

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

No. 14 Enero - Junio 2018

Revista Tecnocientífica URU



Universidad Rafael Urdaneta

Revista Tecnocientífica URU

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

2018© Fondo Editorial Biblioteca Universidad Rafael Urdaneta
Facultad de Ingeniería
Maracaibo, Venezuela

Diseño y Maquetación: Lcda. Hosglas Sanchez

SE ACEPTAN CANJES

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta revista en cualquier forma, sin la autorización de los editores.



FONDO EDITORIAL BIBLIOTECA

Universidad **R**afael **U**rdaneta

Revista Tecnocientífica URU

ISSN: 2343 - 6360 / Depósito legal: ppi 201402ZU4464

Comité Editorial

Profesor Jubert Pérez
Profesor Sergio de Pool
Profesos Edixon Gutiérrez
Profesora Jhanna Brieva

Profesor Luis Rojas
Profesora Russet Riquelme
Profesor Cezar García
Profesora Jenny Márquez

Profesor Alfredo Villalobos
Editor – Jefe

Br. Unarlis Martínez
Asistente Editorial

Comité de Asesores

MSc. Oscar Urdaneta (Venezuela)
Dr. Shyam Kalla (India)
Dr. Cezar García (Venezuela)
Dr. José Sarabia (Venezuela)
Dr. José Rincón (Venezuela)
MSc. Zulay Mármol (Venezuela)
Dra. Cateryna Aiello (Venezuela)
Dra. Elba Michelena (Panamá)
Dr. Rafael Aracil (España)
MSc. Salvador Conde (Venezuela)
Dr. Ever Morales (Ecuador)
Dra. Nola Fernández (Venezuela)
Dr. Helí Lugo (Venezuela)
Dr. Ras Patnaik (Estados Unidos)
Dr. Gerardo Aldana (Venezuela)
Dra. Susana Salinas (Estados Unidos)
MSc. Lenin Herrera (Venezuela)
Dra. Laugeny Díaz (Venezuela)

Dra. Anali Machado (Canadá)
MSc. Ramón Cadenas (Venezuela)
Dr. Maulio Rodríguez (Venezuela)
Dr. Katsuyuki Nishimoto (Japón)
Dr. Jorge Sánchez (Venezuela)
Dra. Yaxcelys Caldera (Venezuela)
Dra. Oladis de Rincón (Venezuela)
Dr. Nelson Márquez (Venezuela)
Dr. Ramón Cova (Canadá)
Dr. Mourad E.H. Ismail (Estados Unidos)
Dra. Marinela Colina (Venezuela)
Dr. Freddy Isambert (Venezuela)
Dr. Miguel Sánchez (Venezuela)
Dr. Jorge Barrientos (Venezuela)
Dr. Ernesto Cornieles (Venezuela)
MSc. Augusto Galo (Venezuela)
MSc. Nerio Villalobos (Venezuela)

Revista Tecnocientífica URU es un instrumento de divulgación científica adscrito a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. Es una revista arbitrada con periodicidad semestral, contentiva de artículos científicos originales no publicados en las áreas de Ingeniería y Arquitectura y otras disciplinas directamente relacionadas con éstas, de autoría individual o colectiva, que cumplan con las normas de publicación.

La correspondencia debe ser enviada a: Editor Jefe, ***Revista Tecnocientífica URU***.

Dirección: Universidad Rafael Urdaneta, Av. 2 c/Calle 86, entrada Sur del Parque Vereda del Lago, Maracaibo, Venezuela.

Teléf. (58) (261) - 2000887, Fax (58)(261) 2000868. Correo electrónico: revistatecnocientificauru@gmail.com

La Revista Tecnocientífica URU está indizada en el Índice y Biblioteca Electrónica de Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología REVENCYT (Código RVR-070)

Universidad Rafael Urdaneta

Dr. Jesús Esparza Bracho, Rector
Ing. Maulio Rodríguez, Vicerrector Académico
Ing. Salvador Conde, Secretario

Ing. Oscar Urdaneta
Decano de la Facultad de Ingeniería

Ing. Rómulo Rincón
Decano (E) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Ing. Jubert Pérez Zabala
Director de la Escuela de Ingeniería en Computación

Ing. Nancy Urdaneta
Directora de la Escuela de Ingeniería Civil

Ing. Arnaldo Largo
Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica

Ing. Nelson Molero
Director de la Escuela de Ingeniería Química

Ing. Ana Irene Rivas
Directora de la Escuela de Ingeniería Industrial

Ing. Carlos Belinskif
Director de la Escuela de Ingeniería en Telecomunicaciones

Arq. Carlos Aguilar
Director de la Escuela de Arquitectura

Contenido

Presentación	9
Analizador sintáctico-semántico para la enseñanza de la programación de software. Syntactic-semantic analyzer for teaching software programming <i>Alfredo Díaz y Asdrúbal Granados</i>	11
Caracterización nutricional y perfil de aminoácidos en plantas de Moringa oleifera Lam. Como Alternativa de uso potencial en la alimentación animal. Nutritional characterization and amino acid profile in plants of Moringa oleifera Lam. As an alternative for potential use in animal feed. <i>Mariangela González, Oscalido Vargas y Jean Belandria</i>	19
Estructura matemática del modelo factores latentes fortalecidos. Mathematical structure of the model Latent Factors Strengthened. <i>Eddy Jackeline Rodríguez</i>	25
Efecto de diferentes adsorbentes sobre el contenido de minerales en el mosto y vino blanco. Effect of different adsorbents on the content of minerals in the grape juice and white wine. <i>Zulay Mármol, Verónica Berrueta, Félix Torrealba, Johanna Raga, Gisela Páez†, Karelen Araujo, Marisela Rincón</i>	37
El error humano en el diagrama cartesiano Human error in the cartesian diagram <i>José Ferrer Bastidas</i>	47
De la arena a la oblea de silicio. From the sand to the silicon wafer. <i>José R. Fermín</i>	57
Índice acumulado	65
Normas para la presentación de artículos	79
Guides for submitting articles	83

Presentación

Investigación y Sociedad

La Universidad genera por su origen y sentido serios compromisos ante el Estado, la Sociedad y la Ciencia; la complejidad de su esencia o naturaleza se expresa por la fuerza creadora y transformadora a través de sus investigaciones y enseñanzas. La búsqueda de todo esfuerzo universitario debe aproximarse al logro trascendental y original, porque la ciencia es universal; sin embargo no puede desconocerse la realidad socio-histórica de su entorno geográfico para el establecimiento de objetivos y estrategias. En efecto, la misma Ley de Universidades en su Artículo Segundo señala tal responsabilidad: “Las Universidades son instituciones al servicio de la Nación y a ellas corresponde colaborar en la orientación de la vida del país mediante su contribución doctrinaria en el esclarecimiento de los problemas nacionales”.

La libertad de cátedra, pensamiento y de investigación transmite al seno de la Universidad a la absoluta e ilimitada autonomía frente al método científico, inteligencia y dedicación de sus hombres para interpretar, descifrar y transformar la naturaleza y sus recursos renovables y no renovables, sin otros halagos que el reconocimiento institucional y el respeto de la comunidad intra y extra-universitaria. El Santo Padre Juan Pablo II hizo una advertencia sobre la penetración del pragmatismo mercantilista en el planteamiento visionario de los hombres de ciencia entre la mega tendencia de la universalidad de los mercados: “El hombre vive de ciencia, de búsqueda de la verdad sobre si mismo y sobre el mundo que lo circunda, por eso se debe proteger la cultura que hoy, en el sistema del libre mercado, está amenazada por el utilitarismo y la ganancia”.

La orientación y fijación de prioridades por parte de los entes y organismos financiadores de investigaciones, privilegiando en ocasiones la aplicada sobre la básica o la experimental sobre la teórica podría conducir ciertamente a los extremos de la exagerada tendencia del localismo o la exploración de los espacios estériles. La práctica de los países industrializados descansa sobre el criterio de la ganancia económica para todos los sectores de la vida, incluyendo la Cultura y la Ciencia. Al respecto el Santo Padre Juan Pablo II señaló: “La experiencia enseña que en relación a la Ciencia la aplicación unilateral de este criterio es miope y dañina. Se daña no solo a la Ciencia y la Cultura, sino en primer lugar y sobre todo al Hombre. El Hombre no es solo creador de cultura sino que vive de la cultura a través de la cultura”.

El Estado Venezolano no propicia el fortalecimiento de la comunidad científica: el aporte financiero del Estado al sector científico es insuficiente, sin correspondencia con lineamientos estratégicos de un programa de crecimiento económico-social y de reducción de la dependencia científico-tecnológica con los países industrializados. Por otra parte, el sector industrial no promueve ni financia investigaciones o desarrollos tecnológicos; las Universidades albergan mas del 90% del esfuerzo investigativo que se realiza en el país, contrariamente a la realidad científico-tecnológica de los países industrializados. La posición gubernamental u oficialista de los países del Tercer Mundo es considerar la educación superior como una carga y no como una inversión de desarrollo y futuro; frente al natural compromiso de las Universidades de generar y difundir conocimientos de sus núcleos de investigaciones en la escala universal, surge la orientación social de las investigaciones sobre la problemática y crisis del entorno regional y nacional.

Sostiene el Dr. Esparza Bracho – Rector de la URU: “La cuantificación y adecuado aporte e inversión de los recursos financieros para las actividades de investigación en las Universidades constituye esencialmente una política pública inherente a las funciones propias del Estado”, y en consecuencia “ las políticas de investigación de las Universidades debe apuntar hacia objetivos que trasciendan el juego de la oferta y la demanda”. La presente política del FONACIT de abrir nuevos espacios a la investigación con el objeto de lograr una mayor participación por parte de los diversos sectores sociales

y empezar con ello a desarrollar el país, asienta la asociación estratégica y moral entre los hombres de ciencia y comunidad. Así lo sentencia la declaratoria del FONACIT: “ La investigación no es cosa de investigadores nada mas, la investigación toca a todo el país y en ese orden el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) no se debe a los investigadores, se debe al país”.

El reto de nuestro desarrollo no es otro que la articulación entre Estado y Ciencia al servicio de la Nación, tal como lo asegura Carlos Fuentes en su Decálogo para el cambio en el próximo milenio: “Nuestras sociedades serán las del conocimiento, o no serán. Los problemas no serán resueltos sin una enorme inversión en educación, pues solo así se liberaran los talentos”.

PROFESOR CEZAR GARCIA

EDITOR – JEFE(E)

Analizador sintáctico-semántico para la enseñanza de la programación de software

Alfredo Díaz¹ y Asdrúbal Granados²

¹Ingeniero en Informática. Docente del Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”, Extensión COL-Cabimas

²Ingeniero en Sistemas, Egresado del Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”, Extensión COL-Cabimas.

Correo electrónico: asdrubalgranados@gmail.com y alfredojodp@hotmail.com

Recibido: 01-11-2016

Aceptado: 03-07-2018.

