulo: Moderna, 2003.
10. Bouguerra, M. L. *As batalhas da água: por um bem comum da humanidade*. 2004.
11. Souza, M. S. de. *Meio ambiente urbano e saneamento básico*. Revista de Geografia UFC, v. 1, 2002.
12. Rückert, A. A. *Metamorfoses do território: a agricultura de trigo/soja no planalto médio rio-grandense 1930-1990*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.
13. Tedesco, J. C.; Dalsoto, A. *Relações de trabalho informais no conjunto das estratégias de sobrevivência na periferia urbana de Passo Fundo*. (pág. 67 a 90). In: *Urbanização, exclusão e resistência: estudo sobre o processo de urbanização na região de Passo Fundo*. Passo Fundo: Ediupf, 1998.
14. Oliveira, F. A. X. de. *Annaes do município de Passo Fundo*. [Coord. por Marília Mattos e outros]. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 1990, 1v.
15. Moura, T. M. B. de; Fioreze, Z. G. *Transformações do espaço urbano: um estudo de caso da relação indústria/bairro em Passo Fundo*. (pág. 152 a 194). IN: SILVA, Ana Maria Radaelli da. (org.); [et al.]. *Estudos de geografia regional: o rural, o urbano e o urbano na região de Passo Fundo*. Passo Fundo: Upf, 2004.
16. Resolução CONAMA Nº 20, de 18 de junho de 1986. Disponible en: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86>. (verificado en 19 Mar. 2008).

Recibido: 26/06/08.

Aprobado: 13/02/09.

• Alcindo Neckel.¹

Geógrafo, Alumno de maestría em Engenharia em la Universidad de Passo Fundo. Profesor y Coordinador del Curso Superior de Tecnología en Gestión Ambiental, Passo Fundo, Brasil. Recuperación de Áreas Verdes Degradadas; Infraestructura y medio ambiente y Gestión de proyectos ambientales.

• Adalberto Pandolfo.¹

Doctor en Ingeniería de Producción.

Profesor de la Universidad de Passo Fundo; Programa de Pós-Grado em Engenharia; Curso de Engenharia Civil, Passo Fundo, Brasil.

Infraestructura y medio ambiente; Gestión de proyectos ambientales y Gestión de proyectos de Infraestructura.

- José Waldomiro Jiménez Rojas.²

Maestro en Geotecnia, Doctorando en Ingeniería Civil.

Profesor del Centro Universitario Metodista-IPA, Porto Alegre, Brasil.

Infraestructura y medio ambiente, Geotecnia y Geotecnología Ambiental.

- Gilson Fanton.¹

Geógrafo, Alumno de Pós-Grado en Docencia de la Enseñanza Superior de la FACPORTAL Investigador de la Universidad de Passo Fundo, Brasil.

Recuperación de Áreas Verdes Degradadas.

- Luciana Marcondes Pandolfo.¹

Maestra en Ingeniería Civil.

Profesora de la Universidad de Passo Fundo; Programa de Pós-Grado en Ingeniería; Curso de Ingeniería Civil, Passo Fundo, Brasil.

Infraestructura y medio ambiente; Gestión de proyectos ambientales y Gestión de proyectos de Infraestructura.

- Marcele Salles Martins.¹

Maestra en Ingeniería.

Professora de la Universidade Comunitária Regional de Chapecó, UNOCHAPECO, Brasil.

Planejamento urbano e regional.

- Juliana Kurek.¹

Maestra en Ingeniería.

Profesora de la Universidad de Passo Fundo; Programa de Pós-Grado em Ingeniería; Curso de Ingeniería Civil y Producción, Passo Fundo, Brasil.

Infraestructura y medio ambiente; Gestión de proyectos ambientales y Gestión de proyectos de Infraestructura.

1– Universidad de Passo Fundo. Dirección: BR 285 Bairro São José, CEP 99001-97. Passo Fundo (RS), Brasil.

2– Universidad Federal do Rio Grande do Sul. Dirección: Av. Borges de Medeiros 1047, sala 51, CEP 90020-025, Porto Alegre (RS), Brasil. (engrojas@gmail.com).

Rev. Cienc. Tecnol.
Año 11 / N° 11 / 2009 / 42-47

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN EN LA EXTRACCIÓN DE LOS SOLUBLES DE LA YERBA MATE

Omar P. Sabbatella, Jorge J. Pokolenko, Miguel E. Schmalko

INFLUENCE OF COMPOSITION IN SOLUBLE EXTRACTION OF YERBA MATÉ

ABSTRACT

One problem in the industrial processing of yerba maté (*Ilex paraguayensis* Saint Hilaire) is the change in taste at different production times. In this research we tried to solve this problem changing the percentage of the different fractions mixed in its elaboration (twigs, powder, gross and fine grounded leaves).

Solid extraction rate was measured using a device simulating the traditional way of yerba mate consumption, the maté. The material was prepared with different percentages of the different fractions. Experimental data of extraction rate were fitted to a model which described its dependence on the volume used in the extraction. From this model, four parameters related to the intensity of taste were calculated. Each one was fitted to a surface response equation to explain its variation with the fractions percentage. This model explained about 50–60% of the variability. In order to measure the sensitivity of the consumers, a sensorial analysis was carried out.

KEY WORDS: Yerba maté, solubles, mixes, solids.

RESUMEN

Uno de los problemas que se tiene en la elaboración de la yerba mate (*Ilex paraguayensis* Saint Hilaire) es el cambio de su gusto en las diferentes épocas de elaboración. En el presente trabajo se pretende solucionar este problema por medio de cambios en los porcentajes de las diferentes fracciones que se mezclan en la industria (palos, polvo, hojas con molienda gruesa y fina).

Se midió la cantidad de sólidos extraídos, simulando una mateada en el laboratorio, en función de los porcentajes de las diferentes fracciones. Del modelo ajustado de velocidad de extracción en función del volumen utilizado se obtuvieron cuatro parámetros para definir la intensidad del sabor. Se utilizó una ecuación de superficie de respuesta para explicar las variaciones con los cambios de porcentajes de las diferentes fracciones. La misma explicó entre un 50 y 60% de la variabilidad total de los diferentes parámetros. También se realizó una prueba de análisis sensorial para detectar la sensibilidad de los consumidores.

PALABRAS CLAVE: Yerba mate, solubles, mezclas, sólidos.

INTRODUCCIÓN

El procesamiento de la yerba mate (*Ilex paraguayensis* Saint Hilaire) comprende cinco etapas:

1. Zapecado;
2. Secado;
3. Molienda Gruesa o Canchado;
4. Estacionamiento y
5. Molienda fina, tipificación y envasado.

Las tres primeras etapas se llevan a cabo en establecimientos denominados secaderos, mientras que la quinta etapa en establecimientos industriales denominados molinos. El estacionamiento se realiza indistintamente en los secaderos o en los molinos. En general, los molinos procesan yerba mate proveniente de diferentes secaderos, ya sean propios o de otras empresas. Estos, mediante sucesivas operaciones de clasificación, trituración y mezclados formulan el producto al gusto de los consumidores

de las diferentes regiones del país y países donde este se exporta.

Cuando la yerba mate canchada llega al molino, se realiza una trituración gruesa, la que tiene por objetivo homogeneizar las distintas partidas y prepararla para los siguientes pasos de clasificación. Además se realizan las mezclas con materiales de diferentes procedencias para lograr la formulación deseada. El paso siguiente es la separación de hojas y palos. Los palos son molidos y almacenados en un silo. Las hojas se muelen en forma separada y utilizando tamices, se dividen en tres fracciones de acuerdo: polvo, hojas de molienda fina y hojas de molienda gruesa. Cada fracción es almacenada en silos diferentes. Los silos, generalmente cilíndricos con cuerpo inferior cónico, tienen para un dosificador variable la descarga, que puede ser ajustado de acuerdo a los porcentajes que se quieran dar a la mezcla final de cada uno de estos componentes. Esta mezcla se realiza utilizando una rosca transportadora-mezcladora y se almacena en tolvas que

alimentan a las máquinas envasadoras [1].

Al comparar las diferentes fracciones, se encuentran diferencias importantes de composición fisicoquímica (extracto acuoso, cafeína, azúcares) entre las hojas y los palos y en la velocidad de extracción debido a la diferencia de tamaño de las partículas [2, 3, 4]. Debido a esto es conveniente realizar un control de las proporciones que se utilizaran si se desea mantener la intensidad del sabor, relacionada principalmente al extracto acuoso.

Un problema adicional que tienen los molinos que elaboran la yerba mate es que este producto tiene variaciones importantes a lo largo del año de los contenidos de ciertos componentes como ser la cafeína y el extracto acuoso [5]. Todo producto alimenticio debe mantener sus características organolépticas, independientemente de la partida o época que se elabore. Este problema ha sido de difícil solución para los elaboradores de yerba mate, ya que se debe encontrar un producto que independientemente de la época de cosecha, de las variaciones climáticas durante el año, o de la zona en donde se adquiere el paquete de yerba mate elaborada, proporcionen las mismas características del mate.

Por la forma de consumo de la yerba mate, en forma de mate, también el consumidor desea, que la intensidad de sabor de la yerba mate que ha elegido, se mantenga a lo largo de la mateada, y que sea similar en el próximo paquete a adquirir. La industria de la yerba mate ha resuelto este problema en gran medida con la compra y el stock de yerba mate de distintos blends, lo cual consigue un molino yerbatero comprando yerba mate canchada y/o verde, en distintos lugares, de la zona productora. Luego, antes del envasado se pueden hacer mezclas, y con grupos de catadores lo suficientemente entrenados, determinar en cada partida la mezcla que más se acerca a la calidad y características de esa marca. Si bien el método no deja de tener una componente empírica importante, es una solución a este problema.

El objetivo del presente trabajo fue obtener una superficie de respuesta de ciertos parámetros relacionados a intensidad del sabor en función de los porcentajes de las diferentes fracciones (palos, hojas de molienda gruesa y fina y polvo), para medir la sensibilidad del consumidor a las diferentes mezclas. Un segundo objetivo fue realizar un análisis sensorial con dos mezclas diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material

Se utilizó yerba mate cosechada en el año 2003, proveniente de la localidad de Montecarlo, Provincia de Misiones, canchada, estacionada y molida en la siguiente forma:

- Palo: molienda de palo de yerba mate, se la denominó fracción X_1 .

- Polvo: partículas provenientes de la molienda de hojas menores de 40 mesh, se la denominó fracción X_2 .
- Hojas de molienda gruesa: partículas provenientes de la molienda de hojas de yerba mate mayores de 20 mesh, se la denominó fracción X_3 .
- Hojas de molienda fina: partículas provenientes de la molienda de hojas mayores de 40 mesh y menores de 20 mesh, se la denominó fracción X_4 .

Extracto Acuoso

El extracto acuoso se determinó utilizando el método de la Norma IRAM N° 20510 [6]. Se determinó así el extracto acuoso de cada fracción de yerba de la muestra utilizada (palo, polvo, gruesa y fina) por triplicado. Para determinar el valor del extracto acuoso en base seca, se determinó el contenido de humedad utilizando la Norma IRAM 20503 [7].

Velocidad de Extracción

Se utilizó un método que simula la mateada [5, 8]. Para ello se tomaron 50 g de cada mezcla, se colocaron en un recipiente de unos 200 mL, el cual se conectó a una bombilla mediante una manguera a un kitasato y a una trampa de vacío, a efectos de producir succión en la bombilla, para simular la mateada (Figura 1). Las dimensiones del recipiente, la temperatura del agua y las características de la bombilla utilizados fueron las definidas en la Norma IRAM 20540-1 [9].

Se vertieron sobre el sólido aproximadamente 20 mL de agua destilada a 70 °C y se la dejó en reposo durante 20 segundos. Se conectó la trampa de vacío, produciendo succión durante 20 s, pasando la solución al kitasato. A continuación, se volvió a agregar agua caliente y se repitió la operación hasta juntar unos 100 mL aproximadamente. Se recolectaron fracciones de 100 mL hasta completar 500 mL (5 fracciones). Luego se recolectaron 2 fracciones más de 500 mL.



FIGURA 1. Dispositivo utilizado en la extracción de los solubles para simular la mateada.

Cada una de las fracciones se llevó a estufa hasta obtener peso constante 103 ± 2 °C para determinar el peso de los sólidos presente en cada fracción. El tiempo necesario fue de aproximadamente 24 h.

Diseño de Experiencias

Se utilizó un diseño de superficie de respuesta con 3 variables independientes. El total de experiencias realizadas fue de 20. Se trabajó con variables reducidas y para determinar los valores centrales y los incrementos se realizaron mediciones de los diferentes porcentajes de las fracciones en muestras comerciales. Los mismos se dan en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores centrales e incrementos utilizados para determinar las variables reducidas.

Fracción	Punto central (%)	Incremento (%)
Palo	22	5
Polvo	15	5
Hojas, molienda fina	30	8

Se definieron cuatro variables dependientes. Las dos primeras (a y b) se obtuvieron ajustando los datos al modelo de Pilosof [10], representado en la ecuación 1, por regresión lineal. El ajuste se realizó utilizando el programa Statgraphics [11].

$$p = \frac{av}{b + v} \quad (1)$$

En esta ecuación,

p = peso de los solubles extraídos (g),

v = volumen de la solución (mL),

a = constante que da el peso total de los solubles extraídos (g) y

b = constante que da el volumen necesario para extraer la mitad de los solubles (mL).

Las otras dos variables dependientes fueron seleccionadas en forma arbitraria, definiéndose como:

c = Volumen necesario para extraer una cantidad definida de sólidos, que fue fijada, en forma arbitraria en 7g (mL).

d = Peso de los sólidos extraídos con los primeros 20 mL de agua, es decir en la primer mateada (g).

Ambos valores fueron calculados utilizando la ecuación 1. Los cuatro parámetros se ajustaron a una ecuación polinómica de orden 2, considerando los términos de interacción. En la ecuación 2 se puede observar el modelo para el parámetro a. El ajuste se realizó utilizando el programa Statgraphics [11].

$$a = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 \quad (2)$$

Análisis sensorial

Se utilizó un ensayo de análisis sensorial con el objeto de determinar si es posible que el consumidor detecte variaciones en la composición de la mezcla. Para ello se utilizó la prueba del triángulo y se aplicó a dos muestras con porcentajes de palos diferentes en un 10 %, correspondiendo los demás porcentajes al del punto central. El mismo consiste en presentar tres muestras, de las cuales dos son iguales y una tercera diferentes, colocadas en diferentes ordenamientos. El catador debe detectar la muestra diferente. En este ensayo participaron 38 consumidores habituales de mate. Para analizar los resultados se utilizó la prueba de las proporciones, en el que la proporción de aciertos se compara con la probabilidad de 1/3 [12].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracto acuoso de las diferentes fracciones

Los valores de extracto acuoso para cada una de las fracciones se exponen en la Tabla 2. Como puede observarse, no existen diferencias de los valores entre las dos fracciones de hojas y el polvo; pero las tres tienen valores muy superiores al extracto acuoso del palo. Esta diferencia ya fue observada en trabajos realizados por otros investigadores [2].

Tabla 2. Extracto acuoso de las diferentes fracciones. Valor medio y desviación estándar de 3 determinaciones.

Fracción	Extracto Acuoso g/100 g, base seca
Palo	23,89 ± 0,79
Polvo	39,32 ± 1,33
Hojas, molienda fina	41,61 ± 0,58
Hojas, molienda gruesa	39,42 ± 0,86

Velocidad de extracción

En la Tabla 3 se pueden observar los resultados obtenidos en las experiencias de velocidad de extracción, en la que se dan los pesos acumulados en función del volumen acumulado. Se presentan 4 experiencias diferentes de las 20 realizadas. En la mayoría de los casos el peso de la 6ª extracción, de 500 mL, es similar al de la primera que es de 100 mL. Las 5 primeras extracciones de aproximadamente 500 mL, alrededor de un 30 % del volumen total, aportan entre un 71 y un 88 % de los sólidos extraídos, mientras que la última extracción aporta 3 y un 7 % del total.