Resumen

La presente investigación, tiene como propósito, desarrollar un analizador sintáctico- semántico para la enseñanza de la programación de software para estudiantes de Ingeniería en Sistemas, con lo cual, se busca proveer una herramienta amistosa para el estudiante para que comprenda lo que ocurre en el proceso de compilación de un programa. La misma se sustenta en los aportes de Aho [1] Grune *et al.* [6] y Alfonseca *et al.* [2] .Se utilizó el entorno *NetBeans* y el lenguaje Java para su desarrollo. La investigación está sustentada en la modalidad documental de tipo tecnológica, tomando como unidad de análisis los softwares *inter-p* y *pseint*. Se obtuvo como resultado un analizador sintáctico-semántico con un preprocesador capaz de realizar la descomposición simbólica del código fuente. Se concluyó que se debe complementar la enseñanza de la programación con estrategias basadas en las TIC para que el estudiante comprenda los procesos que ocurren durante la compilación, con lo cual, se generará un aprendizaje más significativo.

Palabras Clave: Analizador léxico, sintáctico, semántico.

Syntactic-semantic analyzer for teaching software programming

Abstract

The purpose of this research is to develop a semantic-syntactic parser for teaching software programming for students of Systems Engineering, which is looking to provide a friendly tool for the student to understand what happens in the programs compiling process. It is based on contributions by Aho [1]Grune *et al.* [6] and Alfonseca *et al.* [2] . It was codified using the Java language and *NetBeans* environment. The research is classified as technological and documentary and the analysis units were the *inter-p* and *pseint* software. A syntactic-semantic analyzer was obtained and it is capable of performing the symbolic decomposition of the source code that is the previous step for the final compilation. It was concluded that it should complement the teaching strategies for the software-programming students to understand the processes that occur during compilation, in order to generate, a more meaningful learning.

Keywords: Semantic, syntactic, parser.

Introducción

La programación es una de las áreas fundamentales dentro de Ingeniería en Sistemas. De allí que las casas de estudio, han tratado de vincular dentro de sus diseños curriculares, asignaturas vinculadas al desarrollo de software con los distintos lenguajes de programación disponibles en el mercado. En ese sentido, los docentes, deben procurar el uso de herramientas y recursos que les permitan a los estudiantes, desarrollar sus capacidades en este ámbito, ya que le otorgará pertinencia al egresado dentro del campo laboral.

En ese sentido, de acuerdo a los postulados por Díaz y Serra [5] , aun cuando las instituciones de Educación Superior, ofertan carreras vinculadas a las TIC, la matrícula de estudiantes ha disminuido, ya que los mismos perciben con dificultad las tareas asociadas a la programación, lo cual, está relacionado

con las herramientas que complementan la enseñanza en el aula, ya que la documentación puede resultar extensa, ocasionando un desbalance entre la oferta y demanda de profesionales capacitados para el desarrollo de software en el país y esto contribuye al deterioro de la industria nacional del software.

De igual manera, las herramientas para la programación de software como Interfaces de Desarrollo Integrado (IDE) se componen básicamente de un compilador que se encarga de traducir el lenguaje formal de programación en un lenguaje máquina, sin evidenciar explícitamente lo que ocurre durante la conversión o traducción del programa fuente.

En ese orden de ideas, en el Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño” extensión Costa Oriental, sede Cabimas, se pudo apreciar que una cantidad considerable de estudiantes de la carrera de ingeniería de sistemas se muestran reacios con el aprendizaje de la programación de software, posiblemente debido a que algunas de las herramientas que son proporcionadas en la institución tienen cierto grado de complejidad. Además de eso, también se percibió que presentan inconvenientes con el manejo del inglés, siendo este fundamental al momento de programar, ya que en la sintaxis de la mayoría de los lenguajes de programación modernos se utiliza este idioma, ocasionando desmotivación y falta de compromiso con el estudio por parte de los mismos.

Relacionado con el problema anterior, una descripción similar fue hecha por Díaz. y Serra [5] mediante un estudio realizado a 15 estudiantes de la asignatura Lenguaje de programación I, que pretendió determinar el nivel de competencias alcanzadas en la construcción de algoritmos, tomando como base un problema planteado, el diseño de diagramas de flujo a partir del algoritmo y su respectiva codificación en el lenguaje C++. En el mismo se concluyó que los estudiantes presentaron debilidades en los fundamentos básicos de programación, pudiéndose evidenciar problemas al momento de aplicar la sintaxis del lenguaje, estructurar las instrucciones de entrada/salida, utilizar los ciclos repetitivos y de decisión así como desconocimiento de procedimientos de cálculo.

Por consiguiente, resulta claro que de seguir presentándose la problemática descrita anteriormente, será muy complicado poder equilibrar la oferta de profesionales capacitados para el área de las TIC con la demanda del mercado laboral, lo cual ocasionará que exista un exceso de profesionales en áreas no relacionadas con las TIC, además que se retrasaría la modernización tecnológica del país y se correría el riesgo de entrar en obsolescencia tecnológica, ya que las herramientas y los conocimientos que hoy están a la vanguardia, mañana serán cosas simples porque la tecnología avanza demasiado rápido.

Para darle solución a esta problemática se desarrolló un analizador sintáctico-semántico sencillo, amistoso y que facilite la enseñanza de programación de software, la comprensión de lo que ocurre durante el proceso de compilación y la aplicación de los conocimientos aprendidos. Esta herramienta cuenta con los componentes básicos de un Entorno Integrado de Desarrollo, muestra de manera explicativa al usuario como encontrar los diferentes errores que puedan surgir al momento de escribir código, además de tener una interfaz gráfica que permite al estudiante poder aplicar estructuras de decisión, control y selección. También muestra cómo generalmente la computadora interpreta estas estructuras para generar una salida de código que resulte en un programa de computadora.

Se hizo énfasis que para el desarrollo de esta herramienta se ha diseñado un lenguaje de programación en español al cual se le pueden aplicar las técnicas para el desarrollo de un programa, el cual está basado en la sintaxis del lenguaje de programación C. El desarrollo del analizador léxico, sintáctico y semántico se comenzó primero con desarrollar la parte léxica que se encarga de cotejar los símbolos y las palabras en una tabla de datos que está dentro de una base de datos para facilitar su mantenimiento, para identificar palabras reservadas del lenguaje y comparar que lo que el estudiante escribe dentro del analizador corresponda al lenguaje creado para la herramienta.

Luego, se procedió a elaborar la parte sintáctica que verifica que existan palabras, números y expresiones bien formadas, además de dividir cada carácter o palabra en símbolos abstractos para compararlos con un árbol de decisión y verificar la sintaxis en general y su ubicación en las sentencias, y de esta manera comprobar la estructura y los bloques de código. Por último se elaboró la parte semántica que comprueba la estructura general del código, la lógica implementada en la mayoría de las sentencias,

la verificación de estructuras de decisión, secuencia, repetición y control y las oraciones escritas en el lenguaje de programación establecido y la funcionalidad del código en general.

El desarrollo del analizador también contiene una interfaz gráfica que permite al usuario interactuar de manera simple con la herramienta, además de visualizar los errores que puedan producirse y mostrar al usuario como localizarlos mediante ayudas visuales. Esta interfaz gráfica incluso permite al estudiante formar bloques de código de manera gráfica, es decir, se agregaron componentes que permiten establecer condiciones mediante parámetros a los cuales, luego de hacer clic, se hace la estructuración del bloque de código al cual se les aplica el análisis léxico, sintáctico y semántico.

A los efectos de dar cumplimiento a esta investigación, se planteó como objetivo general: Desarrollar un analizador sintáctico-semántico para la enseñanza de la programación de software, para lo cual, fueron formulados los siguientes objetivos específicos: a) Describir los elementos que conforman el análisis sintáctico y semántico, b) Diseñar los prototipos del analizador sintáctico-semántico para la enseñanza de la programación de software y c) Probar el funcionamiento del analizador sintáctico-semántico para la enseñanza de la programación de software

Fundamentos Teóricos

Analizador Sintáctico-Semántico

Aho [1] indica que es un programa informático cuyo propósito es traducir un programa escrito en un lenguaje de programación a otro de tipo intermedio, previa verificación de la escritura y construcción de expresiones, variables, palabras y números presentes en el código fuente. Una función importante es reportar cualquier error en el programa fuente que se detecte durante el proceso de traducción. Si el programa destino es un programa ejecutable en lenguaje máquina, entonces el usuario puede ejecutarlo para procesar las entradas y producir salidas. Por otro lado, Grune *et al.* [6] refieren que es un programa que toma como entrada un texto escrito en cierto lenguaje y produce como salida el texto de un programa en otro lenguaje, a la vez que preserva el significado del texto original.

En concordancia con lo planteado por los autores, un analizador sintáctico-semántico es un programa informático que recibe un conjunto de caracteres que pertenecen a un alfabeto o un lenguaje y que mediante reglas, patrones o estructuras, previamente definidas, interpreta una secuencia lógica de caracteres con el propósito de traducirlas a un lenguaje para realizar una tarea específica.

Analizador Léxico

Aho [1] indica que un analizador léxico, es un escáner cuyo propósito es leer el flujo de caracteres que componen el programa fuente y los agrupa en secuencias significativas, conocidas como lexemas. Para cada lexema, el analizador produce como salida un token de la forma nombre-valor. En el token, el primer componente es un símbolo abstracto que se utiliza durante el análisis sintáctico, y el segundo componente apunta a una entrada en la tabla de símbolos para el mismo.

En ese mismo orden de ideas, Alfonseca *et al.* [2] exponen que es un autómata finito determinista que reconoce el lenguaje generado por las expresiones regulares correspondientes a las unidades sintácticas del lenguaje fuente. Este se encarga de dividir el programa fuente en un conjunto de unidades sintácticas, las cuales son una secuencia de caracteres con cohesión lógica. Con base en lo expresado por los autores, un analizador léxico tiene como función principal leer los caracteres de la entrada del programa fuente, agruparlos en lexemas y producir como salida una secuencia de tokens o unidades sintácticas para cada lexema en el programa original.

Analizador Sintáctico

Para Aho [1] el análisis sintáctico utiliza los primeros componentes de los tokens producidos por el analizador de léxico para crear una representación intermedia en forma de árbol que describa la estructura gramatical del flujo de los mismos. El analizador sintáctico obtiene una cadena de tokens del

analizador léxico y verifica que la cadena de nombres pueda generarse mediante la gramática para el lenguaje fuente.

Así mismo, Alfonseca *et al.*, [2] aseguran que es el encargado de la interpretación y compilación, el cual tiene como objetivo realizar el resto del análisis, iniciado previamente por el analizador léxico, para comprobar que la sintaxis de la instrucción en cuestión es correcta. Por otro lado, el analizador sintáctico reporta cualquier error sintáctico en forma inteligible y se recupera de los errores que ocurren con frecuencia para seguir procesando el resto del programa. El analizador sintáctico construye un árbol de análisis sintáctico y lo pasa al resto del compilador para que lo siga procesando. Este proceso se realiza considerando como símbolos terminales las unidades sintácticas devueltas por el analizador léxico.

Analizador Semántico

Aho [1] establece que el analizador semántico utiliza el árbol sintáctico y la información en la tabla de símbolos para comprobar la consistencia semántica del programa fuente con la definición del lenguaje. También recopila información sobre el tipo y la guarda, ya sea en el árbol sintáctico o en la tabla de símbolos, para usarla más tarde durante la generación de código intermedio. Así mismo, Alfonseca *et al.* [2] establece que el analizador semántico es la parte del compilador que se comprueba la corrección semántica del programa, el cual recibe como entrada, el árbol del análisis del programa, una vez realizado el análisis léxico y sintáctico.