Los valores experimentales fueron ajustados a la ec. 1, resultando el ajuste muy significativo con valores de $P < 10^{-4}$, en todos los casos. La curva obtenida y los valores experimentales se puede observar en la Figura 2. Con el ajuste de la ecuación, se obtuvieron las constantes a y b.

Tabla 3. Ensayos de velocidad de extracción: peso acumulado en función del volumen acumulado de 4 experiencias.

Experiencia 5		Experiencia 10		Experiencia 15		Experiencia 20	
Volumen (ml)	Peso (g)	Volumen (ml)	Peso (g)	Volumen (ml)	Peso (g)	Volumen (ml)	Peso (g)
100	3,73	109	4,45	107	4,00	97	4,57
200	7,55	214	7,87	207	7,20	215	8,43
305	10,39	314	9,88	321	9,62	322	10,88
420	12,44	424	11,22	427	11,11	437	12,68
520	13,51	514	12,04	527	12,29	529	13,45
1020	15,56	1014	13,86	1027	13,60	1029	15,20
1520	16,54	1414	14,45	1527	15,71	1541	15,91

En la Tabla 4 se pueden observar los valores de los parámetros de extracción obtenidos para cada una de las mezclas. En esta Tabla no se puede determinar alguna tendencia del comportamiento, y esto probablemente se deba a que además del % de extracto que contenga cada una de las fracciones, también se debe considerar cuál es la fracción que lo reemplaza y la velocidad de salida de los solubles de cada una de ellas. Se puede notar, por ejemplo, que en las muestras 1 y 2 al aumentar el porcentaje de palos, disminuye la cantidad de sólidos totales extraídos; pero el comportamiento de d, relacionada a la velocidad de salida, es inverso. Pero estas diferencias están en el orden del error experimental, como se puede observar en los puntos 15 al 20. Los coeficientes de variación de estos dos parámetros en el punto central, fueron del 5 y 16 % respectivamente.

Al realizar el ajuste de los parámetros a, b, c y d utilizando la ec. 2, se encontró que la misma justificaba la variación entre un 50 y 65 %, que se puede considerar bajo. Como ejemplo de los resultados obtenidos, en las Figuras 3, 4 y 5, se presentan las superficies de respuesta para algunos casos particulares.

Tabla 4. Valores de a, b, c y d, y composición de las muestras.

Muestra	Palo (X1) (%)	Polvo (X2) (%)	Gruesa (X3) (%)	Fina (X4) (%)	a (g)	b (mL)	c (mL)	d (g)
1	17,00	10,00	22,00	51,00	19,96	477	258	0,80
2	27,00	10,00	22,00	41,00	18,00	260	165	1,29
3	17,00	20,00	22,00	41,00	17,73	157	103	2,00
4	27,00	20,00	22,00	31,00	18,14	306	192	1,11
5	17,00	10,00	38,00	35,00	20,63	318	163	1,22
6	27,00	10,00	38,00	25,00	18,28	283	176	1,20
7	17,00	20,00	38,00	25,00	16,98	248	174	1,27
8	27,00	20,00	38,00	15,00	17,78	176	114	1,81
9	13,60	15,00	30,00	41,40	19,18	261	150	1,37
10	30,40	15,00	30,00	24,60	17,49	258	172	1,26
11	22,00	6,60	30,00	41,40	19,04	234	136	1,50
12	22,00	23,40	30,00	24,60	19,75	348	191	1,07
13	22,00	15,00	16,56	46,44	19,02	431	251	0,84
14	22,00	15,00	43,44	19,56	18,48	260	158	1,32
15	22,00	15,00	30,00	33,00	19,75	348	191	1,07
16	22,00	15,00	30,00	33,00	18,32	204	126	1,64
17	22,00	15,00	30,00	33,00	20,91	389	196	1,02
18	22,00	15,00	30,00	33,00	19,24	281	161	1,28
19	22,00	15,00	30,00	33,00	18,08	273	172	1,23
20	22,00	15,00	30,00	33,00	19,05	252	146	1,40

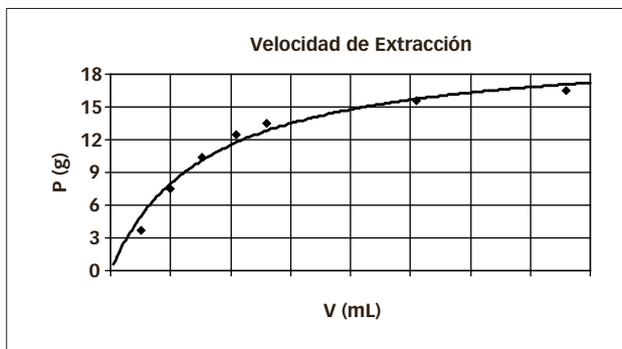


FIGURA 2. Ensayo de velocidad de extracción de la experiencia 5. Peso acumulado en función del volumen acumulado. Valores experimentales y predichos con la ec. 1.

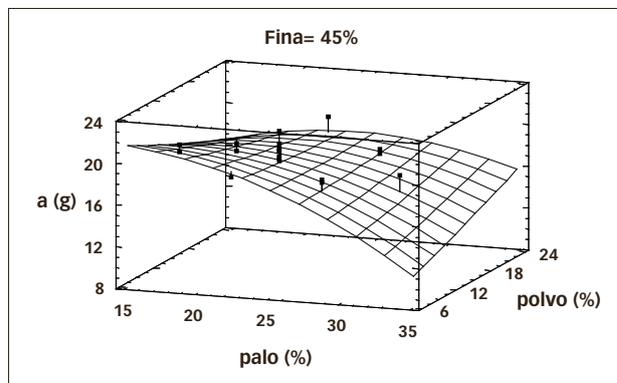


FIGURA 3. Superficie de respuesta del parámetro a, en función del % de palos y % de polvo, con un 45 % de molienda fina.

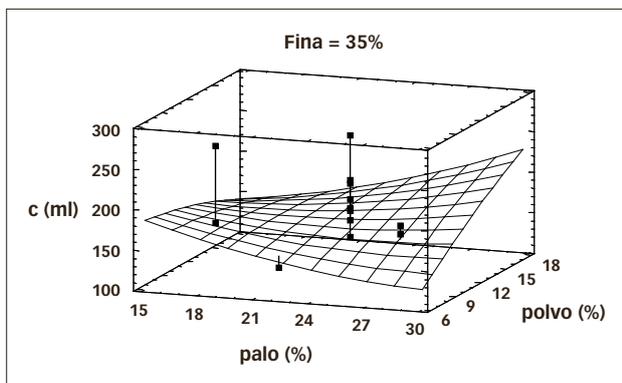


FIGURA 4. Superficie de respuesta del parámetro c, en función del % de palos y % de polvo, con un 35 % de molienda fina.

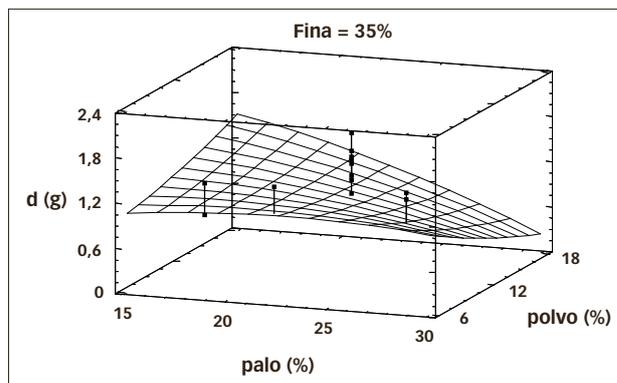


FIGURA 5. Superficie de respuesta del parámetro d, en función del % de palos y % de polvo, con un 35 % de molienda fina.

se encuentra que ambos disminuyen con el % de palos y aumentan con el % de polvo. Este aumento es más importante con altos valores de % de palos. El parámetro *c* tiene un comportamiento sin tendencia alguna, ya que a bajos contenidos de palo, el valor disminuye con el % de polvo y a altos, aumenta. En todos los casos se puede también observar que los puntos experimentales se encuentran muy alejados de la superficie, dando valores de errores puntuales elevados.

Análisis sensorial

El análisis sensorial lo realizaron 38 consumidores habituales de yerba mate. Se utilizó la prueba del triángulo y dos muestras que diferían en un 10 % de palos, siendo los otros porcentajes los correspondientes al punto central. Únicamente 12 de ellos pudieron encontrar la muestra diferente, por lo que de acuerdo a los análisis estadísticos la respuesta no se puede considerar significativa [12]. Los consumidores realizaron el catado sobre el primer mate, o sea que detectarían diferencias en el parámetro *d*. De acuerdo a la Figura 5 las variaciones de *d* serían entre 1,8 g y 1,2 g; pero esta diferencia no fue detectada por el consumidor.

Discusión

Si bien los datos experimentales se pudieron ajustar a una ecuación polinomial, en la que se describía el comportamiento de diferentes parámetros en función de los % de las mezclas y a partir de éstas se podrían mantener valores de los parámetros constantes realizando mezclas diferentes; el utilizar al extracto acuoso como un único parámetro de control, no se puede considerar conveniente, ya que los consumidores no detectan diferencias entre las mezclas, aunque la diferencia de parámetros sea muy grande.

Existe una propuesta del gobierno de la Provincia de Misiones para reducir del 35 al 25 % el máximo de palos que se incorpora a la mezcla, debido a la sobreoferta del producto. Los elaboradores consideraban que estas modificaciones podrían tener un efecto negativo en el consumo. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, esta reducción en el % de palos en la mezcla no sería detectada por los consumidores.

CONCLUSIONES

Para estudiar la influencia de las diferentes fracciones de mezcla de la yerba mate (palo, polvo, hojas de molinda gruesa y fina) sobre la velocidad de extracción de los solubles, se utilizó un dispositivo de extracción que simula el consumo de mate. A partir del mismo se determinó el

peso de los sólidos extraídos en función del volumen utilizado, ajustándose los datos a un modelo matemático (modelo de Pilosof). Se obtuvo un ajuste significativo en todos los casos con $P < 10^{-4}$. Utilizando esta ecuación, se obtuvieron cuatro constantes relacionadas a la velocidad de extracción. Cada una de ellas se ajustó a una ecuación de superficie de respuesta en función de los porcentajes de las diferentes fracciones. Los resultados obtenidos indican que las ecuaciones explicaban entre el 50 y 60 % de la variabilidad de los parámetros.

Si bien estos modelos podrían ser utilizados para obtener valores específicos de constantes con diferentes mezclas; estos resultados no estuvieron en concordancia con los resultados obtenidos en un análisis sensorial. En efecto, al presentar dos muestras diferentes con un 25% y 35% de palos a 38 consumidores habituales de mate, únicamente 12 de ellos pudieron detectar las diferencias, resultando esta proporción no significativa estadísticamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kotik, B. E. 2° curso de capacitación en producción de yerba mate. Molinería de la yerba mate. INTA–Estación Agropecuaria Cerro Azul, p. 109–112. 1994.
2. Escalada, M. A.; Schmalko, M. E.; Kanzig, R. G. El extracto acuoso como una medida del contenido de palos en yerba mate. *Revista de Ciencia y Tecnología* 1: p. 40–44. 1998
3. Paredes, A. M.; Valdez, E. C.; Nuñez, J. C.; Känzig, R. G. Variación de los hidratos de carbono durante el secado de la yerba mate. *Anales del 2° Congreso Sul–Americano da Erva–Mate*, Encantado 19 al 23/11/00, Brasil, p. 182–185. 2000.
4. Sambiasi, C.; Escalada, A.; Schmalko, M. E. Extraction Optimization of Soluble Compounds of Yerba Maté. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45 (2): p. 189–193. 2002.
5. Pokolenko, J. J.; Schmalko, M. E. Variaciones de la cafeína y el extracto acuoso en la yerba mate en diferentes épocas del año. *Revista Ciencia y Tecnología* 7 (b): p. 49–53. 2005.
6. IRAM N° 20510, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales–Norma 20510: yerba mate: Determinación del Extracto Acuoso. 1995.
7. IRAM 20503. Instituto de Racionalización de Materiales. Yerba Mate: Determinación de la pérdida de masa a 103°C. 1995.
8. Ramallo, L. A.; Schmalko, M. E.; Känzig, R. G. Variación de la concentración de ácido ascórbico (Vitamina C) en el procesamiento de la yerba mate. *Revista de Ciencia y Tecnología* 1: p. 25–29. 1998.
9. IRAM 20540–1. Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. Norma 20540–1: yerba mate: Materiales y procedimientos a utilizar en la determinación de los ca-

racteres organolépticos de la yerba mate, bajo forma de mate. 1997.

10. Pilosof, A. M. R.; Boquet, R.; Bartholomai, G. B. Kinetics of water uptake by food powders. *Journal of Food Science* 50: p. 278–283. 1985.

11. Statgraphics Plus (Versión 7 for DOS). 1993. STATGRAPHICS User Manual Manugistics, Inc. Rockville, Maryland. U.S.A.

12. Montgomery, D. C.; Runger, G. C. Applied Statistic and probability for engineers. John Wiley & Sons, Inc. Boston. p. 437–439. 1994.

• Omar Pablo Sabbatella.

Laboratorista Químico Industrial. Magíster en Tecnología de los Alimentos. Auxiliar Docente de Ira. No categorizado.

• Jorge José Pokolenko.

Magíster en Tecnología de los Alimentos. Jefe de Trabajos Prácticos. Categoría III.

• Miguel Eduardo Schmalko.

Ingeniero Químico. Master en Tecnología Química. Doctor en ciencias Químicas. Profesor Titular. Categoría I.

Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. Universidad Nacional de Misiones. Félix de Azara 1552. 3300. Posadas.

Recibido: 17/10/08.

Aprobado: 23/03/09.

DENSIDAD DE CEDRO (*Cedrela fissilis* Vell.) Y RABO ITÁ (*Lonchocarpus leucanthus* Burk.) EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE ANILLOS Y POROSIDAD

José D. Vega, Teresa M. Suirezs

DENSITY OF CEDAR (*Cedrela fissilis* Vell.) AND RABO ITA (*Lonchocarpus leucanthus* Burk.) IN RELATION TO RING WIDTH AND POROSITY

ABSTRACT

This work studied the density of cedar (*Cedrela fissilis* Vell) and rabo itá (*Lonchocarpus leucanthus* Burk.) wood in relation to rings growth width and type of porosity. The identification of the porosity and classification of the woods, rings measurement and physical tests were carried out. The process consisted of forming groups which were divided into: 1 and 3 (low density) and 2 and 4 (high density). The number of test tubes was of 50 for species. The porosity of cedar wood was semicircular and that of rabo itá was diffuse. The average width of cedar growth rings was of 4.71 mm and of rabo itá was of 3.70 mm. The normal densities of cedar and rabo itá were 0.49 and 0.74 gr/cm³ respectively. The wider the cedar's growth rings, the higher the wood's specific apparent weight, while the wider the rabo itá's growth rings were, density decreased.

KEY WORDS: Misiones cedar, rabo, densities, growth ring, porosities.

RESUMEN

El siguiente trabajo estudia la densidad de la madera de cedro y rabo itá, en función del ancho de anillos de crecimiento y tipo de porosidad. Se realiza la identificación de la porosidad y clasificación de maderas, mensura de anillos y ensayos físicos. El tratamiento consiste en grupos divididos en 1 y 3 (baja densidad) y en 2 y 4 (alta densidad). La cantidad de probetas son de 50 por especie. La porosidad de la madera de cedro es semicircular y de rabo itá difusa. El ancho promedio de los anillos de crecimiento de cedro fue de 4,71 mm y de rabo itá es de 3,70 mm. Las densidades estacionadas de cedro y rabo itá son de 0,49 y 0,74 gr/cm³ respectivamente. Cuando más ancho es el anillo de cedro, más alta es la densidad de la madera. Cuando más ancho es el anillo de rabo itá, la densidad disminuye.

PALABRAS CLAVE: Cedro misionero, rabo, densidades, anillo de crecimiento, porosidades.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Misiones cuenta con una superficie forestal aproximada de bosques nativos de 1.212.460 ha [1].

El conocimiento de la variabilidad en las propiedades físicas y mecánicas es de fundamental importancia para los usuarios de las maderas al momento de evaluar sus múltiples aplicaciones y para los silvicultores, al momento de fijar los objetivos de producción en términos de manejo [2].

La densidad constituye unas de las propiedades físicas de la madera, y de ella dependen la mayoría de sus características físicas y mecánicas, sirviendo en la práctica como referencia para clasificarlas [3]. Se utiliza tanto en ambientes madereros como en la industria de la pulpa y del papel [4]. Pero todavía se desconocen los valores de densidad de la madera de varias especies comerciales nativas, y más aún el comportamiento de la misma con respecto al ancho de los anillos de crecimiento.

En el comercio de maderas predomina la idea de que las maderas con peso específico aparente alto son características de las maderas con anillos de crecimiento estrecho [3].

Knigge *et al.* [5] concuerdan en que maderas de coníferas con anillos de crecimiento más estrechos son más pesadas y resistentes, ocurriendo lo contrario con las latifoliadas. Para la mayoría de las coníferas, el peso específico aparente aumenta con la disminución del ancho de los anillos de crecimiento, puesto que cuanto más ancho es el anillo se tiene más leño temprano formado [5].

Hartig en 1886, encontró por ejemplo que, en ensayo de coníferas, con un aumento del ancho de los anillos de crecimiento, también se producía una elevación del peso específico aparente [6].

Las relaciones que existen entre el crecimiento y la calidad de la madera son muy complejas en las latifoliadas, en las cuales se ha encontrado un patrón exactamente opuesto al que suele encontrarse en las coníferas; es decir los árboles de crecimiento más rápido tienen pesos específicos más altos que los árboles de crecimiento lento. Esto parece ser cierto en el caso de algunas de las latifoliadas de porosidad anular, como el fresno (*Fraxinus sp.*) y el roble (*Quercus sp.*), pero no es general para las numerosas especies de latifoliadas de porosidad difusa [7].

En latifoliadas con porosidad en anillos se da lo contrario, puesto que los poros de mayor diámetro se localizan apenas al inicio del leño temprano (de baja densidad aparente), cuanto más ancho sea el anillo tendremos mayor porción de leño tardío, de alta densidad aparente [3]. Las latifoliadas de porosidad difusa casi no muestran variación alguna en este sentido, debido a la casi homogénea estructura del tejido celular [3].

Davel *et al.* [8] encontraron que el ancho de anillos por sí solo explica el 46 % de la variación encontrada en la densidad básica de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*).

Por eso, para cada especie se deben efectuar las investigaciones respectivas, para obtener conclusiones valederas [3].

El siguiente trabajo estudió el comportamiento de la densidad de la madera de cedro, *Cedrela fissilis* (Vell.) y rabo itá, *Lonchocarpus leucanthus* (Burk.) en función del ancho de los anillos de crecimiento y del tipo de porosidad. La hipótesis del presente trabajo planteó la existencia de variación de densidad influenciada por el ancho de anillos de crecimiento, dependiendo del tipo de porosidad de la madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de ensayo que se utilizó en el presente trabajo se obtuvo de maderas comerciales de diferentes industrias, aserraderos, carpinterías que utilizan madera nativa y del área de tecnología de la Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado, Misiones.

Las probetas cúbicas de madera fueron confeccionadas según Norma IRAM 9544 [9]. Poseen una dimensión de 20 mm de ancho, por 20 mm de alto por 20 mm de longitud, con todas sus caras íntegramente lijadas. (Véase Figuras 2 y 4, pág. 11 y 12 respectivamente).

Toma de muestra

La cantidad de las mismas fueron de 50 por especie. La cantidad de muestras a tomar fueron determinadas de la siguiente manera:

$$n = b \cdot r \cdot K: 2.25.2 = 100 \quad (1)$$

siendo:

K = número de especies

r = número de repeticiones por grupo

b = grupos de densidad

n = número total de muestras

Determinación del tipo de porosidad y medición de anillos

Para determinar el tipo de porosidad, se usó la clave de identificación para maderas y el estudio de identificación y

descripción de maderas comerciales [10, 11]. Para identificar y medir el ancho de los anillos de crecimiento se utilizó lupa y calibre de precisión marca SOMET.

Determinación de las densidades y clasificación de madera

El peso de las probetas se determinó por el método de pesadas sucesivas, por medio de una balanza eléctrica SIPEL, estufa y accesorios de laboratorio. El volumen de las mismas fue realizado por el principio de Arquímedes. Este consiste en medir el volumen de la probeta de madera en función del peso del líquido desplazado por inmersión, es decir por medición del empuje. Al sumergir la pieza en un recipiente con agua, se produce una diferencia, equivalente al peso del agua desplazada, equivalente al volumen de la pieza sumergida. Se puede establecer la siguiente ecuación de equilibrio:

$$P = E \quad (2)$$

P = (peso del líquido desplazado) gr

E = (empuje del líquido desplazado) gr

Por hidrostática se tiene:

$$E = V \cdot d \quad (3)$$

donde:

V = (volumen del líquido) cm^3

d = (densidad del líquido) gr/cm^3

Entonces: $P = V \cdot d$,

$$\text{de donde se tendrá que, } V = P / d \quad (4)$$

En consecuencia los cálculos para la determinación de las densidades fueron realizados con las siguientes fórmulas:

Densidad estacionada o normal: (gr/cm^3)

$$DN = m_{12} / V_{12} \quad (5)$$

m_{12} = Peso estacionado (gr)

V_{12} = Volumen estacionado (cm^3).

Densidad anhidra: (gr/cm^3)

$$DA = m_0 / V_0 \quad (6)$$

m_0 = Peso seco (gr)

V_0 = Volumen seco (cm^3).

Densidad saturada: (gr/cm^3)

$$DS = m_S / V_S \quad (7)$$

m_S = Peso saturado (gr)

V_S = Volumen saturado (cm^3).

Densidad básica: (gr/cm^3)

$$DB = m_0 / V_S \quad (8)$$

m_0 = Peso seco (gr)

V_S = Volumen saturado (cm^3).

Para clasificar las maderas se utilizó la clasificación de maderas citada por [12]. El autor cita la clasificación de García y García, donde la densidad de la madera la divide en cinco clases: muy liviana, liviana, semipesadas, pesadas y muy pesadas.

Metodología empleada

La metodología empleada consistió en la formación de grupos que se dividieron en 1b y 3b (de baja densidad) y en 2a y 4a (alta densidad) para las 2 especies. En cada grupo de densidad se analizó el comportamiento del ancho y el número de anillos promedio y de las densidades obtenidas. Los datos se registraron en una planilla confeccionada para cada caso. Se realizó el análisis de variancia (ANOVA) con sus correspondientes hipótesis.

La hipótesis nula y alternativa para el ancho de anillos de crecimiento fueron las siguientes:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \text{ (AAGDm = AAGDM)} \quad (9)$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2 \text{ (AAGDm} \neq \text{AAGDM)}$$

(AAGDm = AAGDM): Anchos de anillos del grupo de baja densidad son iguales al grupo de alta densidad.

(AAGDm \neq AAGDM): Anchos de anillos del grupo de baja densidad son diferentes al grupo de alta densidad.

El test de Tukey se realizó para la comparación de medias de los grupos de densidad.

Ajuste de ecuaciones

Se realizó el ajuste del mejor modelo de regresión lineal para la estimación de la densidad de la madera de las especies en función al ancho de anillos de crecimiento. Se utilizó el índice R^2 ajustado y error estándar de la estimación valor F y valor p como parámetros estadísticos de ajuste de las funciones y el coeficiente de Durbin–Watson que comprueba la independencia de los residuos, con un nivel de probabilidad del 95 % [13, 14].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados presentados corresponden a los obtenidos a través de la clave de identificación de porosidades de maderas y del estudio de identificación y descripción de maderas comerciales.

El tipo de porosidad de *Cedrela fissilis* coincide con lo citado por [15], siendo ésta porosidad la que permite que los anillos de crecimiento sean bien demarcados. El tipo de porosidad de *Lonchocarpus leucanthus* se condice con lo citado por [11].

La descripción macroscópica del leño es la siguiente:

- *Cedrela fissilis* (Vell.): cedro misionero
Leño de porosidad semicircular con poros solitarios y múltiples bi y tripartidos de forma oval, elíptica o redonda. Poros de la madera temprana uniseriado. El parénquima leñoso se dispone en el leño temprano. Parénquima axial en bandas y no en bandas. Bandas de parénquima axial marginales (o aparentemente marginales), gruesas y paratraqueal vasicéntrico. Anillos de crecimiento bien marcados.
- *Lonchocarpus leucanthus* (Burk.): rabo itá
Leño con porosidad difusa, con poros dispuestos en patrón no específico, agrupados, generalmente en grupos radiales cortos. Parénquima axial presente, en bandas marginales. Límites de anillos de crecimiento demarcados por parénquima marginal en combinación con zonas de madera tardía casi libre de parénquima y más oscuras.

En la Tabla 1 se observan la media, desvío estándar, varianza y coeficiente de variación para el ancho de anillos de crecimiento del total de las probetas y para cada una de las especies estudiadas.

Tabla 1. Ancho de anillos de crecimiento de las distintas especies.

Especie	X	s	s ²	CV (%)
cedro	4,71	1,16	1,35	24,66
rabo itá	3,70	0,39	0,15	10,53

(X) media; (s) desvío estándar; (s²) varianza; (CV) coeficiente de variación.

En la Tabla 2 se observan la media, desvío estándar, varianza y coeficiente de variación de la densidad normal, anhidra, básica y saturada de las dos especies estudiadas, obtenidas de la medición del peso y el volumen del total de las probetas.

Tabla 2. Densidades de las distintas especies estudiadas.

	Densidades (gr/cm ³)	X	s	s ²	CV (%)
cedro misionero	Normal (14,6 %)	0,49	0,048	0,002	9,78
	Anhidra	0,45	0,036	0,001	8,0
	Saturada	0,81	0,059	0,003	7,22
	Básica	0,40	0,032	0,001	8,07
rabo itá	Normal (12,2 %)	0,74	0,036	0,0013	4,93
	Anhidra	0,71	0,033	0,0011	4,62
	Saturada	1,13	0,035	0,0012	3,06
	Básica	0,59	0,029	0,0008	4,86

(X) media; (s) desvío estándar; (s²) varianza; (CV) coeficiente de variación.

Conforme Tinto y citado por [3], la madera de cedro misionero a un porcentaje del 15 % de humedad es de 0,55 gr/cm³. Tortorelli [10] cita el valor de 0,55 gr/cm³ para esta especie [16].

En cuanto a rabo itá, la densidad estacionada obtenida contrasta con lo citado por [17] que cita una densidad de 0,84 gr/cm³.

Estas diferencias pueden ser consecuencias de otros factores que afectan a la densidad. Esta posee un patrón de variación con la edad y a la posición tanto longitudinal como radial dentro del árbol [18, 19]. Según Kollmann [6],

las variaciones de la densidad pueden ser tan acentuadas en el sentido longitudinal del árbol, que se pueden sugerir diferentes clases de calidad sólo en función de la posición del origen de las piezas. La variación de la densidad con la altura está ligada a la cantidad de madera juvenil que recorre al árbol axialmente como un cilindro interno desde la base hasta el ápice. El resultado es que las trozas de las copas constan principalmente de madera juvenil, mientras que las de la base del mismo árbol poseen más madera dura con una mayor densidad [20]. La densidad es mayor en la base y va disminuyendo hacia la copa [18].

Esto marca la necesidad de complementar los estudios con la ubicación exacta de los puntos de extracción de las piezas, para obtener el material con el cual se realizarían las determinaciones [21].

En lo que se refiere a la clasificación de maderas, el cedro misionero se encontró dentro de las clasificaciones de livianas y rabo itá dentro de semipesadas.

La Tabla 3 presenta el ancho de anillos promedio, número de anillos promedio, y las distintas densidades según los grupos. Los resultados de los grupos cb1 y ca2 corresponden a la especie de cedro y de los grupos rb3 y ra4 corresponden a rabo itá, cada uno de los cuales se clasificaron en baja densidad (1 y 3) y alta densidad (2 y 4).

Tabla 3. Resultados de ancho de anillos, número de anillos y densidades según los grupos.

		Grupos			
		cb(1)	ca(2)	rb(3)	ra(4)
Leño	Ancho anillos (mm) promedio	3,9	5,4	3,9	3,5
	N° anillos promedio	6,5	4,7	5,68	5,52
Densidades gr/cm ³	Normal	0,45	0,53	0,72	0,77
	Anhidra	0,43	0,48	0,7	0,71
	Saturada	0,79	0,84	1,13	1,13
	Básica	0,38	0,42	0,58	0,6

(1) cedro baja densidad; (2) cedro alta densidad; (3) rabo itá baja densidad; (4) rabo itá alta densidad.

En cedro se observa que el ancho de anillos promedio aumenta y el número de anillos promedio disminuye del grupo cb1 al ca2.

Para el caso de rabo itá este comportamiento parece ser diferente, disminuyendo el ancho de anillos promedio del grupo rb3 al ra4 y con baja variación en el número de anillos.

Cabe destacar que al considerar el valor más bajo y más elevado de densidad obtenidos en el total de las probetas ensayadas, un incremento del ancho de anillos del orden del 55,6 % produjo un aumento en la proporción relativa porcentual de la densidad de cedro de 35,6 %. En cuanto a rabo itá una disminución del ancho de anillos del 27,3 % produjo un aumento en la densidad normal del 22,1 %.

El análisis de variancia para el ancho de anillos de los diferentes grupos de cedro está reflejado en la Tabla 4, con sus respectivos grados de libertad, suma de cuadrados, cuadrado medio, valor F y p.

Tabla 4. Análisis de variancia entre anchos anillos de los grupos cb1 y ca2 de cedro.

FV(1)	GL(2)	SC(3)	CM(4)	F(5)	p(6)
Intercepto	1	1108,17	1108,17	1359,04	<0,05
Tratamientos	1	26,95	26,95	33,05	<0,05
Error	48	39,14	0,81		

(1) Fuente de variación; (2) Grados de libertad; (3) Suma de cuadrados; (4) Cuadrado medio; (5) Valor F; (6) Valor p.

Se observa que p es inferior a 0,05 aceptando que el ancho de los anillos del grupo de baja densidad es estadísticamente diferente al grupo de alta densidad.

En la Tabla 5 se encuentra el test de Tukey realizado para la comparación de medias de los grupos de densidad de cedro.

Tabla 5. Test de Tukey. Ancho de anillos de cedro.

Grupos de densidad	{cb1} 3,9	{ca2} 5,4
cb(1)		< 0,05(b)
ca(2)	< 0,05(a)	

(1) cedro baja densidad; (2) cedro alta densidad.