Como complemento a lo indicado por los autores, se describe el análisis semántico como un proceso mediante el cual se añade al árbol de derivación una serie de anotaciones, que permiten determinar la corrección semántica del programa y preparar la generación de código, en la cual un analizador semántico se compone de un conjunto de rutinas independientes, llamadas por los analizadores léxico y sintáctico. Este análisis utiliza como entrada el árbol sintáctico generado en el paso previo para comprobar restricciones de tipo y otras limitaciones semánticas y preparar la generación de código. Las rutinas semánticas suelen hacer uso de una pila que contiene la información semántica asociada a los operandos en forma de registros semánticos.

Enseñanza de la programación de Software

Según Arias [3] la enseñanza es el proceso de transmisión de una serie de conocimientos, técnicas, normas, y habilidades que está basado en diversos métodos con el apoyo de una serie de materiales, en el cual el docente transmite sus conocimientos al o a los alumnos a través de diversos medios, técnicas, y herramientas de apoyo; siendo él, la fuente del conocimiento, y el alumno un simple receptor ilimitado del mismo. La enseñanza es una actividad realizada conjuntamente mediante la interacción de cuatro elementos: uno o varios profesores, docentes o facilitadores, uno o varios alumnos o discentes, el objeto de conocimiento, y el entorno educativo o mundo educativo donde se ponen en contacto a profesores y alumnos a través de una serie de instituciones u organizaciones destinadas para tal fin.

Tomando lo planteado por los autores, se define la enseñanza de la programación de software como el proceso de transmisión de técnicas, conocimientos y habilidades mediante métodos y estrategias que permiten diseñar, codificar, mantener y depurar el código fuente de programas computacionales a través de una serie de herramientas destinadas para tal fin bajo un esquema previo.

Metodología

Tipo y Diseño de la Investigación

La presente investigación, se enmarca dentro del tipo tecnológica ya que se orienta al diseño de una herramienta de apoyo en el campo de la ingeniería en sistemas. En tal sentido, Carmona [4] expresa que estos estudios implican actividades que, a través de la aplicación del método científico, buscan descubrir nuevos conocimientos para posteriormente buscar aplicaciones prácticas en pro del diseño o mejoramiento de un producto, proceso o equipo.

De acuerdo con lo planteado anteriormente, la presente investigación es de tipo tecnológica ya que pretende utilizar los conocimientos adquiridos, a través de las técnicas de recolección de datos, con aplicaciones prácticas, a fin de proponer un analizador sintáctico-semántico en función de mejorar la enseñanza de la programación de software.

La investigación según su diseño, se clasifica como No Experimental, Transeccional, Según Hernández, Fernández y Baptista [7], en este tipo de diseños se recolectan datos en un solo momento; en un tiempo único. Su propósito es describir variables y su incidencia o interrelación en un momento dado. Por otra parte, no se manipulan deliberadamente las variables. Con base en lo anterior, la presente investigación corresponde al diseño antes mencionado, ya que no se realizan experimentos o se preparan situaciones especiales, donde se establezca una manipulación de las variables, y la recolección de datos, se realiza en un solo momento durante el transcurso del estudio.

Unidad de Análisis

Según Hernández, Fernández y Baptista [7] puede definirse como unidad de análisis al grupo de personas, contextos, eventos, sucesos o comunidades, sobre la cual se habrán de recolectar datos. En virtud de la revisión documental realizada para entender el análisis léxico, sintáctico y semántico realizado al código fuente en virtud de diseñar el producto final, se tomaron como unidades de análisis los *softwares inter-p y p-seint*, utilizados para la escritura y ejecución de algoritmos en idioma español, previo análisis del programa escrito. Igualmente, se ha considerado la bibliografía proporcionada por Aho [1] sobre fundamentos de compiladores.

Resultados

Primeramente, se realizó un diagnóstico en un grupo sobre las estrategias utilizadas en la enseñanza de la programación en estudiantes de Ingeniería en Sistemas del Instituto Universitario Politécnico “Santiago Mariño”, Extensión Costa Oriental del Lago – Cabimas. Se pudo apreciar el uso de recursos y estrategias tradicionales (expositivas) con uso de algunas herramientas basadas en las TIC; pero que se limitaban a la emisión de un mensaje de error cuando la estructura sintáctica de la instrucción dada en determinado lenguaje presentaba inconsistencias o estaba escrita incorrectamente.

Una vez realizada la revisión teórica y establecida la metodología que sustenta la investigación, se procedió al diseño y construcción de cada uno de los módulos del analizador sintáctico-semántico. A tales efectos, se procedió de la siguiente manera:

Para el analizador léxico, se construyó un preprocesador sencillo, el cual, serviría para la escritura de cada una de las instrucciones del código fuente. En ese sentido, se diseñó un lenguaje tipo pseudocódigo en español con algunas instrucciones típicas de otros lenguajes cuyo origen fuese anglosajón. Igualmente, se consideraron algunas funciones típicas como apertura, cierre y almacenamiento de archivos fuente.

Con base en las consideraciones anteriores, se procedió a crear una rutina que permitiese leer detalladamente cada uno de los caracteres tanto imprimibles como no imprimibles del código fuente introducido por el usuario en el preprocesador para luego, compararlo con la tabla de símbolos previamente elaborada con soporte a los caracteres ASCII estándar. De encontrar algún carácter no reconocido, se emite un mensaje de error evitando que el proceso continúe; sin embargo, de ocurrir lo contrario, se genera una representación simbólica resultante de la concatenación de cada uno de los símbolos representados en el código fuente.

El paso siguiente, es generar el análisis sintáctico, para lo cual, se crearon rutinas que permitiesen determinar la existencia de números, palabras, variables, constantes y expresiones bien formadas. En ese sentido, se tomaron como premisa las condiciones típicas de los lenguajes de programación para la nomenclatura de identificadores y demás elementos del lenguaje; a saber: una variable no puede empezar con números, ni tener caracteres especiales o ser una palabra reservada; al tiempo que los números sólo pueden soportar dígitos del 0 al 9 y las expresiones deben estar debidamente balanceadas, con operandos y operadores consistentes.

A la luz de lo anteriormente expuesto, se obtiene una representación intermedia a manera de árbol sintáctico que es el insumo principal del análisis semántico, el cual, consiste en la revisión de las estructuras propias del lenguaje contra la tabla de símbolos. En cuanto a este aspecto, se crearon funciones y procedimientos que permitieron determinar si las instrucciones propias del lenguaje están bien escritas y con las reglas definidas por la sintaxis. Se creó una rutina para cada estructura lingüística, que permitió verificar la correcta construcción de las mismas.

En cuanto a la retroalimentación que se arroja al usuario una vez culminados todos los procesos de análisis, se utilizan cuadros de diálogo descriptivos con mensajes de error, advertencia e información. El lenguaje utilizado fue Java con bibliotecas gráficas GTK+ y el Entorno de Desarrollo Eclipse, todo esto con el propósito de proporcionar un ambiente amigable y adecuado a los sistemas operativos Windows y Linux. Para la interfaz de usuario, se utilizaron elementos como menús, botones de comando y cuadros de texto para la comunicación usuario-aplicación. Así mismo, se definió una disposición de elementos que favoreciera la utilización del software, tal como se muestra en la Figura 1:

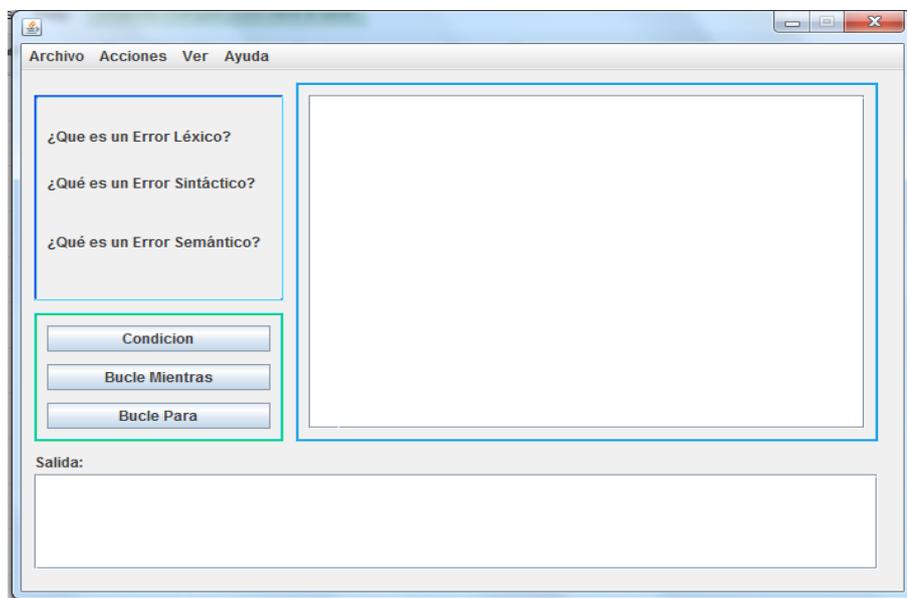


Figura 1. Interfaz de usuario del Analizador Sintáctico-Semántico.

Es de hacer notar la presencia de botones de comando que brindan la posibilidad de insertar estructuras del lenguajes como condiciones y bucles con propósitos didácticos, es decir, ayudar al estudiante a entender la lógica funcional de las mismas y una ventana de salida donde se pueden observar los resultados obtenidos una vez realizados los análisis léxico, sintáctico y semántico del código fuente.

Discusión

Con base en los resultados obtenidos, se procedió a realizar la sustentación de los mismos con los postulados teóricos. En ese sentido, se obtuvo un analizador léxico que es capaz de comparar los caracteres del código fuente con la tabla de símbolos del lenguaje. En tal sentido, corresponde con las ideas de Aho [1] quien indica que un analizador léxico, lee los caracteres que componen el código fuente y se generan representaciones o tokens que son la entrada del análisis sintáctico, previa comparación con el alfabeto del lenguaje.

Seguidamente, el análisis sintáctico revisa la correcta formación de palabras, variables, números y expresiones, generando como salida intermedia con el respectivo árbol sintáctico. Esto presenta similitud con los postulados de Aho [1] quien asegura que éste utiliza los primeros componentes de los tokens producidos por el analizador léxico para crear una estructura en forma de árbol que describa la gramática del flujo de los mismos.

En el mismo orden de ideas, el análisis semántico toma como entrada el árbol sintáctico para verificar la congruencia de las estructuras como expresiones u operaciones y verifica la localización de las palabras de acuerdo a la instrucción analizada. En función de lo anterior, Aho [1] establece que se utiliza el árbol sintáctico y la tabla de símbolos para comprobar la consistencia interna del programa con las sentencias del lenguaje.

A la luz de todo lo anterior, se puede establecer que el producto obtenido corresponde con los aspectos teóricos tomados como base de la presente investigación, ya que primeramente, se realiza la revisión de cada carácter del código fuente de acuerdo a la tabla de símbolos del lenguaje, se verifica la consistencia de cada token, formación de palabras, variables, números, expresiones y elementos sintácticos en general con el propósito de generar el árbol sintáctico y posteriormente la representación intermedia de los elementos semánticos, necesarios para proceder con las fases subsiguientes de la compilación.

De esta manera, el estudiante puede visualizar paso a paso lo que ocurre cuando está frente a un compilador, el cual, recibe como entrada un programa escrito en cualquier lenguaje y luego, se obtiene el código objeto en binario. Cabe destacar que esto último no es realizado por el software propuesto, pero proporciona una ilustración sobre lo que ocurre en las fases iniciales, las cuales, están al alcance del personal experimentado y especializado en compilación de programas.