Se verifica que el grupo de densidad ca2 posee mayor promedio de ancho de anillos de crecimiento que el grupo de densidad cb1 y que son significativamente diferentes.

El análisis de variancia para el ancho de anillos de los diferentes grupos de rabo itá se encuentra reflejado en la Tabla 6, con sus respectivos grados de libertad, suma de cuadrados, cuadrado medio, valor F y p.

Tabla 6. Análisis de variancia entre anchos de anillos de los grupos rb3 y ra4 de rabo itá.

FV(1)	GL(2)	SC(3)	CM(4)	F(5)	p(6)
Intercepto	1	685,09	685,09	5770,33	<0,05
Tratamientos	1	1,75	1,75	14,76	<0,05
Error	48	5,69	0,12		

(1) Fuente de variación; (2) Grados de libertad; (3) Suma de cuadrados; (4) Cuadrado medio; (5) Valor F; (6) Valor p.

Se observa que p es inferior a 0,05, aceptando que el ancho de los anillos del grupo de baja densidad es estadísticamente diferente al del grupo de alta densidad.

En la Tabla 7 se encuentra el test de Tukey realizado para el promedio de ancho de anillos de los grupos de rabo itá.

Tabla 7. Test de Tukey. Ancho de anillos de rabo itá.

Grupos de densidad	{rb3} 3,9	{ra4} 3,5
rb(3)		< 0,05(b)
ra(4)	< 0,05(a)	

(3) rabo itá baja densidad; (4) rabo itá alta densidad.

Se verifica que el ancho promedio es mayor en el grupo de densidad rb3 y que es significativamente diferente al promedio de anillos de crecimiento del grupo de densidad ra4.

Los valores de densidad normal o estacionada, ancho de anillos y número de anillos de las probetas de cedro se representan en la Figura 1. Se observa que a medida que se incrementa la densidad normal, aumenta el ancho de anillos. El número de anillos de cedro disminuye a medida que se incrementa la densidad normal o estacionada.

Este comportamiento coincide con lo descrito por [3] para maderas de porosidad circular. Asegura que este hecho se debe a la mayor porción de leño tardío que poseen los anillos más anchos, es decir cuanto más ancho sea el anillo tendremos mayor porción de leño tardío (de alto peso específico aparente) y a que los poros de mayor diámetro se localizan apenas al inicio del leño temprano (de bajo peso específico aparente).

En árboles de porosidad anular, parece ser que se forma cada año un volumen aproximadamente igual de vasos sin importar el crecimiento total alcanzado durante el año. En consecuencia, los árboles de crecimiento lento tendrán una mayor proporción de vasos por unidad de volumen del anillo anual, en comparación con las traqueidas y fibras más densas, y tendrán además una densidad baja. Los árboles de crecimiento rápido continúan produciendo las fibras más densas fuera de la banda de vasos; como consecuencia, la madera tiene una mayor densidad [7].

La Figura 2 representa los valores de densidad normal

o estacionada, ancho y número de anillos de rabo itá. Se puede apreciar que al incrementarse la densidad, se produce una leve disminución en el ancho de anillos. El número de anillos no posee una tendencia marcada, siendo prácticamente constante.

Este comportamiento casi homogéneo fue citado por [3] para maderas de latifoliadas con porosidad difusa. Asegura que las mismas casi no muestran variación alguna en este sentido, debido a la casi homogénea estructura del tejido celular.

En latifoliadas de porosidad difusa, los vasos tienen un diámetro menor y son esencialmente del mismo tamaño, sin importar la época de formación, el número de vasos formados en un anillo anual está estrechamente relacionado con la anchura de éste, y la tasa de crecimiento tiene poco efecto directo sobre la densidad de la madera [7].

La Tabla 8 muestra los estadísticos obtenidos a partir de la regresión entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad normal de cedro misionero.

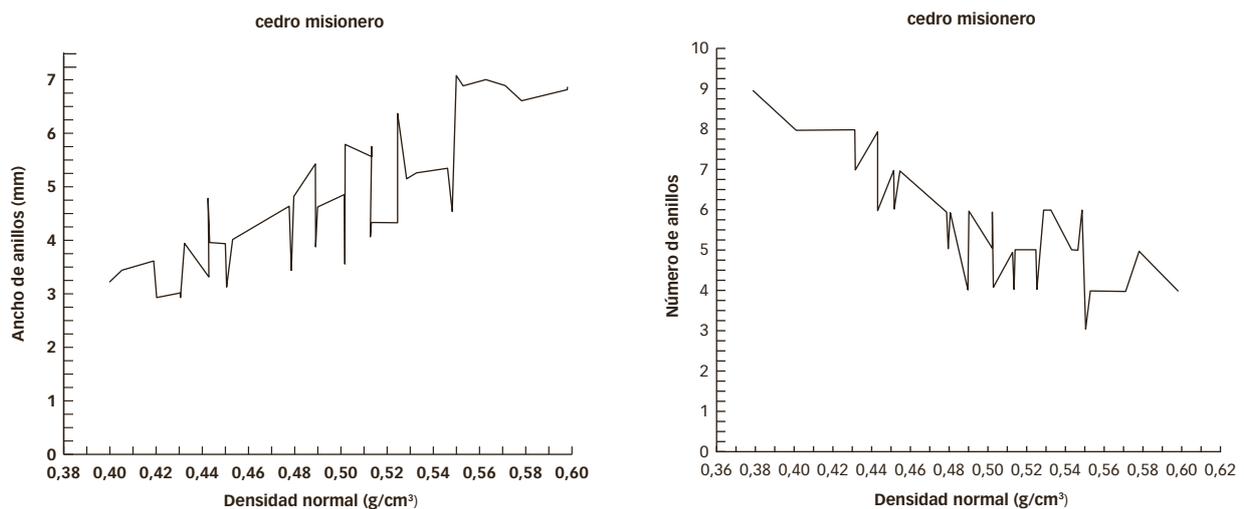


FIGURA 1. Densidad normal o estacionada en función al ancho y número de anillos de cedro misionero.

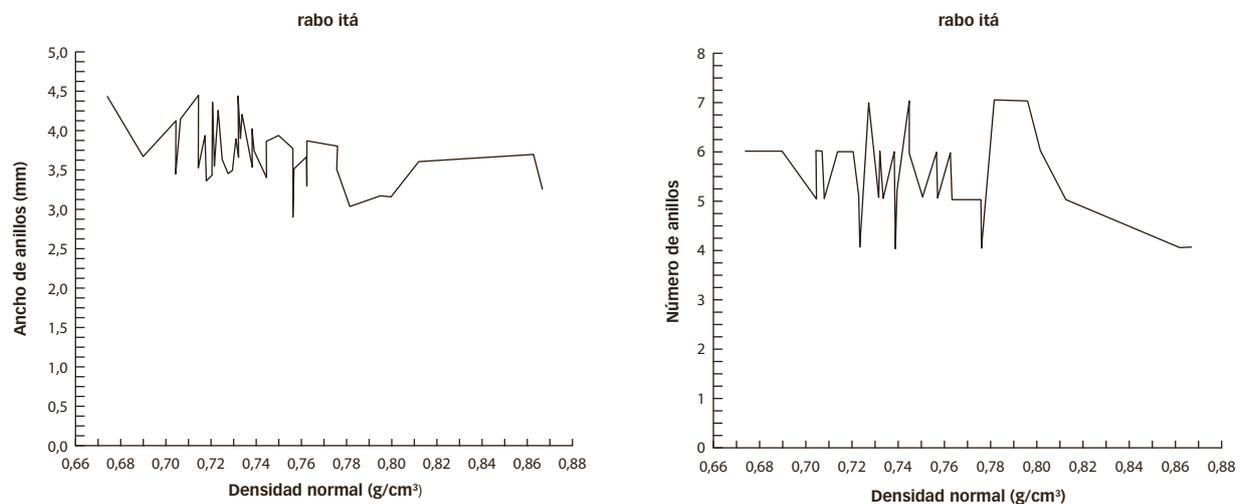


FIGURA 2. Densidad normal o estacionada en función al ancho y número de anillos de rabo itá.

Tabla 8. Coeficientes y estadísticos obtenidos de la regresión entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad normal de cedro misionero.

a	b	R2 aj	E	F	p	D
0,328	0,034	0,683	0,027	106,64	< 0,05	1,37

(a y b) Coeficientes; (R2 aj) R2 ajustado; (E) Error estándar; (F) Valor F; (p) Valor p; (D) Estadístico Durbin-Watson.

Los estadísticos de Durbin-Watson obtenidos son aproximados a 2, lo que evidencia ausencia de autocorrelación entre los errores.

La Figura 3 corresponde al análisis de correlación entre la densidad normal o estacionada de cedro misionero y el ancho de los anillos de crecimiento.

Los puntos se distribuyen de forma que pueden ser representados por la ecuación lineal obtenida. Se puede apreciar que el ancho de anillos posee una relación considerable con la densidad, con un R² ajustado de 0,68. También se observa como la densidad va en aumento cuando el ancho de los anillos aumenta.

La Tabla 9 muestra los estadísticos obtenidos a partir de la regresión entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad normal de rabo itá.

Tabla 9. Coeficientes y estadísticos obtenidos de la regresión entre el ancho de anillos de crecimiento y la densidad normal de rabo itá.

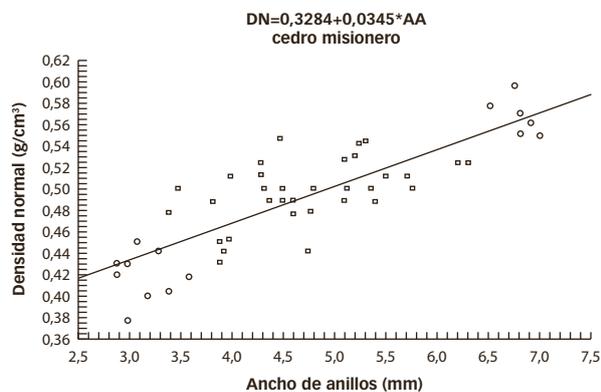
a	b	R2 aj	E	F	p	D
0,9056	-0,043	0,20	0,032	13,46	< 0,05	0,45

(a y b) Coeficientes; (R2 aj) R2 ajustado; (E) Error estándar; (F) Valor F; (p) Valor p; (D) Estadístico Durbin-Watson.

Los estadísticos de Durbin-Watson obtenidos son aproximados a 1, lo que evidencia autocorrelación positiva, lo que permite inducir que la función obtenida no es satisfactoria.

La Figura 4 representa la relación existente entre el ancho y la densidad normal o estacionada de rabo itá.

La ecuación lineal obtenida no fue satisfactoria debido a la baja relación del ancho de los anillos de crecimiento con la densidad normal. Se puede observar como la densidad disminuye con el aumento del ancho de los anillos, pero dicha relación es baja, con un R² ajustado de 0,20. Por ende dicha ecuación no debe ser utilizada para estimaciones de la densidad normal.

**FIGURA 3.** Relación entre la densidad normal o estacionada y el ancho de anillos de crecimiento de cedro.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron variaciones en el comportamiento de la densidad, debido al tipo de porosidad de cada madera y al ancho de anillos de crecimiento.

Cuando más ancho fueron los anillos, disminuyeron el número de anillos y más alta fue la densidad estacionada de la madera de cedro (porosidad semicircular). La correlación entre la densidad normal y el ancho de anillos fue satisfactoria.

Para el caso de rabo itá (porosidad difusa), a medida que aumentó la densidad de rabo itá, disminuyeron el ancho de los anillos pero el número de anillos permaneció con tendencia constante. Se obtuvo una correlación baja entre la densidad normal y el ancho de anillos de crecimiento.

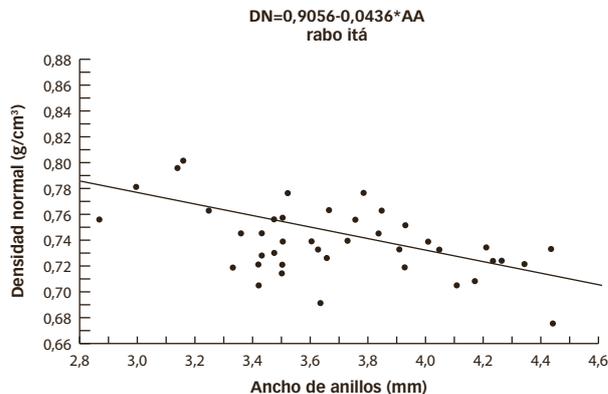
AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Ingeniera Forestal Berger, Silvina y al alumno de 5° año Dummel, Claudio por su ayuda en la obtención de datos y análisis de los mismos. A Barrios, Héctor por el asesoramiento técnico en inglés.

Al laboratorio de Tecnología e Industria de la Facultad de Ciencias Forestales, Eldorado (FCF) por los implementos y herramientas necesarias para realizar el trabajo. A la familia, a Dios y a todas aquellas personas que participaron en este trabajo sin interés particular alguno.

REFERENCIAS

1. Instituto de Estadísticas y Censos (Indec). Jefatura de Gabinete de Ministros. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Dirección de Bosques, Unidad de manejo del sistema de evaluación forestal. Superficie de bosques por tipo, según provincia y región natural. Argentina. 2006.
2. Delmastro, R.; Díaz Vaz, J.; Schlatter, J. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del *Pinus radiata* (D. Don). Informe n° 3.UACH. Chile. 187 p. 1981.

**FIGURA 4.** Relación entre la densidad normal y el ancho de anillos de crecimiento de rabo itá.

3. **Coronel, E.** Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, Primera parte. Fundamentos de las propiedades físicas de las maderas. Editorial El Liberal. Santiago del Estero, Argentina. p. 58–66. 1994.
4. **Núñez, C. E.** Relaciones de conversión entre densidad básica y densidad seca de madera. Revista de Ciencia y Tecnología n° 9. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones, Argentina. p. 44–50. 2007.
5. **Knigge, W.; Schulz, H.** Grundriss der Forestbenutzung Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin, Germany. 584 p. 1966.
6. **Kollmann, F.** Tecnología de la Madera y sus aplicaciones. Tomo primero. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y Servicio de la Madera. Madrid, España. 1050 p. 1959.
7. **Zobel, B.; Talbert, J.** Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa. Universidad del Estado de Carolina del Norte. USA. 1988.
8. **Davel, M.; Jovanovski, A.; Mohr Bell, D.** Densidad básica de la madera de pino oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. Revista Bosque 26. Chubut, Argentina. (3): 55–62. 2005.
9. Instituto de Racionalización de Materiales (Iram). Norma técnica n° 9544. Método de determinación de la densidad aparente. Buenos Aires, Argentina. 1973.
10. **Tortorelli, L.** Maderas y Bosques Argentinos. Editorial Acme, S.A.C.I. Buenos Aires, Argentina. 891p.1956.
11. **Richter, H.G.; Dallwitz, M. J.** Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. Versión en español. 2006.
12. **Coronel, E.** Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, Segunda parte. Fundamentos de las propiedades físicas de las maderas. Instituto de tecnología de la madera. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero, Argentina. p. 43–63. 1995.
13. **Sokal, R. R.; Rohlf, F.** Biometría. Principios y métodos estadísticos de la investigación biológica. H. Blume Ed. Madrid. 832 p. 1979.
14. **Pardé, J.; Bouchon, J.** Dasometría. Segunda edición de dendrometría traducida de “L Ecole National du Génie Rural as Eaux et dess Foresta”. Edición española. Francia. 382 p. 1994.
15. **Garland, M. H.; Vogel, H.** Ficha técnica de Árboles de Misiones. Revista Yvyrareta País de Árboles n° 7. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. ISIF. Misiones, Argentina. 1996.
16. **Tinto, J. C.** Aporte del sector forestal a la construcción de viviendas. Folleto Técnico Forestal n° 44. IFONA. Buenos Aires, Argentina. 1978.
17. **López, J. A.; Little, E.; Ritz, G.; Rombold, J.; Hahn, W.** Árboles comunes del Paraguay: Ñande yvyrá mata kuera. Cuerpo de Paz. Paraguay. 425 p. 1987.
18. **Megraw, R. A.** Wood quality factors in Loblolly pine. TAPP PRESS. Atlanta. 88 p.1985.
19. **López, J. A.; Staffieri, G. M.** Variación radial de la densidad de la madera de *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus dunii* a los 21 años de edad. EEA INTA Bella Vista. Corrientes, Argentina. 2003.
20. **Zobel, B.** *Eucalyptus* in the forest industry. TAPPI 71(12): 42–46. 1988.
21. **Monteoliva, S.; Senisterra, G.; Marquina, J.; Marlats, R.; Villegas, S.** Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix spp.*) Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Buenos Aires, Argentina. p. 77–82. 2002.

Recibido: 25/10/07.

Aprobado: 07/10/08.

• Teresa María Suirezs

Ingeniero Forestal. Magister en Ciencias de la madera, Celulosa y Papel. Facultad de Ciencias Forestales y Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. 2000. Formación Docente para Técnicos. Ministerio de Cultura y Educación de la Provincia de Misiones. Consejo General de Educación. 1999. Docente de Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la madera, Secado y preservación de la carrera Ingeniería forestal. Estructura y propiedades de la madera, secado e impregnación de la carrera en técnico en industria de la madera.

• José Daniel Vega

Argentino. Técnico Forestal. Instituto Agrotécnico Víctor Navajas Centeno.1999.Gob. Virasoro, Corrientes. Alumno de 5to año de la carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado, Misiones.

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Misiones. Bertoni 124 Km 3. (3380). Eldorado, Provincia de Misiones. Argentina. (danivega22@yahoo.com.ar).

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 11 / N° 11 / 2009 / 55–58

METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA PARA OPTIMIZAR PANIFICADO LIBRE DE GLUTEN CON GRASA, HUEVO Y LECHE

Laura B. Milde, Carolina Valle Urbina, Alexis Rybak, Carlos Oliveira, Karina G. González

RESPONSE SURFACE METHODOLOGY TO OPTIMIZE GLUTEN-FREE BREAD WITH FAT, EGG AND MILK

ABSTRACT

From a design previously developed, three additives were tested whose combination would replace the properties of gluten, especially with regard to textural characteristics. The variation of fat, egg and milk in three levels was analyzed, which were added to a cassava starch and corn flour-based bread, using the response surface methodology through the parameters of texture (firmness, elasticity and recovery of firmness). Considering the textural properties of the principal raw material used, it was concluded that an optimal combination would be to use intermediate levels of egg and milk and higher levels of fat, prioritizing the decrease in elasticity over firmness

KEY WORDS: Response surface methodology, gluten-free, cassava starch, texture, bread.

RESUMEN

A partir de una formulación previamente desarrollada se testearon tres aditivos cuya combinación sustituiría las propiedades del gluten, sobre todo respecto a las características texturales. Se analizó la variación de grasa, huevo y leche, en tres niveles, adicionados a un pan a base de fécula de mandioca y harina de maíz, utilizando la metodología de superficie de respuesta, a través de los parámetros de textura (firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza). Considerando las propiedades texturales de la principal materia prima utilizada, se concluyó que una combinación óptima sería utilizar niveles intermedios de huevo y leche y el superior de grasa, priorizando la disminución de la elasticidad por sobre la firmeza.

PALABRAS CLAVE: Metodología de superficie de respuesta, libre de gluten, fécula de mandioca, textura, pan.

INTRODUCCIÓN

El gluten presente en la harina de trigo es el responsable de las propiedades de panificación, debido a la presencia de proteínas llamadas gliadinas y gluteninas, que les confiere la elasticidad y extensibilidad de la masa panaria [1, 2], con lo cual se consigue retener el gas, formación de la corteza y miga durante la cocción [3], debido a la migración diferencial de agua, obteniéndose así el pan, producto de consumo diario y masivo, excepto para aquellas personas que presentan intolerancia al trigo y aquellas con enfermedad celiaca [4, 5, 6, 7]. Es por ello, que se buscan alternativas, en donde se utilizan otras harinas libres de gluten, a las cuales se debe adicionar ingredientes que se acerquen al comportamiento del trigo en la panificación. Algunas de las alternativas son la harina de arroz, la harina de soja, la fécula de mandioca y la harina de maíz entre otras [8, 9, 10]. La fécula de mandioca y la harina de maíz presentan dos ventajas respecto a las demás citadas: costo más bajo y facilidad de obtención, por ser la provincia de Misiones productora de mandioca, maíz y sus subproductos.

Por lo antes mencionado la utilización de harinas sin gluten, no contribuye a la panificación, por lo que es necesario agregar productos con grasa, azúcar, enzimas, emulsionantes, gomas (espesante), ácido ascórbico y ca-

seinato sódico, con los cuales se retiene el gas, obteniendo un pan suave para comer [11]. Para utilizar un aditivo en un alimento, es necesario que tenga alguna de las siguientes funciones: conservar la calidad nutricional, proporcionar ingredientes o constituyentes, aumentar la calidad de conservación o la estabilidad o proporcionar ayuda en la fabricación, elaboración, empaquetado, transporte o almacenamiento [11]. En este trabajo se ensayaron aditivos naturales, grasa, huevo y leche, los cuales fueron incorporados en distintas cantidades, a una mezcla de fécula de mandioca y harina de maíz (formulada previamente) mediante la metodología de superficie de respuesta de tres factores en tres niveles, analizando las respuestas texturales, firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza a fin de encontrar un óptimo. [12, 13, 14, 15].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se partió de una mezcla de harinas ensayada previamente a base de productos regionales, 80 % de fécula de mandioca (Ranchito, Misiones, Argentina) y 20 % de harina de maíz (Indelma, Santa Fé, Argentina), con el agregado de los ingredientes básicos del pan: levadura fresca comprimida (Calsa, Buenos Aires, Argentina) disuelta en agua,

azúcar (Ledesma, Jujuy, Argentina) y sal refinada (Celusal, Tucumán, Argentina) y como aditivos grasa vegetal (Margadán, Buenos Aires, Argentina), huevo y leche entera en polvo (Ilolay, Santa Fé, Argentina). Anteriormente se establecieron también los parámetros de elaboración en: 10 minutos de tiempo de amasado, 20 min y 35 °C para el tiempo y temperatura de levado respectivamente, 30 minutos de cocción (en horno a 240 °C, 20 min y 280 °C, 10 min). Con el fin de optimizar la formulación del panificado, se ensayaron los aditivos en tres niveles de composición grasa 10, 20 y 30 g; huevo 0, 1 y 2 unidades y leche 0, 13 y 26 g, analizando los parámetros de textura de doce [12] panes diferentes. La elaboración de los mismos fue realizada de manera artesanal.

Para las mediciones de textura, se cortaron los panes previamente enfriados, en porciones de igual medida (90 mm de ancho, 90 mm de largo y 70 mm de alto) con el objetivo de comparar los resultados. Se realizaron tres repeticiones para cada formulación, dos sobre la misma pieza de pan y la tercera de otro.

La medición de textura consistió en un ensayo de doble compresión sobre cada pieza de pan entera (miga y corteza), llevando la misma hasta un 50 % de la altura del producto, para lo cual se utilizó un Dinamómetro Universal Adamel Lhomargy (Modelo DY32, Francia), con una celda de carga de 1000 N (con apreciación a la décima de N), provisto de placas de compresión de 20 cm x 20 cm; utilizando una velocidad de Compresión de 100 mm/min. Los datos obtenidos de las mediciones se cargaron en hoja de cálculo EXCEL, por medio de la que se obtuvo un perfil gráfico de textura de donde se extrajeron los parámetros mecánicos que la describen objetivamente: firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza. [16].

Los tres niveles de los aditivos se codificaron en nivel inferior (-1); nivel intermedio (0) y nivel superior (1) para su análisis mediante la metodología de superficies de respuesta por medio del programa Statgraphics plus 5.1 y el programa Design-Expert 7.0.0 trial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan los datos promedios obtenidos de firmeza, elasticidad y recuperación de la firmeza, para las doce formulaciones ensayadas:

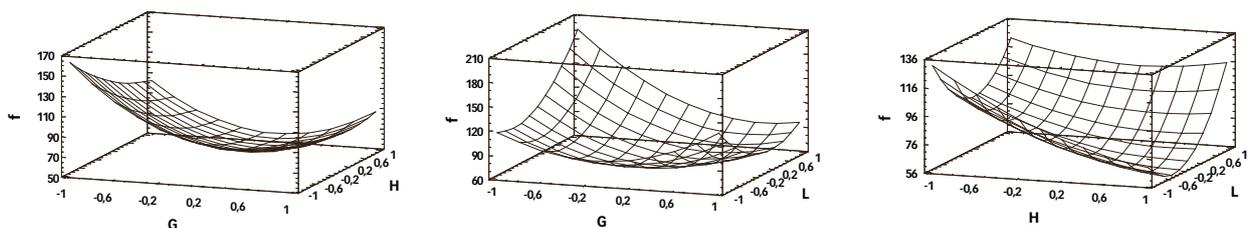


FIGURA 1. Superficies de respuesta para el parámetro de textura firmeza (f) en función de la variación de niveles de: a) grasa (G) y huevo (H); b) grasa (G) y leche (L); c) huevo (H) y leche (L) en las 12 formulaciones ensayadas.

Tabla 1. Resultados promedios y desviación estándar de los parámetros de textura analizados.

Pan	Grasa (G)	Huevo (H)	Leche (L)	f (N)	e (%)	rf (%)
1	-1	-1	-1	131,9 ± 0,1	70,8 ± 0,1	89,01 ± 0,5
2	1	-1	-1	182,6 ± 6,6	73,0 ± 4,0	90,2 ± 0,2
3	1	1	-1	107,9 ± 9,8	67,7 ± 2,8	90,9 ± 1,4
4	1	1	1	131,4 ± 14,1	59,8 ± 1,9	87,3 ± 0,6
5	-1	1	1	171,0 ± 12,7	60,1 ± 2,7	84,2 ± 0,6
6	-1	-1	1	237,5 ± 23,1	73,3 ± 1,1	87,0 ± 0,2
7	-1	1	-1	101,5 ± 2,8	56,4 ± 6,4	86,5 ± 1,7
8	1	-1	1	80,2 ± 6,2	57,6 ± 8,3	92,2 ± 2,1
9	0	0	0	75,2 ± 2,1	63,0 ± 2,9	92,9 ± 1,4
10	1	0	1	104,3 ± 11,8	22,34 ± 1,9	82,6 ± 0,9
11	1	0	0	76,9 ± 0,5	45,9 ± 0,4	85,5 ± 0,7
12	0	0	1	103,2 ± 11,2	46,3 ± 8,5	86,6 ± 2,1

f = firmeza (N); e = elasticidad en (% mm/mm); rf = recuperación de la firmeza en (% N/N).

Los datos de la Tabla 1 se cargaron en el programa Statgraphics 5.1 y Disign Expert, con lo que se obtuvieron modelos matemáticos de segundo orden, con términos lineales, cuadráticos y las interacciones binarias de las tres variables independientes, para los parámetros de textura analizados.

Tabla 2. Ecuaciones predictivas para las propiedades de texturas de los panes y sus correspondientes R².

Propiedad	Ecuación	R ² (%)
Firmeza	$f = 68,25 - 19,81 G - 17,38 H + 9,70 L + 35,50 G^2 + 11,50 GH + 28,53 GL + 9,37 H^2 + 13,55 HL + 32,23 L^2$	83,662
Elasticidad	$e = 63,80 - 0,37 G - 3,90 H - 2,21 L - 18,27 G^2 + 3,12 GH - 3,72 GL + 35,48 H^2 + 1,14 HL - 16,10 L^2$	90,200
Recuperación de la Firmeza	$rf = 92,18 + 1,77 G - 1,12 H - 0,64 L - 7,65 G^2 + 0,05 GH + 0,36 GL + 7,98 H^2 - 0,82 HL - 4,15 L^2$	81,511

f = firmeza (N), e = elasticidad (% mm/mm), rf = recuperación de la firmeza (% N/N), G = grasa (g), H = huevos (unidades), L = leche (g).

El Design-Expert 7.0.0 trial, presenta a todas las ecuaciones de la Tabla 2 como modelos sugeridos con $p < 0.05$ para los tres parámetros de textura analizados, los cuales fueron validados con experiencias independientes.

Las superficies de respuesta para cada parámetro de textura se representan en gráficos tridimensionales, mostrando el efecto de dos variables independientes, sobre una respuesta, manteniendo constante en el nivel intermedio (0) la tercera variable; como se observa en la Figura 1 para firmeza.

Desde el punto de vista estadístico podemos decir que el modelo así ajustado explica el 83, 662 % de la variabilidad de la firmeza. Cabe aclarar que la misma se relaciona directamente con la dureza del pan, ya que es la fuerza necesaria para vencer la primera compresión durante la masticación del producto. En la Figura 1 podemos ver que la adición de grasa presenta un óptimo a valores intermedios; en el

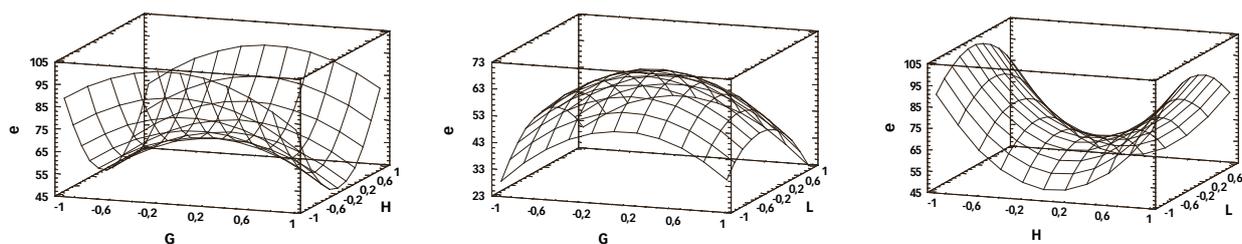


FIGURA 2. Superficies de respuesta para el parámetro de textura elasticidad (e) en función de la variación de niveles de: a) grasa (G) y huevo (H); b) grasa (G) y leche (L); c) huevo (H) y leche (L) en las 12 formulaciones ensayadas.

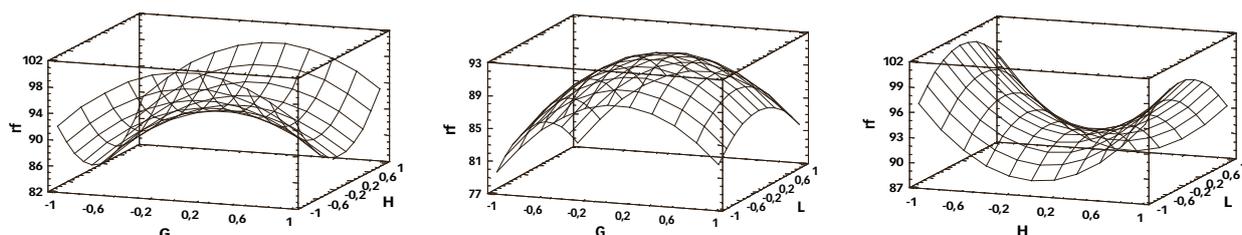


FIGURA 3. Superficies de respuesta para el parámetro de textura recuperación de la firmeza (rf) en función de la variación de niveles de: a) grasa (G) y huevo (H); b) grasa (G) y leche (L); c) huevo (H) y leche (L), para las 12 formulaciones ensayadas.

nivel inferior se observan valores muy elevados de firmeza a niveles altos de leche y cuando no ocupamos huevo en la formulación. La leche en cambio presenta una tendencia a aumentar los valores de la firmeza, reforzándose este efecto con la adición de huevos, y contrarrestándose con la adición de grasa. En cuanto al huevo, la tendencia muestra una disminución de los valores de firmeza al aumentar el agregado del mismo, salvo cuando se combina con la leche en donde se observan valores elevados de firmeza cualquiera sea la cantidad de huevos usados. En general, la ausencia de gluten incrementaría el movimiento de agua desde la miga del pan hacia la corteza, dando por resultado una miga más firme y corteza más blanda; el agregado de las proteínas de la leche contribuyó a aumentar la firmeza de la miga, coincidiendo con los resultados de otros autores [17] al agregar proteínas de leche a un pan libre de gluten y a los obtenidos en bizcochos con harina de trigo en cuanto al efecto de H y L en la firmeza [18].