Conclusiones

En relación al diagnóstico sobre el cual se sustentó la investigación, se pudo apreciar que los procesos de enseñanza de la programación de software, se apoyan en estrategias expositivas con nivel intermedio de integración con las TIC, por lo cual, se deben complementar con herramientas basadas en el análisis léxico, sintáctico y semántico, lo cual ayudará al estudiante en la comprensión de las estructuras de los lenguajes de programación, así como también, a entender lo que ocurre durante las fases de conversión del código fuente a la representación intermedia, previa a la compilación.

Al mismo tiempo, resulta pertinente introducir al estudiante en el estudio del inglés técnico para así facilitar el aprendizaje de los distintos lenguajes. Igualmente, es conveniente complementar la herramienta diseñada con un conjunto de algoritmos a modo de ejemplo, para que pueda apreciarse la descomposición simbólica que surge a partir del análisis léxico, sintáctico y semántico del código fuente de un programa.

Con referencia a los elementos que conforman el analizador sintáctico y semántico, se concluye que los en primera instancia, se trabaja con los tokens y tablas de símbolos. Igualmente, entran en juego las palabras bien formadas, variables, números, expresiones y sentencias propias del lenguaje de programación. Ahora bien, una vez superados estos procesos, el software presentó rutinas destinadas a la validación de instrucciones de acuerdo a reglas de sintaxis, que a su vez le daban sentido o significancia al código fuente.

Por último, se construyó un analizador sintáctico-semántico dirigido a estudiantes de programación con elementos gramaticales propios de los lenguajes utilizados en el ámbito de la informática. Igualmente, se creó un preprocesador con componentes propios del entorno gráfico, cuyo propósito es facilitar la escritura y administración de archivos fuente para ayudar a ilustrar las fases del proceso de compilación de cualquier programa. Esto último, reviste importancia, ya que presenta un resultado que usualmente no se percibe en los compiladores comerciales, ya que se puede visualizar la representación intermedia (árbol sintáctico) al realizar la descomposición del código en expresiones menos complejas.

Referencias Bibliográficas

- [1] Aho, A., *Compiladores: Principios, Técnicas y Herramientas* (2ed.), Pearson Educación, México D.F. (2008).

-
- [2] Alfonseca M., De La Cruz M., Ortega A., y Pulido E., *Compiladores e Interpretes: teoría y práctica*, Pearson Educación S.A, Madrid, (2006).
- [3] Arias D., *Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Sociales: Una propuesta didáctica*, Cooperativa Editorial Magisterio, Bogotá, (2005).
- [4] Carmona Y., *Investigación Tecnológica*, Universidad de las Alas Peruanas, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú (2011).
- [5] Diaz A., y Serra L. Competencias Específicas en los estudiantes de Programación del Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño. *Ethos Venezolana* Vol. 7, No. 1, (2015) 46-57.
- [6] Grune D., Bal H., Jacobs C., y Lagendoen K., *Diseño de Compiladores Modernos*, Mcgraw-Hill, México D.F. ,(2007).
- [7] Hernández R., Fernández C., y Baptista P., *Metodología de la Investigación (5ed.)*. Mcgraw-Hill, México D.F. (2010).

Caracterización nutricional y perfil de aminoácidos en plantas de *Moringa oleifera* Lam. Como Alternativa de uso potencial en la alimentación animal

Mariangela González¹, Oscalido Vargas¹, Jean Belandria¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Zulia (INIA-Zulia). Productor asociado a la Red de Productores Libres y Asociados, Municipio Rosario y Machiques de Perijá (REPLA Municipios Rosario-Machiques de Perijá, estado Zulia).

Correo electrónico: gonzalezma.inia.zulia@gmail.com

Recibido: 14-11-2017

Aceptado: 03-07-2018

Resumen

La importancia del uso de la moringa como forraje, se debe a sus características nutricionales y a su alto rendimiento en biomasa fresca. Con el objetivo de caracterizar nutricionalmente plantas de *M. oleifera* L como alternativa de uso potencial en la alimentación animal, se muestrearon aleatoriamente plantas de distintas edades, (15 y 18 meses de edad), cultivadas en la cercanía a la Sierra de Perijá, sector La Candelaria perteneciente a la parroquia El Rosario, municipio Rosario de Perijá, caracterizada por una zona de vida de bosque seco tropical y suelos ligeramente ácidos (pH 5,1). Se seleccionaron los órganos: hojas, flor, fruto inmaduro y fruto maduro. Se realizaron por duplicado análisis de materia seca (MS), humedad (H), ceniza (CEN), proteína cruda (PC), fibra cruda (F) y grasa (G), siguiendo la normativa propuesta por COVENIN y de aminoácidos esenciales y no esenciales a través de la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Para la caracterización nutricional en hojas se obtuvieron valores resaltantes de MS 78,2±0,79 para las plantas de 15 meses y 92,83±0,4 para las de 18 meses; CEN de 15,19±0,41; 15,34±0,54; PC 15,71±0,55; 16,12±0,72; en las flores se obtuvieron valores de PC de 18,41±0,90 y 19,85±0,3. Los contenidos de fibra en frutos inmaduros fueron de 38, 55±1,44 y 32,66±2,17 respectivamente, para las plantas de 18 y 15 meses de edad, evidenciándose como una importante fuente de proteína y fibra a partir de sus órganos, hojas, flores y frutos. Mientras que para el perfil de aminoácidos esenciales (AAE) se encontró en el rango de 0,89 a 2,12 gAA/100g y de 1 a 2,31 gAA/100g para las plantas de 15 y 18 meses de edad siendo los aminoácidos predominantes valina e histidina en todos los órganos, obteniéndose un contenido total de AAE de 52,60 gAA/100g mientras que el contenido de aminoácidos no esenciales (AANE) oscilo entre 0,96 y 2,63 gAA/100g y 0,99 y 2,97 gAA/100g para las plantas de 15 y 18 meses de edad respectivamente, siendo el aminoácido predominante el ácido glutámico en todos sus órganos, obteniéndose un contenido total de AANE 48,49 gAA/100g. Lo que insinúa el alto valor químico de la fracción proteica en plantas de moringa, lo que hace prometedora su utilidad para formar parte de raciones alimenticias en alimentación animal.

Palabras clave: Guaireña, biomasa, calidad, proteína, valor biológico, alimentación animal.

Nutritional characterization and amino acid profile in plants of *Moringa oleifera* Lam. As an alternative for potential use in animal feed

Abstract

The importance of the use of moringa as fodder is due to its nutritional characteristics and its high yield in fresh biomass. With the objective of nutritionally characterizing plants of *M. oleifera* L as an alternative of potential use in animal feed, plants of different ages (15 and 18 months old), cultivated in the vicinity of the Sierra de Perijá, were randomly sampled. La Candelaria belonging to the parish of El Rosario, municipality of Rosario de Perijá, characterized by a zone of tropical dry forest life and slightly acid soils (pH 5.1). The organs were selected: leaves, flower, immature fruit and ripe fruit. They were carried out in duplicate analysis of dry matter (DM), humidity (H), ash (CEN), crude protein (PC), crude fiber (F) and fat (G), following the regulation proposed by COVENIN and of essential amino acids and non-essential through the technique of high resolution liquid chromatography (HPLC). For the nutritional characterization in leaves, outstanding

values of MS $78,2 \pm 0,79$ were obtained for the 15-month plants and $92,83 \pm 0,4$ for the 18-month plants; CEN of $15,19 \pm 0,41$; $15,34 \pm 0,54$; PC $15,71 \pm 0,55$; $16,12 \pm 0,72$; in flowers, PC values of $18,41 \pm 0,90$ and $19,85 \pm 0,3$ were obtained. The fiber contents in immature fruits were $38,55 \pm 1,44$ and $32,66 \pm 2,17$ respectively, for the plants of 18 and 15 months of age, evidencing themselves as an important source of protein and fiber from their plants organs, leaves, flowers and fruits. While for the profile of essential amino acids (AAE) was found in the range of $0,89$ to $2,12$ g AA / 100g and 1 to $2,31$ g AA / 100g for the plants of 15 and 18 months of age being the amino acids predominant valine and histidine in all organs, obtaining a total AAE content of $52,60$ g AA / 100g while the non-essential amino acid content (AANE) ranged between $0,96$ and $2,63$ g AA / 100g and $0,99$ and $2,97$ g AA / 100g for the plants of 15 and 18 months of age respectively, being the predominant amino acid glutamic acid in all its organs, obtaining a total content of AANE $48,49$ g AA / 100 g. What suggests the high chemical value of the protein fraction in moringa plants, which makes its utility to form part of food rations in animal feed promising.

Keywords: Guaireña, biomass, quality, protein, biological value, animal feed.

Introducción

Es bien sabido que para el productor agropecuario, uno de los aspectos más relevante es la producción de biomasa en materiales vegetales, desestimando la calidad biológica de la fuente proteica, la cual está dada por la presencia de aminoácidos esenciales en el material vegetal. En tal sentido, en Venezuela cada día se acrecientan investigaciones inherentes a alternativas de alimentación y/o suplementación animal en la búsqueda del aprovechamiento potencial de productos y subproductos locales y la evaluación de los mismos sobre los niveles de producción y calidad de carne y leche.

La evaluación integral de especies con potencial para sistemas de producción de forraje constituye uno de los aspectos más importantes para intensificar la producción de rumiantes en Venezuela, y de esta forma garantizar un incremento sustancial en la producción de leche y carne; productos que en la actualidad están en déficit [1].

En tal sentido dentro de las especies vegetales objeto de estas crecientes investigaciones, se encuentra la *M. oleifera* Lam, cuyas propiedades se destacan niveles antinutricionales mínimos, prácticamente despreciables como taninos y saponinas y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina. En materia seca contiene un 10% de azúcares y la energía metabolizable en hojas es de $9,5$ MJ/Kg MS. Mientras que la relación entre las fracciones hojas y tallos se mantiene entre 45% a 55% en función de la fertilización y la edad del rebrote según FAO [2]. Aunado a ello presenta 15 de los 22 aminoácidos existentes,

Según FAO [2], la productividad del cultivo de moringa bien manejado, es alta, la producción de biomasa fresca, materia seca y proteína para una densidad de plantas de 95 y 350 Pl/ha generan 196 y 297 (ton/ha/corte) de materia fresca, 2,634 y 4,158 (ton/ha/corte) de materia seca y 368 y 582 (ton/ha/corte) de proteína total.

Materiales y Métodos

Se muestrearon aleatoriamente plantas de distintas edades, (15 y 18 meses de edad), cultivadas en la cercanía a la Sierra de Perijá, sector La Candelaria perteneciente a la parroquia El Rosario, municipio Rosario de Perijá, caracterizada por una zona de vida de bosque seco tropical y suelos ligeramente ácidos (pH 5,1). Se seleccionaron los órganos: hojas, flor, fruto inmaduro y fruto maduro. Se realizaron por duplicado análisis de materia seca (MS), humedad (H), ceniza (CEN), proteína cruda (PC), fibra cruda (F) y grasa (G), siguiendo la normativa propuesta por COVENIN y de aminoácidos esenciales y no esenciales a través de la técnica de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Resultados

Cuadro 1. Perfil de aminoácidos en plantas de 15 meses de edad

AMINOACIDOS ESENCIALES EN PLANTAS DE 15 MESES DE EDAD				
AMINOACIDO (gAA/100g)	HOJA	FRUTO MADURO	FRUTO INMADURO	FLOR
HISTIDINA	2,12±0,25	1,93±0,09	1,97±0,35	2,47±0,38
ISOLEUCINA	0,97±0,74	0,69±0,07	0,86±0,07	1,05±0,11
LEUCINA	1,68±0,66	1,1±0,01	1,5±0,34	1,8±0,19
LISINA	1,23±0,43	1,86±0,36	2,32±0,71	1,69±1,53
METIONINA	1,42±0,47	1,03±0,16	1,66±0,38	1,74±0,39
FENILALANINA	1,23±0,5	0,96±0,04	0,97±0,03	1,22±0
TREONINA	1,01±0,5	0,74±0,10	1,01±0,37	1,21±0,47
TRIPTOFANO	0,89±0,46	1,01±0,35	1,01±0,13	1,11±0,03
VALINA	2,08±0,64	2,31±0,28	2,24±0,09	2,51±0,46
TOTAL	52,6±4,65	11,63±1,46	13,54±2,47	14,8±3,56
AMINOACIDOS NO ESENCIALES EN PLANTAS DE 15 MESES DE EDAD				
ALANINA	1,33±0,47	0,92±0,01	1,44±0,36	1,43±0,31
ARGININA	1,37±0,29	2,1±0,19	2,78±0,6	2,61±0,52
ACIDO ASPARTICO	1,67±0,57	1,27±0,16	1,63±0,64	2,21±0,89
ACIDO GLUTAMICO	2,63±0,66	3,35±0,46	7,13±2,92	4,33±1,42
SERINA	0,96±0,13	0,85±0,12	1,11±2,26	1,32±0,42
TIROSINA	1,43±0,38	1,49±0,51	1,51±0,24	1,62±0,33
TOTAL	9,39±0,51	9,98±1,45	15,6±7,02	13,52±3,89

Cuadro 2. Perfil de aminoácidos en plantas de 18 meses de edad

AMINOACIDOS ESENCIALES EN PLANTAS DE 18 MESES DE EDAD				
AMINOACIDO (gAA/100g)	HOJA	FRUTO MADURO	FRUTO INMADURO	FLOR
HISTIDINA	2,31±0,59	2,13±0,07	1,49±0,03	2,36±0,23
ISOLEUCINA	1,07±0,08	0,83±0,03	0,61±0,14	0,88±0,03
LEUCINA	1,86±0,28	1,29±0,05	1,03±0,22	1,53±0,12
LISINA	1,56±0,13	2,23±0,46	1,85±0,61	1,63±2,37
METIONINA	1,61±0,35	1,18±0,11	1,08±0,04	1,46±0,04
FENILALANINA	1,35±0,05	1,12±0,02	0,77±0,21	1,07±0,15
TREONINA	1,1±0,17	0,82±0,07	0,77±0,04	1,13±0,02
TRIPTOFANO	1±0,58	1,18±0,32	0,77±0,52	0,98±0

Cuadro 2. Cont. Perfil de aminoácidos en plantas de 18 meses de edad

VALINA	2,18±1,28	2,65±0,12	3,63±0,28	2,57±1,04
TOTAL	14,04±3,51	13,43±1,25	12±2,09	13,61±4
AMINOACIDOS NO ESENCIALES EN PLANTAS DE 18 MESES DE EDAD				
ALANINA	1,43±0,92	1,05±0,02	1,15±0,2	1,35±0,53
ARGININA	1,52±0,24	2,4±0,13	2,05±0,02	2,15±0
ACIDO ASPARTICO	1,87±0,85	1,34±0,06	1,19±0,4	1,86±0,34
ACIDO GLUTAMICO	2,97±1,84	3,75±0,17	2,94±0,02	3,42±0,54
SERINA	0,99±0,57	0,95±0,17	0,92±0,14	1,53±1,21
TIROSINA	1,49±0,19	1,72±0,51	0,65±0,52	1,56±0,13
TOTAL	10,27±4,61	11,21±1,06	8,9±0,94	11,87±2,75

Tabla 1. Caracterización nutricional de plantas de *M. oleifera* Lam

EDAD DE PLANTA	ORGANO	% MS	% H	% CEN	% PC	% G	% F
18 MESES	HOJAS	78,2±0,79	21,8±0,79	15,19±0,41	15,71±0,55	8,64±1,37	8,11±2,93
	FLOR	88,71±0,09	11,28±0,09	9,00±0,54	18,41±0,90	3,46±0,05	20,96±3,11
	FRUTO INMADURO	86,08±1,14	13,92±1,14	7,31±0,15	12,74±1,07	2,2±0,2	38,55±1,44
	FRUTO MADURO	95,13±0,25	4,87±0,25	5,59±0,01	13,83±0,27	12,19±0,80	13,90±1,24
15 MESES	HOJAS	92,83±0,4	7,17±0,44	15,34±0,54	16,12±0,72	10,02±0,32	3,24±2,15
	FLOR	84,19±0,38	15,81±0,38	8,28±0,19	19,85±0,31	3,38±0,95	16,25±0,95
	FRUTO INMADURO	88,59±0,85	11,40±0,86	6,46±0,24	11,99±0,37	1,79±0,62	32,66±2,17
	FRUTO MADURO	95,58±0,54	4,48±0,54	6,30±0,29	15,29±0,33	12,45±2,24	13,29±3,32

Ms: materia seca, H: humedad, CEN: cenizas, PC: proteína cruda; G: grasa cruda, F: fibra cruda

Discusión

El contenido de aminoácidos esenciales (AAE) se encontró en el rango de 0,89 a 2,12 gAA/100g y de 1 a 2,31 gAA/100g para las plantas de 15 y 18 meses de edad siendo los aminoácidos predominantes valina e histidina en todos los órganos, obteniéndose un contenido total de AAE de 52,60 gAA/100g.

El contenido de aminoácidos no esenciales (AANE) oscilo entre 0,96 y 2,63 gAA/100g y 0,99 y 2,97 gAA/100g para las plantas de 15 y 18 meses de edad respectivamente, siendo el aminoácido predominante el ácido glutámico en todos sus órganos, obteniéndose un contenido total de AANE 48,49 gAA/100g.

En cuanto a la caracterización nutricional el mayor aporte de proteínas está representado por las flores y hojas, seguido del fruto maduro. Sin embargo no existen diferencias significativas ($P \leq 0,05$) sobre el contenido de proteína en las plantas evaluadas a distintas edades. Las hojas poseen un alto contenido de cenizas, lo que se traduce en un elevado contenido de minerales.

El mayor aporte de fibra se obtuvo en el fruto inmaduro, con una diferencia significativa ($P \geq 0,05$) para la planta de 15 meses de edad.

Conclusiones

Ambas edades de plantas mostraron altos contenido de PC, sin embargo por su contenido de fibra serian de mejor utilidad las plantas de 15 meses de edad.

La presencia de 15 de los 22 aminoácidos totales, insinúa el alto valor químico de la fracción proteica en plantas de moringa, haciendo prometedora su utilidad para formar parte de raciones alimenticias en alimentación animal.

Referencias Bibliográficas

- [1] Garcia E.D., Medina M.G., Cova L.J., Clavero T., Torres A., Perdomo D. y Santos O., Evaluación integral de recursos forrajeros para rumiantes en el Estado Trujillo, Venezuela, *Rev. Fac. Agron.*, Vol. 26, (2009), 555-582.
- [2] Food and Agriculture Organization (FAO), Statistical Yearbook. World food and agricultura, Food and Agriculture Organization of The United Nation, (2013).

Estructura matemática del modelo factores latentes fortalecidos

Eddy Jackeline Rodríguez

Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia. Maracaibo Venezuela.

Correo electrónico: eddyjackeline@yahoo.es

Recibido: 14/11/2017

Aceptado: 03-07-2018

Resumen

El método de factores latentes fortalecidos busca crear una serie de características ortogonales que abarcan todo el espacio de interés con el propósito de reducir la dimensionalidad del espacio de características haciéndolas ortogonales, esto puede aumentar drásticamente la velocidad de convergencia del algoritmo. De esta forma deben construirse menos funciones para obtener la misma disminución en la función de costo. Este conjunto de características, relativamente pequeñas en comparación con los datos originales, se pueden utilizar para diversos propósitos, tales como, modelos predictivos, visualización y detección de variables. El objetivo de este trabajo es describir y analizar la estructura matemática del algoritmo de los factores latentes fortalecidos, enfocado en la obtención de un espacio ortogonal de entrenamiento y en la minimización de la función de costo diferenciable, para esto se parte de la revisión bibliográfica de trabajos de investigación Bühlmann, Hothorn [1]; Duffy, Helmbold [2]; Kramer, [3]; Momma And Bennett [4].

Palabras clave: Factores latentes fortalecidos, características ortogonales, estructura matemática, Boosting.

Mathematical structure of the model latent factors strengthened

Abstract

The latent strength method seeks to create a series of orthogonal features that span the entire space of interest with the purpose of reducing the dimensionality of the feature space making them orthogonal, this can drastically increase the convergence speed of the algorithm. In this way, fewer functions must be built to obtain the same decrease in the cost function. This set of features, relatively small compared to the original data, can be used for various purposes, such as predictive models, visualization and variable detection. The objective of this work is to describe and analyze the mathematical structure of the algorithm of strengthened latent factors, focused on obtaining an orthogonal training space and minimizing the function of differentiable cost, for this is part of the bibliographic review of Research work Bühlmann, Hothorn [1]; Duffy, Helmbold [2]; Kramer, [3]; Momma And Bennett [4].

Keywords: Boosting latent factors, orthogonal features, mathematical structure, boosting.

Introducción

Un problema común en el campo de la ingeniería es estimar relaciones lineales y no lineales entre conjuntos multivariados. Estos conjuntos se agrupan en variables dependientes o respuesta Y de tamaño nxq , y en variables independientes X de tamaño nxp que pueden ser muy numerosas (en algunos casos miles), en comparación con el número de observaciones que son pequeñas, lo que involucra trabajar con matrices mal condicionadas. Este problema de modelos de regresión multivariados se puede definir como:

$$Y = \alpha + X\beta + \epsilon, \quad \alpha \text{ (nxq) intercepto, } \beta \text{ (pxq) regresores y } \epsilon \text{ (nxq) error}$$

$$Y = \alpha + X\beta +$$

Existen diferentes métodos para abordar y solucionar estos tipos de problemas, tales como: mínimos cuadrados parciales (PLS), máquina de vectores de soporte (SVM), regresión de componentes principales (PCR), resolución multivariante de curvas (MCR), factores latentes fortalecidos (FLF), entre otros.

En esta investigación se estudia el método de factores latentes fortalecidos que es usado para problemas de modelos de calibración y clasificación, Freund, Schapir [5], este método se fundamenta en la construcción de un algoritmo fortalecido que forma un conjunto de características llamadas hipótesis o características para encontrar un espacio de respuesta. En el caso de calibración o regresión se parte de: $Y \approx Tc$ y en el caso de clasificación $Y^T Tc > 0$.