En la Figura 2 se grafican las superficies de respuesta para elasticidad.

El modelo ajusta el 90,2008 % de la variabilidad de la elasticidad. Esta propiedad se correlaciona con la masticabilidad del pan, mientras mayor sea su valor mayor será la dificultad para masticar el producto; está relacionada con el adjetivo de “chiclosa” característico de los productos a base de fécula de mandioca. Por ende en estos panes, se buscó obtener el valor más bajo posible de elasticidad, o sea disminuir el efecto “chiclosa” de la materia prima base de la formulación. En la Figura 2 se puede observar que tanto la grasa como la leche elevan los valores de elasticidad presentando máximos en sus niveles intermedios, en tanto que el huevo presenta un comportamiento inverso. Evaluando

las interacciones entre los tres aditivos, vemos que la de grasa y huevo afecta con mayor intensidad a los valores de la elasticidad que la de grasa y leche, coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores [18].

En la Figura 3 vemos las superficies de respuesta para la recuperación de la firmeza.

El modelo ajusta el 81,511 % de la variabilidad. Su comportamiento presenta una similitud con la elasticidad, estando ambas propiedades directamente relacionadas. Se observa que si el producto evaluado es muy chiclosa-elástico, recupera prácticamente la forma original por lo que tendrá una (rf) elevada.

CONCLUSIONES

Mediante el análisis de superficie de respuesta se encontró una combinación óptima de grasa, huevo y leche en los rangos ensayados, que permitió obtener un panificado con propiedades de textura aceptables, utilizando el nivel intermedio de huevo y leche y el superior de grasa, al priorizar la disminución de la elasticidad por sobre la firmeza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wieser, H.; Seilmeier, W.; Belitz, H. *Use of RP-HPLC for a better understanding of the structure and functionality of wheat gluten proteins in High Performance Liquid Chromatography of Cereal and Legume Proteins*. Bietz, J. A. and Kruger, J. E. Association American Cereal Chemist. St. Paul, MN. p. 235–272. 1994.

2. **Mac Ritchie, F.; Kasarda, D.; Kuzmicki, D.** *Characterization of wheat protein fractions differing contributions to breadmaking quality*. Cereal Chemistry. 68:2. p. 122–130. 1991.
3. **Fennema, O.** *Química de los Alimentos*. Segunda Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. Característica de los Alimentos Líquidos. De origen animal: huevos Capítulo 14, p. 952–955. 1993.
4. **Gómez, F.; Rubiol, T.; Martín, B.** “Enfermedad Celíaca”. Revista de Pediatría de Atención primaria. Madrid. Vol. II, Nº 5, p. 63–82. 2000.
5. **Janssen, F. W.** *Coeliac disease and the gluten free diet—An enigma about to be solved?* Internacional Food Ingredients. Nº 5, p. 49–50 y 53–55. 1993.
6. **Luchetti, R.; Vincenzi, M.** *Food Intolerante; coeliac disease*. Revista de Scienza del Allimentazione. 24: 4. p. 601–609. 1995.
7. **Corazza, G; Vallentini, R. A.; Frisoni, M.; Volta, V.** *Gliadin immune reactivity is associated with overt and latent enteropathy in relatives of celiac patients*. Gastroenterology. Capítulo 103, p. 1517–1522. 1992.
8. **Kent, N. L.; Evers, A. D.** *Bread make with gluten substitutes*. Technology of Cereals. Oxford: Pergamon Press. p. 215. 1994.
9. **Nishita, K.; Roberts, R.; Bean, M. M.; Kennedy, B. M.** *Development of a yeast-leavened rice-bread formula*. Cereal Chemistry. 53:5. p. 626–635. 1976.
10. **Sánchez, H. D.; Osella, C. A.; De la Torre, M. A.** *Optimization of Gluten-free bread prepared from corn-starch, rice flour, and cassava starch*. Journal of Food Science. 67:1. p. 416–419. 2002.
11. **Escobar, P.** *Manual para el desarrollo de un producto alimenticio nuevo*. (Tesis) Universidad del Valle de Guatemala. 82 pp. 1998.
12. **Cornell, J. A.** “Experiment with Mixtures”. Metodología de superficies de respuesta. John Wiley y Sons, Editores. Capítulo 2. p. 37–61. 1990.
13. **Sánchez Pardo, E; Ortiz Moreno, A.; Mora Escobedo, R.** *Análisis de Superficie de Respuesta de Tres Variables por Efecto del Tratamiento Térmico con Microondas en un Producto de Panificación*. VII Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y III Foro de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. p.194–206. 2005.
14. **Montgomery, D. C.** “Diseño y Análisis de experimentos”. Grupo Editorial Iberoamericano. México. 589 pp. 1991.
15. **Sánchez, H. D.; Osella, C. A.; De la Torre, M. A.** *Use of Response Surface Methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk*. Instituto de Tecnología de Alimentos, Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina. p. 5–9. 2004.
16. **Milde, L.; González, K.; Valle Urbina, C.; Rybak, A.** *Pan de Fécula de Mandioca con Leche. Comportamiento Físico al adicionar un emulsionante*. Revista de Ciencia y Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Química y Naturales. Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Misiones, Argentina. Aprobado, en Prensa. 2008.
17. **Gallagher, E.; Gormley, T.; Arendt, E.** *Crust and crumb characteristics of gluten free breads*. Journal Food Eng. Volumen 56, p. 153–161. 2003.
18. **Calderón, G.; Jiménez, E. y Farrera, R.** *Efecto de la Adición de Diferentes Niveles de Ingredientes sobre la Calidad en Pan Dulce (bizcocho)*. Información Tecnológica. 6:1. p. 57–63. 1995.

Recibido: 21/11/08.

Aprobado: 27/07/09.

• Laura Beatriz Milde¹

Bioquímica. Magister en Tecnología de los Alimentos basado en la formulación y análisis físicos de panes con fécula de mandioca. Es Profesor Regular de la Cátedra Química Biológica (Bioquímica y Farmacia) de la Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales–UNaM.

• Carolina Valle Urbina²

Ingeniera Química, Becaria del programa del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Provincia de Misiones desde el año 2007.

• Alexis Moisés Rybak¹

Alumno de 3er. año de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2004 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Ha presentado trabajos en Congresos y Jornadas. Es Auxiliar de Segunda en la Cátedra Química Biológica (Bioquímica y Farmacia).

• Karina Grissel González¹

Alumna de 3er. año de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2003 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Posee numerosas presentaciones orales y escritas en Congresos y Jornadas.

• Carlos Héctor Oliveira¹

Es alumno avanzado de la Carrera de Bioquímica. Se desempeña como Investigador Auxiliar desde el año 2003 en diferentes proyectos relacionados con desarrollo tecnológico dentro del tema de alimentos para celíacos. Ha presentado trabajos en Congresos y Jornadas.

1– Cátedra de Química Biológica Bioquímica y Farmacia, Departamento Química. Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. UNaM. Misiones, Argentina. (lauramilde@hotmail.com).

2– Becaria del Comité Ejecutivo de Desarrollo e Innovación Tecnológica (CEDIT), Provincia de Misiones.

Rev. Cienc. Tecnol.
Año 11 / N° 11 / 2009 / 59–65

COMPORTAMIENTO DE BARRO DE FÁBRICA DE GELATINA USADO COMO ABONO ORGÁNICO

Ester Ruda, Ester Ocampo, Adriana Mongiello, Adriana Acosta, Graciela Olmos, Liliana Contini

BEHAVIOR OF SLUDGE OF JELLY FACTORY USED AS ORGANIC FERTILIZER

ABSTRACT

The objectives of this study were to characterize the sludge generated in the aerobic effluent treatment plant of gelatin and to study its behavior as organic fertilizer through its implementation in an experimental field, at different doses, compared with a commercial fertilizer (worm's humus). In the sludge, Apparent density, Real density, pH, Electrical conductivity, Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Calcium, Magnesium, Potassium and Heavy metals were analyzed. In soil: Water equivalent, Electrical conductivity, Apparent density, pH, Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Calcium, Magnesium, Sodium, Potassium and Cation exchange capacity were analyzed. Sludge is produced with a chemical composition considered as "stable" for this type of material. Its developments in the soil is consistent with its use as organic fertilizer for progressive delivery of nutrients.

KEY WORDS: industrial sludge, organic fertilizer.

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio fueron caracterizar el barro aeróbico generado en el tratamiento de efluentes de una fábrica de gelatina y estudiar el comportamiento del mismo como abono orgánico a través de su aplicación en un campo experimental, a diferentes dosis, comparándolo con un abono comercial (humus de lombriz). En el barro se analizó: Densidad aparente, Densidad real, pH, Conductividad eléctrica, Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio, Potasio y metales pesados. Se realizaron experiencias a campo analizándose en el suelo: Agua equivalente, Conductividad eléctrica, Densidad aparente, pH, Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio intercambiables y Capacidad de Intercambio Catiónico. Se considera que el barro se produce con una composición química "estable" para este tipo de materiales, siendo su evolución en el suelo compatible con su utilización como abono orgánico de entrega lenta y continua de nutrientes.

PALABRAS CLAVE: barro industrial, enmienda orgánica.

INTRODUCCIÓN

En estos últimos años la gestión sustentable de los barros ha adquirido una destacada importancia a escala mundial en general y nacional en particular. La utilización de los mismos como abono se debe a que incorporan al suelo una fracción orgánica de gran utilidad. El color oscuro que aportan hace que se absorban mejor los rayos infrarrojos, calentando el suelo y favoreciendo con ello la germinación de las semillas y la actividad microbiana [1]. En cuanto al suelo se incrementa la capacidad de intercambio catiónico, evitando así pérdidas por lixiviación de algunos nutrientes, se aumenta la porosidad, la estabilidad estructural y la capacidad de retención hídrica ya que por efecto de cobertura o mulch se protege al suelo de la evapotranspiración excesiva [2]. La calidad de la materia orgánica aportada depende de los materiales de origen y del grado de estabilización. El humus contribuye a mejorar la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes y a controlar la erosión, comportamiento similar al de los abonos

orgánicos de baja relación C/N [3, 4]. El barro aquí estudiado, que actualmente es un residuo, contiene una importante fracción orgánica, por lo que puede transformarse en un producto que contribuya en el proceso de recuperación de la pérdida de materia orgánica y de nutrientes de aquellos suelos sometidos a severas condiciones edafoclimáticas o explotación excesiva por parte del hombre. Para decidir acerca de la posible utilización del barro como mejorador de la fertilidad del suelo, es necesario hacer su caracterización precisa y determinar fundamentalmente, dentro de los elementos potencialmente tóxicos (EPT), a los metales pesados, los cuales podrían restringir severamente su uso [5].

Los objetivos del presente estudio fueron: caracterizar el barro aeróbico proveniente de una fábrica de gelatina a partir de cuero vacuno y generado en el tratamiento de efluentes y estudiar el comportamiento del mismo como abono orgánico a través de su aplicación en un campo experimental, a diferentes dosis y comparándolo con un abono comercial (humus de lombriz).

MATERIALES Y MÉTODOS

Barro

Durante el transcurso del año 2005 se analizaron muestras de barro aeróbico de una planta de tratamiento de efluentes de una fábrica de gelatina, realizándose 6 tandas de ensayos cada dos meses (febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre) y en cada tanda se tomaron 4 muestras de barro (una por semana). Se decidió este plan de trabajo con el fin de que el material muestreado esté expuesto a distintas condiciones climáticas de la región, cubriéndose todas las estaciones del año. Los análisis (quintuplicado para cada muestra) fueron: Densidad aparente (dap), en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Método de la Probeta), Densidad real (dr) en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Método del Picnómetro), % Porosidad = $100 \times (\text{dr} - \text{dap}) / \text{dr}$, pH 1:2,5 suelo/agua (Método Electrométrico), Conductividad eléctrica (CE) en dS/m a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, en Pasta de Saturación (Método Conductimétrico), Carbono (C) en % (Método Walckley y Black), Nitrógeno (N) en % (Método Kjeldahl), Fósforo (P) en % (Método colorimétrico del Azul de Molibdeno), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) en % (Método titulométrico, extracción con acetato de amonio) y Potasio (K) en % (Fotometría de llama, extracción con acetato de amonio).

Considerando que la presencia de metales pesados podría restringir el uso de este material, se analizaron por el método de espectrometría de absorción atómica de llama: Cadmio, Plomo, Zinc, Cobre, Níquel y Cromo. El Mercurio se analizó por espectrofotometría de absorción atómica con inyección de flujo y vapor frío.

Se realizó el análisis exploratorio de cada variable observada, informándose como medida de tendencia central la media (\bar{x}), y como medidas de la variabilidad el rango (Min-Max) y la desviación estándar (S). En la comparación de las medias de tratamiento se usó un ANDEVA unifactorial. Se verificaron los supuestos requeridos para esta prueba mediante la prueba de bondad de ajuste a la distribución normal de Kolmogorov-Smirnoff con corrección de Lilliefors y para la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene. Se estimaron las medias de cada variable analizada utilizando intervalos de confianza del 95 % y se adoptó un nivel de significancia en las pruebas de ajuste de $\alpha = 0,01$ [6, 7].

Humus de lombriz

El producto utilizado se vende comúnmente en el mercado, con las siguientes características: pH: 6,8; % Ca: 8,5; % C: 11,6; % N: 0,993; C/N: 11,7 y CE: 2,6 (dS/m a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Suelo

Durante los años 2006 y 2007 se realizaron experiencias a campo para estudiar el comportamiento de los barros como fertilizante orgánico. Un sector de 800 m^2 , fue dividido en 4 parcelas de igual tamaño (S, B, C y H), a S no se le agregó producto alguno, a B se le agregó $3,13\text{ Kg}$ de barro. m^{-2} , a C se le agregó $7,34\text{ Kg}$ de barro. m^{-2} , y a H se le agregó $1,60\text{ kg}$ de humus de lombriz. m^{-2} mediante una estiercolera, con posterior rastrillado. Luego de una semana, en estas 4 parcelas se tomaron muestras para analizar el suelo a tiempo cero (S_0, B_0, C_0 y H_0), a los 6 meses (S_1, B_1, C_1 y H_1) y a los 12 meses (S_2, B_2, C_2 y H_2).

Se realizaron los siguientes análisis (quintuplicado para cada muestra): Agua equivalente (He) en % (Método de extracción por Bomba de Vacío), CE en dS/m a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Salinómetro), dap en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Método de la Probeta), pH 1:2,5 (Método Electrométrico), % C (Método Walckley y Black), % N (Método Kjeldahl), P en ppm (Método colorimétrico del Azul de Molibdeno), Ca en $\text{cmol}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de suelo, Mg en $\text{cmol}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de suelo y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en $\text{cmol}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de suelo (Método titulométrico, extracción con acetato de amonio), K en $\text{cmol}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de suelo y Sodio (Na) en $\text{cmol}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de suelo (Fotometría de llama, extracción con acetato de amonio).