Los Factores latentes fortalecidos crean un algoritmo que forma un conjunto de variables ortogonales que explican la respuesta. Escogiendo un *AnyBoost*¹ para producir hipótesis ortogonales, se puede forzar el *AnyBoost* para producir variables que factorice y explique el espacio de entrada. Este método usa funciones diferenciables para construir un espacio que contenga solo las variables necesarias para predecir el modelo de estudio. La meta es crear un conjunto de características ortogonales que expliquen la respuesta de acuerdo a alguna función de costo.

En la actualidad existe diferente bibliografía que presenta al método FLF como herramienta aplicada en la solución de problemas en la industria Bühlmann, Hothorn [1], Duffy, Helmbold [2], Kramer, [3], pero poca información como desarrollo de algoritmo. Es por ello que en este trabajo se explican las diferentes etapas del algoritmo del método FLF, describiendo y analizando la estructura matemática de las mismas, lo cual permitirá, en posteriores investigaciones, adaptar la formulación del algoritmo para la solución de otras aplicaciones.

Fundamento de los factores latentes fortalecidos

La estructura de aprendizaje general trata de estimar una relación funcional, basada sobre un conjunto finito de observaciones:

$$F : X \rightarrow Y \quad (1)$$

Donde X es un subconjunto de R^p e Y puede pertenecer a los reales si el estudio es de regresión o $\{\pm 1\}$ si el problema es de clasificación.

Dada una muestra $z = \{(x_i, y_i) \mid i = 1, \dots, n\}$ se estima a (1) usando una función $f \in F$.

El problema crítico es escoger la clase de la función F con la cual se estimará a f , si F es muy complejo, habrá sobreajuste, la función se adapta perfectamente a los datos de entrenamiento dando un error de aproximación bajo, pero el error de estimación será alto. Una forma de evitar esto es restringir a sí mismo a las llamadas funciones “simples” o “débiles” de baja complejidad (por ejemplo polinomios de bajo grado o suavizado splines con una alta cantidad de suavidad). Sin embargo, se debe

¹ AnyBoost: algoritmo fortalecido, se explica en detalle posteriormente en esta investigación.

tener presente que si F es demasiado simple, podría haber bajo ajuste, por lo tanto, hay que encontrar un equilibrio entre aproximación y estimación.

Los factores latentes fortalecidos se sustentan en *Boosting*, el cual consiste en la combinación de hipótesis débiles (f_m), a través de una simple función de clase F , de tal manera que, se formen una hipótesis fortalecida:

$$g_m(x) = \sum_{m=1}^M \alpha_m f_m(x) \quad (2)$$

Donde f_m son llamadas la base de las hipótesis, M es el número de iteraciones en *Boosting*, α_m son los pesos y $\alpha_m f_m$ se eligen de forma adaptativa con los datos.

En general el método de *Boosting*, empieza con una simple función $f \in F$ y combina estas funciones en respuesta a los datos. De esta forma es posible que el estimador que proviene de la combinación resulte más complejo que las funciones individuales extraídas de F , para superar este inconveniente se debe elegir cuidadosamente las funciones de f_m y los coeficientes α_m , de manera que, el aumento de la complejidad sea menor en comparación con la mejora en la precisión.

El método FLF es un algoritmo fortalecido que combina propiedades de las componentes ortogonales con la flexibilidad del conjunto general *Boosting*. La meta es crear un conjunto de características ortogonales que expliquen la respuesta de acuerdo a alguna función de costo. Este método, modifica al *Boosting* reforzando las hipótesis débiles con las componentes ortogonales.

El algoritmo *Boosting* es equivalente al método de descenso del gradiente proyectado en un espacio de hipótesis, *Mason and Baxter* [6]. De esta manera, los FLF, pueden ser vistos como un *Boosting* ortogonal, que construye en cada iteración la característica que es ortogonal a las funciones anteriores maximizando el producto interno.

La estructura de los factores latentes fortalecidos se desarrolla a partir de un *Boosting* particular llamado *AnyBoost* como se describirá a continuación, *Momma and Bennett* [4].

AnyBoost:

Es un algoritmo fortalecido que construye un conjunto de características llamadas hipótesis para encontrar un espacio de respuesta, según sea el caso:

$$\text{Problema de regresión: } Y \approx Tc \quad (3)$$

$$\text{Problema de clasificación: } Y^T Tc > 0 \quad (4)$$

Donde Y es la matriz respuesta, $T \in \Gamma$ son las hipótesis y c es el vector formado por los coeficientes de la combinación.

El *AnyBoost* construye una combinación lineal de hipótesis para adecuar la respuesta por el desarrollo de la función del gradiente de descenso o espacio de hipótesis.

Γ es un conjunto de funciones de valores reales que son las hipótesis, el espacio de Γ forma un espacio de funciones lineales y el producto interno en este espacio de funciones está definido por:

$$T^T f \equiv \sum_{i=1}^m t(x_i) f(x_i) \quad (5)$$

Donde es un vector de tamaño, m , $t_i = t(x_i)$

Se establece una combinación lineal de la hipótesis:

$$\sum_{i=1}^N t_i c_i = Tc \quad (6)$$

Los vectores c contienen los coeficientes de la combinación.

El objetivo es encontrar los elementos, t que pertenece al espacio de Γ , que aproximadamente minimice alguna función de costo $l(y, f)$.

AnyBoost lleva a cabo esto aplicando el gradiente de descenso en el espacio de hipótesis. Que representa el gradiente de la función de costo en el espacio función.

$$\nabla l(y, f) = \nabla_f l(y, Tc) \quad (7)$$

Idealmente el espacio de Γ es el mismo de Y , pero en general no es el caso, por ello el funcional lineal es minimizado con respecto a la función de costo para adecuar la respuesta.

Dado la función actual

$$f = Tc \quad (8)$$

Se crea una dirección de descenso en el espacio de hipótesis \hat{t} con una función con producto interno positivo, con el gradiente negativo que debe ser una dirección de descenso: $(-\nabla l(y, Tc))^T t_{i+1}$

En *AnyBoost*, un algoritmo de entrenamiento débil es usado para construir una hipótesis que aproximadamente maximice el producto interno de la hipótesis con el gradiente negativo en cada iteración. La hipótesis es agregada con un apropiado tamaño de paso a la función actual: $Tc + ct$

El algoritmo termina si el entrenamiento débil falla al producir una hipótesis débil que es una dirección de descenso que indica convergencia, o si este alcanza el máximo número de iteraciones.

Algoritmo (Anyboost):

Dada una clase de hipótesis débiles Γ , y la función $l(y, t)$ con gradiente $\nabla l(y, t)$, el entrenamiento para encontrar $t \in \Gamma$ maximizando $u^T t$ consiste en:

1. Dado que $f = \text{constante}$ (hipotesis nula)
2. Computar $u_1 = -\nabla l(y, f)$
3. Iniciar el ciclo para $i = 1$ hasta N
4. dado $t_i \in \arg \max_{t \in \Gamma} u_i^T t$
5. si $u_i^T t_i < 0$ entonces, regresar a f

6. Escoger c_i para reducir $l(y, f + c_i t_i)$

7 Dado $f = \sum_{j=1}^i t_j c_j$

8. Computar $u_i + 1 = \nabla l(y, f)$

9. Finalizar el ciclo

10. retornar a f

Se puede cambiar en el paso 4 la función de costo y/o en el paso 6 el algoritmo a optimizar con el tamaño del paso.

AnyBoost con hipótesis débil ortogonal:

Es una variante del *AnyBoost* cuya meta es crear un conjunto de variables ortogonales que expliquen la respuesta, en este caso recibe el nombre de *orthoAnyBoost*, por ejemplo en el caso de regresión:

$$Y \approx Tc = XVC \quad (9)$$

$$T^T T = 1 \quad (10)$$

Donde V es una matriz proyección con $v_i, i = 1, \dots, N$ como sus vectores columnas, de tal forma que minimice la función de costo.

Algoritmo (orthoAnyBoost):

Se basa en el algoritmo de *AnyBoost* cambiando los siguientes pasos:

4. dado $t_i \in \arg \max_{t \in \mathbb{R}^r} u_i^T t_i$

sujeto a: $t^T t_j = 0, \quad j = 1, \dots, i-1$

6. optimizar c para reducir $l(y, \sum_{j=1}^i t_j c_j)$

Este simple cambio tiene varias ramificaciones:

- Se puede usar ahora una hipótesis más poderosa mientras que la hipótesis del sub-problema está regularizada.

- En segundo lugar la búsqueda ya no es mediante el algoritmo del gradiente de descenso. Se ha transformado el algoritmo de sub-espacio interno, similar, al algoritmo de gradiente conjugado no lineal. En cada iteración el algoritmo computa la solución óptima sobre el sub-espacio actual.

El método de sub-espacio tal como el gradiente conjugado puede ser mucho más rápido que el método de los gradientes, particularmente para problemas mal planteados.

En este caso los coeficientes de regresión deben ser nuevamente fijados en cada iteración, lo cual no se hace en el *boosting*.

La estructura del *orthoAnyBoost* puede ser aplicada para hipótesis lineales de la forma:

$$t_k = x_k^T v \quad (11)$$

En el espacio de entrada.

Para aplicar *orthoAnyBoost* a la hipótesis lineal se requiere que la hipótesis débil del paso 4 y la hipótesis fuerte calculada en el paso 6 sean modificadas adecuadamente. La gran ventaja de la hipótesis lineal es que la función lineal ortogonal óptima encontrada en el paso 4 puede ser eficientemente computada remodelando el problema dentro del espacio nulo de las restricciones usando procedimientos de deflación.

Al aplicar ortogonalidad en el espacio lineal se requiere que la nueva hipótesis sea ortogonal a toda restricción previa de las restricciones de igualdad lineal en el espacio de hipótesis. La hipótesis lineal, $t = Xv$, en el paso 4 en *orthoAnyBoost* se reduce a:

$$\max_v u_i^T Xv \quad (12)$$

$$\text{sujeto } a : t^T t_j = 0, j = 1, \dots, i-1$$

Esta combinación de *orthoAnyBoost* con hipótesis lineales es lo que genera al método de factores latentes fortalecidos.

Algoritmo de los factores latentes fortalecidos

Antes de establecer el algoritmo para los factores latentes fortalecidos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Se requiere que la nueva hipótesis sea ortogonal a toda restricción previa de las restricciones de igualdad lineal en el espacio de hipótesis.

La hipótesis lineal, $t = Xv$, en el paso 4 en *orthoAnyBoost* se reduce a:

$$\max_v u_i^T Xv$$

$$\text{sujeto } a : t^T t_j = 0, j = 1, \dots, i-1$$

La igualdad lineal se elimina mapeando el problema dentro del espacio nulo de las restricciones lineales.

De manera que:

Defina $T_i = [t_1, \dots, t_i]$ y defina a Z_i como la matriz de espacio nulo para la matriz $T_i^T X$.

Entonces para algún w :

$$v_i = Z_{i-1} w_i, \text{ lo que implica: } T_i^T X v_i = 0.$$

En la iteración $i = 1$, Z_0 es definida como la matriz identidad I y $X^1 = X$.

El problema puede ser re-parametrizado como:

$$\max_w u_i^T X Z_{i-1} w$$

$$\text{sujeto a : } w^T w = 1$$

Comenzar el algoritmo con la hipótesis débil igual a una hipótesis constante, $t = \alpha e$, un vector de unos.

- El tamaño del paso sobre la columna constante es obtenido resolviendo:

$$\min_c l(y, ce)$$

La primera hipótesis es entonces $f = ce$.

Se considera el primer $c = \mu_y$

La data de la matriz es deflactada por el escalar: $t_0 = \frac{e}{\|e\|}$

$$X_1 = X - t_0 t_0^T X = X - e \mu_x^T$$

Esta deflación centra cada valor.

Algoritmo FLF:

Introduzca la matriz X , la respuesta y , número de variables latentes N

1. Calcule $c = \mu_y = \arg \min_{\mu_y} l(y, \mu_y, e)$

Dado $\mu_x = \frac{1}{m} X^T e$ deflactar a X para obtener $X_1 = X - e \mu_x^T$

calcular: $u_1 = -\nabla l(y, \mu_y, e)$

2. Iniciar ciclo, para $i = 1$ hasta N

3. Calcular la solución optimal de $w_i = X_i^T u_i$

4. Calcular la hipótesis lineal $t_i = X_i w_i$, t_i normalizada

T es la matriz que almacena a los t : $T = [T \quad t]$

5. Deflactar a X : $p_i = X_i^T t_i \quad X_{i+1} = X_i - t_i p_i^T$

6. Calcular $c = \arg \min_{(c)} l(y, Tc)$

7 Calcular el gradiente negativo: $u_{i+1} = -\nabla l(y, Tc)$

8. Finalizar el ciclo

9. Hipótesis final $T(x) = (x - \mu_x)^T W (P^T W)^{-1}$

P y W son matrices que contienen los vectores p y w obtenidos en las iteraciones

10. Calcular los coeficientes en el espacio original: $g = W (P^T W)^{-1} c$

11. Función final $f_{(x)} = (x - \mu_x)^T g$

Estructura matemático del algoritmo FLF

El método de factores latentes fortalecidos tiene por objetivo encontrar un modelo que describa el comportamiento de los datos, entrena un conjunto de hipótesis o funciones ortogonales usando la minimización de una función de costo. La ejecución de este algoritmo involucra procesos matemáticos que se detallan a continuación:

- En primer lugar se elige una función de costo $l(y, f)$ que debe ser diferenciable, asegurando que existe el gradiente de esa función $\nabla l(y, f)$. Es de notar que en factores latentes fortalecidos:

$$f = Tc, \text{ con el primer } c = \mu_y \text{ y el primer } t = e.$$

- El trabajo de entrenamiento de los datos se realiza en un espacio de función lineal. Los datos se proyectan en este espacio siguiendo la dirección del vector gradiente, que minimiza la función de costo, el problema consiste entonces en:

A partir de:

$$u_i = -\nabla l(y, f) \text{ y } w_i = X_i^T u_i$$

Encontrar la hipótesis lineal: $t_i = X_i w_i$.

Lo que es posible al encontrar la solución del problema optimal:

$$\max_w u_i^T X Z_{i-1} w$$

$$\text{sujeto a : } w^T w = 1$$

Usando el método de multiplicadores de Lagrange², Thomas and Finney [7], para resolver este problema, queda:

$$\text{Como funciones a evaluar: } F(w) = u_i^T X Z_{i-1} w \quad g(w) = (w^T w - 1) = 0$$

El sistema de ecuaciones:

$$\nabla F = \lambda \nabla g \quad g = 0$$

$$\begin{cases} u_i^T X Z_{i-1} = \lambda w^T \\ w^T w - 1 = 0 \end{cases}$$

$$\text{Despejando } w \text{ de la primera ecuación del sistema: } w = \frac{z_{i-1}^T X^T u_i}{\lambda}$$

$$\text{Al En general, en la iteración el problema se acerca a la solución en: } w_i = \frac{Z_{i-1}^T X^T u_i}{\|Z_{i-1}^T X^T u_i\|}$$

Luego se sustituye W_i para computar t_i .

² Método de los multiplicadores de Lagrange: suponga que las funciones $F(x_1, \dots, x_n)$ y $g(x_1, \dots, x_n)$ son diferenciables. Para encontrar los valores máximos y mínimos locales de F sujetos a la restricción $g = 0$ encuentre los valores de λ , que simultáneamente satisface las ecuaciones:

$$\nabla F = \lambda \nabla g \quad g(x_1, \dots, x_n) = 0 \text{ con } \lambda \text{ como el multiplicador de Lagrange.}$$

Una equivalente forma para resolver el anterior problema consiste en usar la restricción de ortogonalidad del método *orthoAnyBoost* y la matriz de espacio nulo, Z_i , de $T_i^T X$:

Defínase a: $X_i = XZ_{i-1}$

Al evaluar la restricción de ortogonalidad:

$$T_i^T X v_i = 0$$

Con $T_i = [t_1 \dots t_{i-1}]$ y considerándose para algún i , se puede escribir: $v_i = Z_{i-1} w_i$

sustituir w en la segunda ecuación del sistema: $\lambda^2 = \|Z_{i-1}^T X^T u_i\|^2$

Lo que implica que: $T_i^T X v_i = 0$

Es equivalente a: $T_i^T X Z_{i-1} w_i = 0$

Luego al sustituir a $X_i = XZ_{i-1}$ queda: $T_i^T X_i w_i = 0$

Entonces la hipótesis lineal es: $t_i = X_i w_i$

Debido a que por ortogonalidad: $T_i^T t_i = 0$

Una ventaja de usar esta forma para el problema es que la solución óptima: $w_i = \alpha X_i^T u_i$

Se obtiene de sustituir a $Z_{i-1}^T X^T = X_i^T$ en:

$$w_i = \frac{Z_{i-1}^T X^T u_i}{\|Z_{i-1}^T X^T u_i\|}$$

- Los vectores t son ortogonales entre sí: para demostrar esto se trabaja con la matriz residual de X , al someter a X a un proceso de deflación en cada iteración:

Con $p_i = X_i^T t_i$, $X_{i+1} = X_i - t_i p_i^T$

El factor de ortogonalización es aplicado, de forma que: $T_i^T X_{i+1} = 0$ puede ser demostrado por inducción:

Considere en particular, la segunda iteración, donde $t_1 = \frac{X w_1}{\|X w_1\|}$

$$X_2 = (I - t_1 t_1^T) X = X - \frac{X w_1}{\|X w_1\|} t_1^T X = X \left(I - \frac{w_1}{\|X w_1\|} t_1^T X \right)$$

Defina: $Z_1 = \left(I - \frac{X w_1}{\|X w_1\|} t_1^T X \right)$

Entonces: $t_1^T X_2 = t_1^T X Z_1 = 0$

Tal que la solución óptima del problema para la segunda iteración satisface la restricción de ortogonalidad.

En general para la i -ésima iteración asuma:

$$X_i = XZ_{i-1}$$

$$t_j^T XZ_{i-1} = 0 \quad j = 1, \dots, i-1$$

En la iteración $i+1$

$$X_{i+1} = (I - t_i t_i^T) X_i - \frac{X_i w_1}{\|X_i w_1\|} t_1^T X_i = XZ_{i-1} \left(I - \frac{w_1}{\|X_i w_1\|} t_1^T X_i \right)$$

Por la suposición,

$$t_j^T XZ_{i-1} = t_j^T XZ_{i-1} \left(I - \frac{w_1}{\|X_i w_1\|} t_1^T X_i \right) = 0, \quad j = 1, \dots, i-1$$

Demostrándose la ortogonalidad.

- Encontrar los valores de c , a través de la minimización de la función: $c = \operatorname{argmin}_{(c)} l(y, Tc)$

Para la solución de este problema se parte de la definición de punto mínimo relativo y las condiciones necesarias de primer orden y segundo orden, Luenberger [8]:

Definición de punto mínimo relativo: un punto $c^* \in R^n$ es un punto mínimo relativo o punto mínimo local de $l(y, c) \in R^n$, si existe un $\varepsilon > 0$ tal que $l(y, c) \geq l(y, c^*)$ para toda $c^* \in R^n$ a una distancia de c^* menor que ε , es decir, $c \in R^n$ y $\|c - c^*\| < \varepsilon$.

Condición necesaria de primer orden: sea, $l(y, c) \in C^1$ una función en R^n Si c^* es un punto mínimo relativo de $l(y, c)$ en R^n entonces para cualquier $d \in R^n$ que sea una dirección factible³ en C^* , resulta $\nabla l(y, c^*) d \geq 0$.

Condición necesaria de segundo orden: sea $l(y, c) \in C^2$, una función en R^n Si c^* es un punto mínimo relativo de $l(y, c)$ en R^n , entonces para cualquier $d \in R^n$ que sea una dirección factible en C^* resulta:

$$\nabla l(y, c^*) d \geq 0$$

$$\text{Si } \nabla l(y, c^*) d = 0, \text{ entonces } d^T \nabla^2 l(y, c^*) d \geq 0$$

Donde $\nabla^2 l(y, c^*)$ representa la segunda derivada evaluada en C^*

El cálculo de μ_y , que corresponde al primer valor c se obtiene de considerar:

$$\nabla l(y, \mu_y) = \frac{\partial l(y, \mu_y)}{\partial \mu_y} = 0$$

³ Dirección factible: dado un $c \in R^n$, se puede decir que un vector d es una dirección factible en c si existe si existe algún $\alpha^* > 0$ tal que $(c + \alpha d) \in R^n$ para todo α , con $0 \leq \alpha \leq \alpha^*$.

Debido a que el punto mínimo relativo de una función debe cumplir con que la primera derivada evaluada en ese punto debe ser cero.

Para el cálculo de los siguientes valores de \mathcal{C} , se procede con alguna técnica de minimización de programación lineal (la más común el método de Newton) junto con el punto de partida $c = \mu_y$. La técnica de minimización consistirá en encontrar en cada iteración el nuevo valor de c que minimiza a $l(y, c)$ cumpliendo las condiciones de primer y segundo orden:

$$c_{i+1} = c_i - \alpha_i d_i$$

Donde α_i es un escalar no negativo y d_i es una dirección de descenso.

En particular para el método de Newton: $\alpha_i d_i = \left(\nabla^2 l(y, c_i) \right)^{-1} \nabla l(y, c_i)$

Conclusiones

- El método de factores latentes fortalecidos puede ser usado en problemas de regresión y problemas de clasificación aplicando una función de costo adecuada.

- El uso de una función de costo con las propiedades de diferenciabilidad y convexidad asegura que el método *Boosting* y sus variantes como el *AnyBoost* y los factores latentes fortalecidos converjan a la solución óptima.

- El desarrollo matemático del algoritmo FLF muestra que su convergencia es alcanzada en pocos pasos debido a que se fundamenta en funciones diferenciables y métodos de optimización que tienen convergencia comprobada.

- Debido a que el método estudiado en esta investigación se fundamentan en estructuras algebraicas y técnicas de optimización se hace sencillo su implementación numérica.