Para el tratamiento estadístico se calcularon los promedios de cada variable analizada y se las graficó en función del tiempo. Debido al pequeño número de muestras, para las comparaciones de medias se usaron las pruebas no paramétricas o a libre distribución de Kruskal-Wallis y de Mann-Whitney según correspondiera. La significancia adoptada fue $\alpha = 0,01$. [6, 8].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Barro

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las medidas estadísticas correspondientes a todas las variables analizadas.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables analizadas en el barro.

Variable	\bar{x}	S	Min-Max
Carbono (C), %	23,68	5,940	15,16 - 32,08
Nitrógeno (N), %	7,830	0,660	6,200 - 8,980
pH	7,360	0,050	7,200 - 7,460
Densidad aparente (dap), g/cm^3	0,722	0,043	0,653 - 0,792
Densidad real (dr), g/cm^3	1,760	0,170	1,260 - 1,990
Porosidad, %	50,65	2,948	45,62 - 55,93
Potasio (K), %	0,242	0,047	0,119 - 0,297
Fósforo (P), %	1,290	0,147	1,000 - 1,540
Calcio (Ca), %	1,840	0,230	1,440 - 2,310
Magnesio (Mg), %	0,364	0,006	0,350 - 0,380
Conductividad eléctrica (dS/m a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$)	3,509	0,149	3,244 - 3,741

\bar{x} : Promedio; S: desviación estándar; Min-Max: valor mínimo - valor máximo observado.

Se indagó si la producción del barro presentaba algún patrón que pudiera estar indicando modificaciones sistemáticas en la composición del mismo ya que las muestras se tomaron en momentos diferentes en un período de un año. Por tal motivo se investigó si el comportamiento medio de las variables podría estar influenciado por el momento del año en el que se muestreó. Con el fin de corroborar lo anterior se realizó un ANDEVA unifactorial para cada caso y se encontró que sólo hay diferencias estadísticamente significativas en los promedios por tanda de muestreo (mes) para C, K y dr, ($p \leq 0,033$); pudiéndose considerar que no hay diferencias estadísticamente significativas en los contenidos promedio entre las tandas de muestreo en la mayoría de las variables. La variabilidad en C, K y dr es la esperada para este tipo de materiales, provenientes del procesamiento de materias primas de origen biológico, por la heterogeneidad propia de esta clase de residuos [9]. Se calculó para cada una de las variables analizadas el intervalo de confianza del 95 % para la media (Tabla 2), basándose éste en la distribución asintótica de la media muestral garantizada por el teorema del límite central dado el tamaño de la muestra ($n = 120$) [6].

Tabla 2. Intervalos de confianza del 95% para la media de las variables.

Variable	I.C 95%
%C	22,61 - 24,62
%N	7,710 - 7,950
pH	7,340 - 7,370
dap, g/cm ³	0,710 - 0,730
dr, g/cm ³	1,730 - 1,790
Porosidad %	50,11 - 51,18
%K	0,234 - 0,251
%P	1,263 - 1,317
%Ca	1,800 - 1,880
%Mg	0,363 - 0,365
CE, dS/m a 25 oC	3,483 - 3,536

IC 95%: intervalo de confianza del 95% para la media poblacional.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de las medidas estadísticas correspondientes a los metales pesados y los valores límites permitidos por la Res. 97/01 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

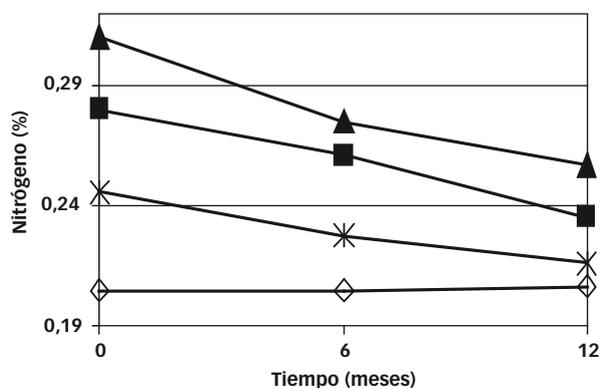


FIGURA 1. Evolución del N en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \ast H (1,60 Kg Humus/m²).

Tabla 3. Estadísticos descriptivos de los metales pesados analizados (mg/kg) en el barro y su correspondiente valor límite permitido

Variable	\bar{x}	S	Min-Max	Valor límite permitido
Cadmio	No detectado	-	-	20-40
Plomo	18,66	2,217	17-22	750-1200
Zinc	213,3	9,849	204-222	2500-4000
Cobre	40,71	2,062	38-43	1000-1750
Niquel	110,6	6,994	103-120	300-400
Cromo	405,8	15,68	385-418	1000-1500
Mercurio	1,529	0,403	1,0-1,9	16-25

\bar{x} : Promedio; S: desviación estándar; Min-Max: valor mínimo - valor máximo observado.

La movilidad y la biodisponibilidad de los metales pesados dependen fundamentalmente de ciertas propiedades del suelo: pH, Textura y Capacidad de Intercambio Catiónico [10]. Cuando el barro posee elevadas proporciones de material fácilmente degradable por los microorganismos edáficos, se originan compuestos de carbono soluble capaces de formar complejos estables con los elementos traza [11]. Estos complejos aumentan la concentración de los EPT en la solución del suelo, incrementando su movilidad y de allí la peligrosidad de los mismos. Por otro lado el aumento de materia orgánica y arcilla provocan su retención e inmovilización por un mecanismo de adsorción superficial [12]. La relación C/N del barro estudiado (3,02) sugiere una descomposición lenta del mismo, por lo que no existe el peligro de formación de compuestos estables con los metales pesados.

Comportamiento del barro en el suelo

En las Figuras 1 y 2 se muestra la evolución del N y del C en el tiempo.

El % N disminuyó para los dos niveles de agregado de barro y para el humus de lombriz. Teniendo en cuenta que la relación C/N es baja (por debajo de 10) habrá mineralización de N (pérdida de N bajo la forma de amoníaco) y humificación gradual de la materia orgánica, sugiriendo que este barro es un fertilizante de entrega lenta de N.

La aplicación a la parcela B de 3,13 Kg de barro.m⁻²,

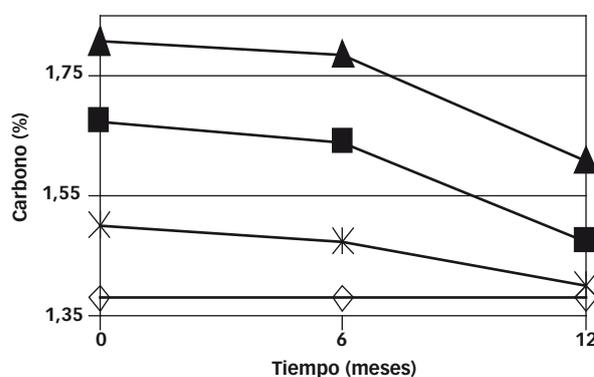


FIGURA 2. Evolución del C en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \ast H (1,60 Kg Humus/m²).

a la C de 7,34 Kg de barro.m⁻², y a la H de 1,60 Kg de humus de lombriz.m⁻², incrementó los niveles iniciales de Carbono. Los controles realizados a los 6 meses y al año mostraron que el Carbono disminuyó 67 % en la parcela B, 47 % en la parcela C y 82 % en la parcela H, lo que indicaría la existencia de compuestos orgánicos menos degradables en el barro que en el humus de lombriz.

Una importante proporción de C permaneció en formas aparentemente no disponibles para los microorganismos edáficos, en concordancia con Alvarez *et al.* [13].

Teniendo en cuenta la baja relación C/N del producto (por debajo de 10), habrá mineralización de N y humificación gradual de la materia orgánica, por lo que este barro puede caracterizarse como un fertilizante de entrega lenta de N.

En las Figuras 3 y 4 se muestra la evolución del pH y de la CE en el tiempo.

La incorporación de ambas dosis de barro originó una marcada disminución inicial en el pH del suelo, para luego aumentar a los 6 meses y al año. Esto posiblemente se deba a una lenta solubilización de los compuestos alcalinos que contiene el barro. No ocurrió lo mismo con el humus de lombriz donde no hubo grandes modificaciones de pH a lo

largo del tiempo. Para el caso de la mayor dosis de barro, el pH aumenta hasta cerca de la neutralidad, siendo el mismo favorable para el crecimiento de la mayoría de las plantas. Además, dicho pH posibilitaría disminuir en el suelo la disponibilidad de metales pesados por pasar éstos a formas más insolubles a pH menos ácidos.

La cantidad de materia orgánica aplicada como enmienda es uno de los factores de mayor importancia en la salinización del suelo [14]. En el barro es aceptable una CE total entre 2 y 3 dS/m a 25 °C ya que un incremento de la misma se traduce en un aumento de la presión osmótica de la disolución disponible en el entorno radical, lo que dificultaría la absorción de agua por parte de la planta [15]. Es conocido que la aplicación de enmiendas orgánicas suele producir un incremento de CE por la mineralización de la materia orgánica [16]. En esta experiencia se notó un claro aumento inicial de la CE, significativamente mayor cuanto mayor fue la dosis de barro aplicada, para luego disminuir hacia el final para todos los casos, datos coincidentes con los reportados por Arrigo *et al* [17], no habiendo peligro de salinización.

En las Figuras 5 y 6 se muestra la evolución de la dap

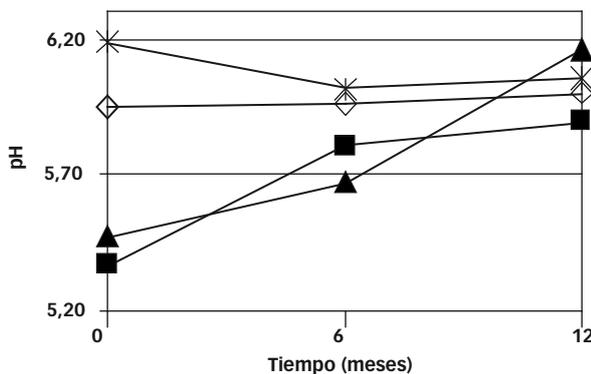


FIGURA 3. Evolución del pH en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: —◇— S (Testigo), —■— B (3,13 Kg Barro/m²), —▲— C (7,34 Kg Barro/m²), —*— H (1,60 Kg Humus/m²).

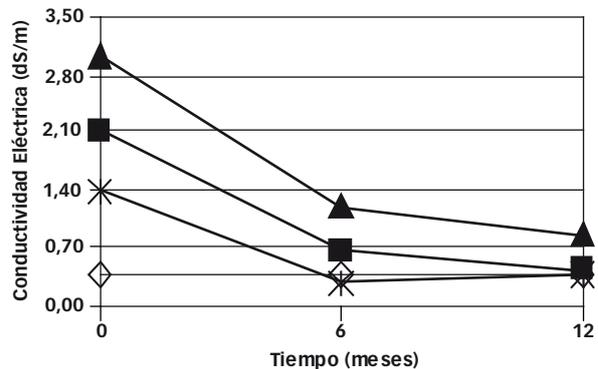


FIGURA 4. Evolución de la CE en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: —◇— S (Testigo), —■— B (3,13 Kg Barro/m²), —▲— C (7,34 Kg Barro/m²), —*— H (1,60 Kg Humus/m²).

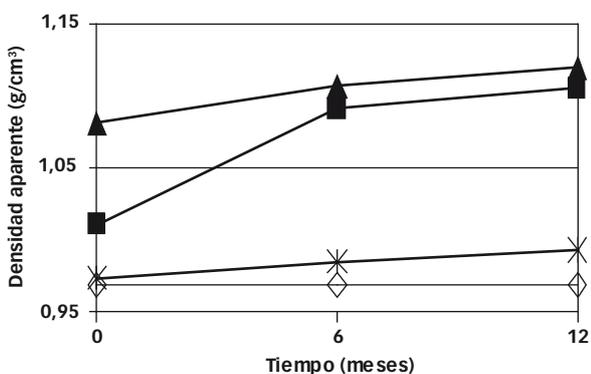


FIGURA 5. Evolución de la dap en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: —◇— S (Testigo), —■— B (3,13 Kg Barro/m²), —▲— C (7,34 Kg Barro/m²), —*— H (1,60 Kg Humus/m²).

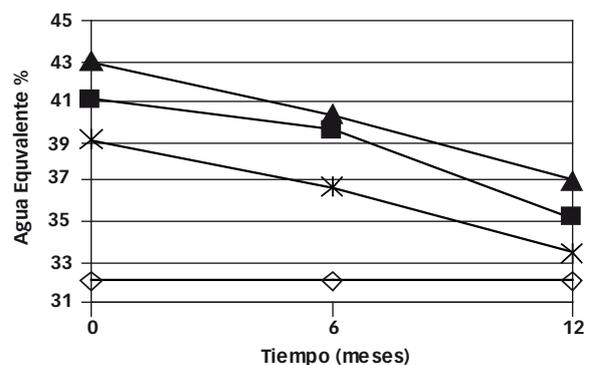


FIGURA 6. Evolución del He en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: —◇— S (Testigo), —■— B (3,13 Kg Barro/m²), —▲— C (7,34 Kg Barro/m²), —*— H (1,60 Kg Humus/m²).

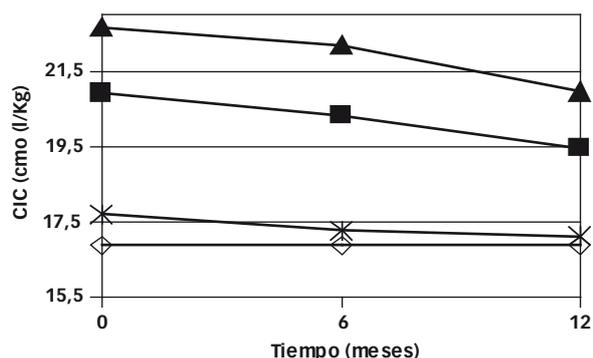


FIGURA 7. Evolución de la CIC en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \times H (1,60 Kg Humus/m²).

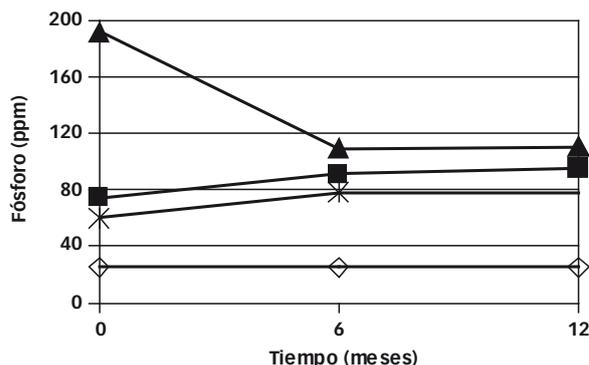


FIGURA 8. Evolución del P en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \times H (1,60 Kg Humus/m²).

y del He en el tiempo.

La dap aumenta para las dos dosis de barro y no hay una variación significativa en el tiempo con el agregado de humus de lombriz ya que éste es evidentemente un producto más estable. El aumento de densidad aparente del suelo se explica por los menores contenidos de materia orgánica al transcurrir el tiempo [18].

La cantidad de agua disponible para la planta es una variable fundamental para el rendimiento de los cultivos, por lo que es muy importante su conservación en el suelo [19]. Con ambas dosis de barro agregado se produce inicialmente un incremento de materia orgánica y dada la afinidad de la materia orgánica con el agua, aumenta la retención de agua (Figura 6) al aumentar el C orgánico (Figura 2).

Esto se evidencia a través de un incremento inicial en la retención del agua (% He) tanto para los dos niveles de barro como para el humus de lombriz, para luego disminuir en todos los casos al transcurrir el año. La disminución de la humedad equivalente en dicho período fue entre un 37 y 40 % para las dos dosis de barro y 86 % para el humus de lombriz.

Debido a la alta Porosidad (46 % - 56 %) del barro, aumenta la Densidad aparente del suelo, lo cual favorecería la penetración de agua y aire, estimulándose el crecimiento del sistema radicular de las plantas y la actividad microbológica.

En las Figuras 7 y 8 se muestra la evolución de la CIC y de P en el tiempo.

La CIC a tiempo cero aumenta significativamente para los dos niveles de agregado de barro y para el humus de lombriz para luego disminuir a lo largo del año entre un 30 y 36 % para los dos primeros y un 71 % para el último lo que guarda relación con la pérdida de carbono que se muestra en la Figura 2.

La mineralización de P orgánico presente en el barro se produce gracias a un grupo de enzimas conocidas como fosfatasas que catalizan la hidrólisis de ésteres y de anhídridos de ácido fosfórico [20]. Las fosfatasas ácidas se encuentran en suelos ácidos, mientras que las alcalinas predominan

en suelos de pH básico [21]. Uno de los mecanismos de retención de P en los suelos indica que los iones fosfato se adsorben sobre la superficie de los óxidos e hidróxidos de Al y/o Fe por intercambio con grupos OH y/o OH₂⁺ sobre la superficie del mineral, existiendo una competencia por los sitios de adsorción con la materia orgánica. Al disminuir la misma a lo largo del año, se incrementa la retención de fósforo, existiendo un límite cuyo factor determinante es la capacidad reactiva del suelo [22]. En el presente estudio se observa un considerable aporte inicial de fósforo por parte del barro con relación al testigo y una mineralización significativa a lo largo del año para B y H. Para B a igual que para H se observa un aumento de P en el tiempo compatible con la disminución de materia orgánica en ese período; en cambio para C hay una significativa disminución a los 6 meses, lo cual se atribuye a una saturación de los sitios de adsorción de P.

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se muestran las evoluciones de las bases de cambio en el tiempo.

La entrega de Calcio aumenta para B y H a los 6 meses y luego disminuye hacia el final; en cambio para C disminuye bruscamente hacia los 6 meses y luego se mantiene estable. El comportamiento del Magnesio es similar al del Ca en la parcela C, en cambio aumenta en la parcela B. En el caso de la parcela H disminuye bruscamente hacia los 6 meses y luego aumenta levemente hacia el final del ensayo. Para Potasio la entrega es variable; aumenta para C y H a los 6 meses y luego disminuye hacia el final del ensayo; en cambio disminuye para B a lo largo de todo el año. Con respecto al Sodio la tendencia es la disminución en todos los casos.

Las evoluciones de los cationes de cambio dependen de varios factores (temperatura, aerobiosis, pH, tipo de suelo y actividad microbológica) que afectan la liberación de nutrientes y pueden ocasionar un comportamiento errático [23] concordante con el que se observa en el presente estudio. Se observa un incremento en la oferta de Ca, Mg y K respecto del testigo, salvo el K en el tratamiento B. Los cationes de cambio le confieren a este barro un marcado

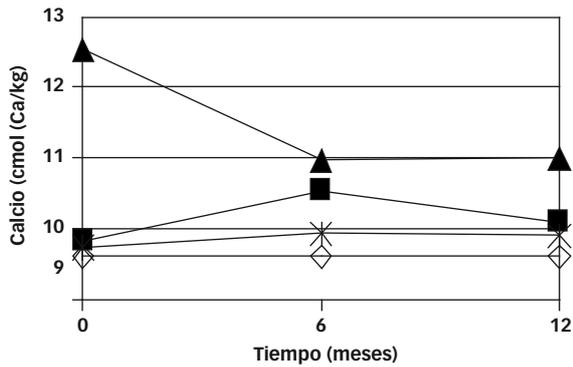


FIGURA 9. Evolución de Ca en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \ast H (1,60 Kg Humus/m²).

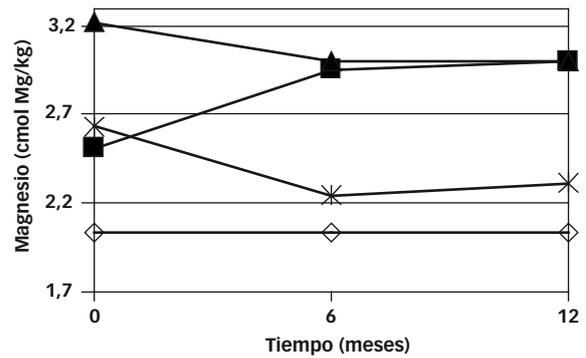


FIGURA 10. Evolución de Mg en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \ast H (1,60 Kg Humus/m²).

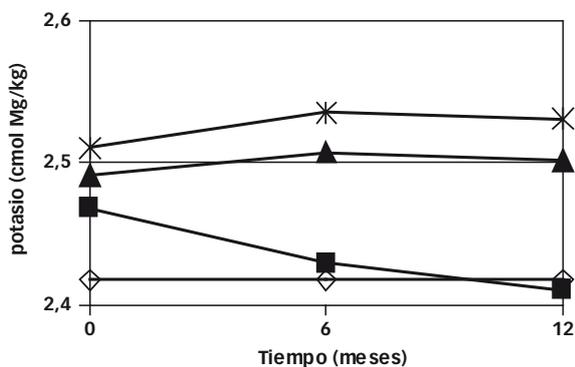


FIGURA 11. Evolución de K en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \ast H (1,60 Kg Humus/m²).

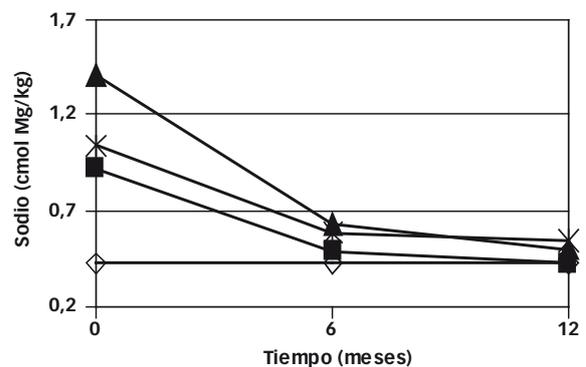


FIGURA 12. Evolución de Na en el tiempo según tipo de enmienda. Referencias: \diamond S (Testigo), \blacksquare B (3,13 Kg Barro/m²), \blacktriangle C (7,34 Kg Barro/m²), \ast H (1,60 Kg Humus/m²).

poder tampón, independientemente de su errática evolución en el tiempo.

CONCLUSIONES

El agregado de enmiendas orgánicas al suelo modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, aumentando la capacidad de retención de agua y su densidad aparente, manteniendo el pH y entregando nutrientes en forma lenta pero continua.

El barro estudiado posee una importante cantidad de materia orgánica (26–55 %) por lo que el aporte que realiza al suelo permite mejorar de inmediato su humedad equivalente, dado que aumenta la capacidad inicial de retención de agua del suelo.

El barro analizado cumple con las disposiciones establecidas por la Resolución 97/01 de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Además, la Resolución 244/90 complementaria de la Ley Argentina 20466/73 de aplicación de fertilizantes y de enmiendas orgánicas, establece que la relación C/N no debe ser mayor a 20 para este tipo de materiales y el barro aquí estudiado también cumple con este requisito.

Por todo lo anterior, se concluye que el barro analizado, que se produce con una composición química estable acorde con los límites aceptados para este tipo de material, es apto para su utilización como fertilizante orgánico de liberación lenta, cuya entrega progresiva de nutrientes permitiría su mejor aprovechamiento por el cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Power, J.; Dorán, J.; Wilhelm, W. *Uptake of nitrogen from soil fertilizer, and crop residues by no-till corn and soil-bean*. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50: p. 137–142. 1995.
2. McCoy, S.; Cogburn, B. *Composting manure for value-added products*. BioCycle (Eds.), The JG Press, Inc., Emmaus, PE, USA. p. 71–72. 2001.
3. Brown, S.; Chaney, R. L. *Combining by-products to achieve specific soil amendment objectives*. En: Bartels J. M. y W. A Dick (Eds.). *Land Application of Agricultural, Industrial, and Municipal By-Products*. SSSA Book Series N° 6, Madison, WI. USA. p. 343–360. 2000.
4. Cooperband, L. *Sustainable use of by-products in land management*. En: Bartels J. M. y W. A Dick (Eds.). *Land Application of Agricultural, Industrial, and Municipal By-*

- Products*. SSSA Book Series N° 6, Madison, WI. USA. p. 215–235. 2000.
5. **Smith, S.** *Agricultural recycling of sewage sludge and the environment*. CAB International, Wallingford, UK. p. 382. 1996.
6. **Walpole, R.; Myers, R.; Myers, S.; Ye, K.** Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias 8^{va} ed. Pearson Educación, México. 2007.
7. **Ferrán Aranaz, M.** *SPSS para Windows. Análisis Estadístico*. McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.U. Madrid. 2001.
8. **Ho, R.** *Handbook Of Univariate And Multivariate Data Analysis And Interpretation With SPSS*. Chapman & Hall/CRC. Taylor & Francis Group. Boca Ratón. 2006.
9. Asociación Nacional de Lombricultura (ANL). Boletín ANL. Lima. Perú. 1999.
10. **Paré, T.; Dinel, H.; Schnitzer, M.** *Extractability of trace metals during co-composting of biosolids and municipal solid wastes*. Biol. Fertil. Soils. 29: p. 31–37. 1999.
11. **McBride, M.; Richards, B.; Steenhuis, T.; Russo, J.; Sauvé, S.** *Mobility and solubility of toxic metals and nutrients in soil fifteen years after sludge applications*. Soil Sci. 162: p. 487–500. 1997.
12. **Madrid, L.** *Metal retention and mobility as influenced by some organic residues added to soils: A case study*. En: *Fate and transport of heavy metals in the vadose zone*. Lewis Publishers, Boca Ratón, Fl. p. 201–223. 1999.
13. **Alvarez R.; Alconada M.; Lavado R.** *Sewage sludge effects on carbon dioxide-carbon production from a desurfaced soil*. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30: p. 1861–1866. 1999.
14. **Sasal, C.; Andriulo, A.; Ulle, J.; Abrego, F.; Bueno, M.** *Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas en sistemas reproducción hortícola del centro norte de la región pampeana húmeda*. Ciencia del Suelo 18: p. 95–104. 2000.
15. **Alarcón Vera, A.** *Fundamentos teóricos de la conductividad eléctrica*. Revista de frutas, hortalizas, flores, plantas ornamentales y de viveros N° 128. p. 97–98. 1998.
16. **Logan, T.; Lindsay, B.; Goina, L.; Ryan, J.** *Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response*. J. Environ. Qual. 26: p. 534–550. 1997.
17. **Arrigo, N.; Jiménez, M.; Palma, R.; Benito, M.; Tortarolo, M.** *Residuos de poda compostados y sin comportar: uso potencial como enmienda orgánica en suelo*. Ciencia del Suelo 23(1) p. 87–92. 2005.
18. **Díaz Zorita, M.; Barraco, M.; Alvarez, C.** *Efectos de doce años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina*. Ciencia del Suelo 22: p. 11–18. 2004.
19. **Unger, P. W.** *Conservation tillage systems*. Adv. Soil Sci. 13: p. 27–68. 1990.
20. **Nahas, E.; Centurion, J. F.; Assis, L. C.** *Efeito das características químicas dos solos sobre os microorganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases*. R Bras Ci Solo, Campinas 18: p. 49–53. 1994.
21. **Tabatabai, M. A.** *Soil enzymes. Methods of soil Analysis, Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. Ed. A. Klute. Second Edition. SSSA, Madison, p. 788–826. 1994.
22. **Tisdale, S.; Nelson, W. L.; Beaton, J. D.; Havlin, J. L.** *Soil fertility and fertilizers*. MacMillan Publ. Co. p. 634. 1993.
23. **Ajwa, H. A.; Tabatabai, M. A.** *Descomposition of different organic materials in soils*. Biol. Fertil. Soils 18: p. 175–182. 1994.

Recibido: 17/02/2009.

Aceptado: 24/11/2009.

• Ruda Ester
Licenciada en Química, Magister en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Profesora Adjunta Universidad Nacional del Litoral, Categoría en el Sistema de Incentivos: 3.

• Ocampo Ester
Ingeniera Química, Magister en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Doctorado en Ing. Qca (falta tesis), Profesora Asociada UNL, Categoría 2.

• Mongiello Adriana
Licenciada en Química, Jefe de Trabajos Prácticos UNL, Cat. 4.

• Acosta Adriana
Licenciada y Profesora en Química, Ayudante de 1ra UNL, Cat. 4.

• Olmos Graciela
Maestra en Ingeniería Civil.
Licenciada en Química, Estudiante de Prof. en Qca, Pasante de investigación UNL.

• Contini Liliana
Ingeniera en Construcciones, Ingeniera Laboral, Especialista en Higiene y Seguridad Industrial, Master Scientieae en Biometria y Mejoramiento, Profesora Adjunta, Cat. 3.

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral, Santiago del Estero 2829, CP3000. Santa Fe, Argentina.

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 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.

III. NORMAS DE ELABORACIÓN DE ORIGINALES

Artículos

15) Los artículos completos deberán tener como máximo 6.000 palabras, 12 figuras y hasta 20 páginas. El CD

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.

podrá aceptar trabajos de mayor extensión en casos especiales. 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 ser-

virán 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 organismos 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:

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.

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.

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. Powell, 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 correlativamente 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: 80 palabras como máximo. 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. Correo electrónico.

Notas técnicas

38) La Nota Técnica es el formato recomendado de presentación de investigaciones originales en los siguientes casos: divulgación de nuevos métodos, comparación del funcionamiento de instrumentos o técnicas, y descripción

de los resultados experimentales de interés para la comunidad científica cuando no se pueden realizar investigaciones completas por alguna causa justificada. Deberán limitarse a 10 páginas o 3500 palabras, con no más de 4 figuras y tablas, y no más de 15 referencias, combinando resultados y discusión en una sola sección. El resto del formato será igual al de los artículos. Las Notas Técnicas son sometidas al mismo proceso riguroso de revisión por pares que los artículos. Serán publicadas al final de la revista.

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@fceqyn.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.

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

Articles

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. In all cases, Arial font 11, and sheet size A4 should be used, numbered

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.

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, mak-

ing 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 detailed⁴.

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 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 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.

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.

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.

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: In **no more than 80 words**. 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. Email.

Technical Notes

38) A Technical Note is the recommended format of submission for original research in the following cases: early disclosure of novel methods; comparison of performance of competing instruments or techniques; or description of experimental results of interest for the scientific community when a justified constraint preclude full research on the underlying causes of the observations. Manuscripts submitted as Technical Notes should be limited to 3500 words or 10 pages, with no more than 4 figures and tables, and not to exceed 15 references. Results and discussion should be combined into one section. The rest of the format will be similar to the articles. Technical Notes are subjected to the same rigorous peer review process as original research articles.

**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

**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 procedures²,
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- Nacionales: Disposición ANMAT 5330/97. Internacionales: Código de Núremberg, 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.

2- National: ANMAT 5330/97 file. International: Núremberg Code; Helsinki's declaration with modifications, Universal Declaration about Human Genome and Rights proved by UNESCO General Conference; on November 11th, 1997.