Referencias Bibliográficas

- [1] Bühlmann H., Boosting algorithms: regularization, prediction and model fitting. *Statistical science*, Vol 22, No. 4 (2007), 477- 505. En: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/boost.html>. [Consultado 6 de Septiembre 2009].
- [2] Duffy H., *Boosting Methods for Regression*, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, Vol. 27, (2002), 153-200.
- [3] Kramer., *An Introduction to Boosting in the Regression Framework*, Technical University Berlin, Institute de Quantitative Methods, (2007). En: https://scholar.google.co.ve/scholar?q=an+introduction+to+boosting+in+the+regression+framework&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar&sa=X-&ved=0CBkQgQMwAGoVChMInsauttSSyQIViGImCh2UOgQ2 [Consultado 20 de Julio 2007].
- [4] Momma M., y Bennett K., *Constructing Orthogonal Latent Features for Arbitrary Loss*, *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, Vol 207, (2006), 1-28. En: <http://basilo.kaist.ac.kr/papers/rensselaer/bennet/mb7.pdf> [Consultado 20 Noviembre 2010].
- [5] Freund S., *A Short Introduction to Boosting*, *Journal of Japanese Society for Artificial Inteligence*, Vol 5, No.14, (1999), 771-780. En: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/boost.html> [Consultado 6 de Septiembre 2009].
- [6] Mason Ll., Baxter J., *Boosting Algorithms as Gradient Descent in Function Space*, MIT Press Cambridge (1999). En: <http://citeseer.ist.psu.edu/124873.html> [Consultado 13 de Noviembre 2007].

[7] Thomas G., y Finney R., Cálculo varias variables (9^{na} edición), Addison Wesley Longman, México, (1999).

[8] Luenberger D., Programación Lineal y no Lineal. Addison-Wesley Iberoamericana, (1989).

Efecto de diferentes adsorbentes sobre el contenido de minerales en el mosto y vino blanco

Zulay Mármol, Verónica Berrueta, Félix Torrealba, Johanna Raga, Gisela Páez†, Karelen Araujo y Marisela Rincón.

Laboratorios de Tecnología de Alimentos y Fermentaciones Industriales. Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia. Apartado 526. Maracaibo, Estado Zulia. Venezuela.

Correo electrónico: zulaymarmol@gmail.com, vero_beal5@hotmail.com, felixalejandrol@gmail.com, johannaraga@gmail.com, karelenaraujo@gmail.com, gpaezr@gmail.com y mariselarincon@gmail.com

Recibido: 21-11-2017

Aceptado: 03-07-2018

Resumen

Los metales presentes en el vino pueden alterar su calidad. Por lo cual, se emplean adsorbentes en el proceso de clarificación. El objetivo de esta investigación fue evaluar el contenido de metales en mosto y vino blanco tratado con quitina obtenida a nivel de laboratorio a partir de caparazones de camarón, quitina comercial y caseinato de potasio. El contenido de metales se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica y de emisión atómica. Los resultados se analizaron bajo un diseño factorial 2x4 completamente al azar a un nivel de significancia del 5%, observándose un efecto significativo entre los estabilizantes. Los adsorbentes presentaron mayor afinidad a los cationes más electropositivos (calcio, magnesio, hierro y zinc). El uso de la quitina como adsorbente en el proceso de vinificación contribuye a la disminución indirecta del impacto ambiental que generan los desechos de estos crustáceos y aporta a la industria vinícola un adsorbente de económica obtención que compita con los comerciales.

Palabras Clave: Quitina, vinos blancos, minerales, espectrofotometría de absorción atómica, espectrofotometría de emisión atómica.

Effect of different adsorbents on the content of minerals in the grape juice and white wine

Abstract

The quality of the wine can be affected by the presence of metals, therefore the use of adsorbents in the process of clarification. The objective of this research was to evaluate the metal content in grape juice and white wine. They were treated with chitin obtained in the laboratory from shrimp shells, commercial chitin and potassium caseinate. The metal content was determined by spectrophotometry of atomic absorption and Atomic emission. The results were analyzed under a factorial design 2 x 4 completely at random to a significance level of 5%, with a significant effect between stabilizers. Adsorbents presented greater affinity to more electropositive cations (calcium, magnesium, iron and zinc). The use of chitin as adsorbent in the winemaking process contributes to the indirect reduction of the environmental impacts that generate the waste of these crustaceans and brings to the wine industry an adsorbent of economic production that competes with the commercial.

Keywords: Chitin, white wines, minerals, and atomic absorption spectrophotometry, atomic emission spectrophotometry

Introducción

La presencia de metales en el vino tiene diversas fuentes entre las que destacan la contribución del suelo de los viñedos, la capacidad de la uva de tomar sustancias minerales, la contaminación por los aerosoles del viñedo y el contacto del producto con materiales que contienen estos compuestos durante las etapas de preparación y conservación según Catarino *et al.* [1]

La determinación de las concentraciones de los metales en el mosto y vino es necesaria para evitar efectos sobre la salud y además, asegurar la calidad del producto debido a concentraciones supe-

rios a las recomendadas conlleva a cambios organolépticos que provocan el rechazo del consumidor. Estos cambios son debido a alteraciones de la acidez, formación de cristalizaciones, enturbiamiento por formación de coloides inorgánicos, catálisis de reacciones enzimáticas, alteraciones aromáticas y así como riesgo de toxicidad crónica. Gonzalez *et al.* [2]. Para reducir las alteraciones indeseables en el vino, se emplean adsorbentes en el proceso de clarificación y estabilización del vino, entre ellos destacan: el caseinato de potasio, polivinilpolipirrolidona.

Actualmente, ha tenido mucho auge el estudio del efecto de la quitina sobre algunas sustancias indeseable en el vino. La quitina es una macromolécula atóxica, abundante en la naturaleza que se obtiene del exoesqueleto de invertebrados y las paredes celulares de algunos hongos y algas. La principal fuente de este polímero natural son los desechos generados por la industria pesquera, específicamente del camarón. Aranaz *et al.* [3] y Mármol *et al.* [4].

Para contrarrestar el efecto negativo que producen los metales en el vino se planteó como objetivo de esta investigación evaluar el efecto de la quitina de elaboración propia sobre el contenido de los metales sodio, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc y potasio en el mosto y vino blanco. Así mismo, se comparó el efecto de la quitina de elaboración propia con la quitina comercial y el caseinato de potasio.

Materiales y Métodos

Obtención de quitina

Se utilizaron caparazones de camarón (*Pennaeus vannamei*) suministradas por la planta procesadora de camarones, Industrias del Mar, C.A., ubicada en el municipio San Francisco del estado Zulia. Para la obtención de la quitina se siguió el procedimiento descrito por Mármol *et al.* [4]. Para la caracterización de la quitina se emplearon la humedad se realizó por el método AOAC (1990), cenizas por el método gravimétrico reportado por Salazar [5] y nitrógeno total por el método de Kjeldahl Salazar [5].

Tratamiento del mosto: Se empleó mosto de uva, *vitis vinifera var Malvasia*, proporcionada por el centro Vitícola del estado Zulia, tratado con 13ppm de metabisulfito de sodio. El mosto fue clarificado con bentonita (1g/L) por 24h. Se trasegó y dividió en dos partes iguales, la primera destinada al proceso de fermentación y la segunda sometida a tratamiento con los adsorbentes (0,8g/L) usando quitina de elaboración propia, quitina comercial y caseinato de potasio por 24h a temperatura de laboratorio (22-24°C). Finalmente, se filtró y se realizaron las mediciones del contenido mineral por espectrofotometría de emisión atómica (potasio) y por espectrofotometría de absorción atómica (sodio, calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc) método reportado por García [6].

Pie de Cuba: Una vez corregido y suplementado el mosto (21°Brix + 0,2 g·L⁻¹ de fosfato de amonio), se realizó la siembra de levadura (*Saccharomyces. cerevisiae* ATCC 4921, proveniente de la *American Type Culture Collection*, Rockville, MD, USA).

Tratamiento y proceso de elaboración del vino blanco: El vino obtenido fue clarificado con filtros de membrana celulosa (0,2µm poro y 47mm diámetro). Posteriormente, se aplicó el tratamiento correspondiente utilizando 0,8g/L de los adsorbentes durante 24h, se filtró y se realizaron las mediciones del contenido mineral.

Diseño estadístico experimental.

Los resultados fueron analizados bajo un diseño de tratamientos factorial 2x4 completamente al azar para evaluar dos muestras (mosto y vino) y adsorbente (Control, quitina de elaboración propia, quitina comercial y caseinato de potasio) a un nivel de significancia del 5%. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el software SAS versión 8.0 para obtener la estadística descriptiva (media y desviación estándar) y para la comparación de media se aplicó la prueba Tukey, así como el análisis de varianza (ANOVA).

Resultados y Discusión

Sodio

El sodio es un mineral que influye poco en el proceso de fermentación de la uva, pero debe monitorearse ya que su contenido está regulado por temas de salubridad Gonzalez *et al.* [2]. En esta investigación se observó en el mosto un ligero aumento no significativo del sodio en las muestras tratadas quitina propia y comercial con respecto al control pero estadísticamente significativo al emplear caseinato de potasio, estos valores van desde 139,33 a 156,00mg/L (Figura 1). La quitina de elaboración propia arrojó un valor de 145,00mg/L, siendo este el valor más bajo en comparación con el resto de los adsorbentes, es decir, que presentó los mejores resultados.

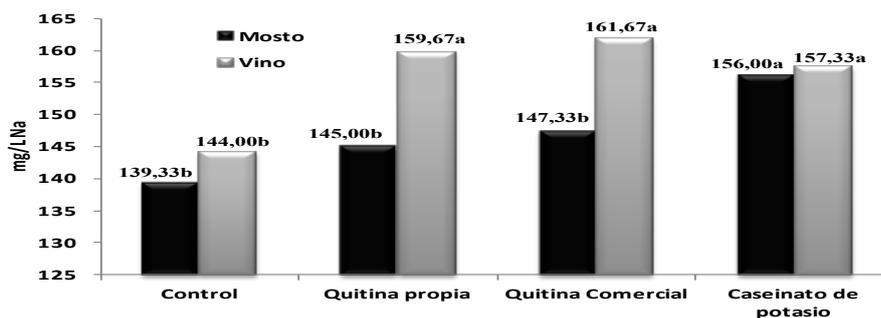


Figura 1. Contenido de sodio en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

El contenido de sodio es dependiente de diversos factores como: tipo de suelo, origen geográfico de la vid, agua de riego, aditivos agregados al mosto (hiposulfito de sodio como bactericida, bicarbonato de sodio para la corrección de la acidez) y la levadura (puede contener pequeñas cantidades de sodio) Gonzales *et al.* [2].

Por otra parte, se observó que el contenido de sodio en el vino fue más elevado que en el mosto, encontrándose valores dentro del rango de 144,00 a 161,67mg/L con diferencias significativas entre el vino control y el vino tratado con los diferentes adsorbentes. Entre la quitina propia y de elaboración propia no hubo diferencias estadísticamente significativas, lo cual indica que esta última está a la altura de los estabilizantes usados en la industria.

El contenido de sodio encontrado en vino está respaldado por el rango reportado por Flanzky *et al.* [7], el cual oscila entre 10 a 250mg/L. Así mismo, la organización internacional de la viña y el vino (OIV) [8] establece un máximo permisible de sodio de 80mg/L. Como se puede observar en la Figura 1 el contenido de sodio sobrepasa los 130mg/L, por tanto, se encuentra sobre el límite fijado por la OIV. Probablemente, esto altos niveles se deban a la ionización del sodio en el medio después de la aplicación de metabisulfito de sodio al mosto.

Potasio

El potasio es el principal catión presente en el vino y sus intervalos de concentración van de 0,5-2g/L. Las concentraciones más altas se encuentran en los vinos elaborados a partir de uvas viejas o uvas pasificadas. Los vinos blancos contienen menos cantidad de potasio que los vinos tintos debido a la capacidad de los fenoles para inhibir la precipitación del bitartrato de potasio. Moreno y Peinado [9].

El contenido de potasio es necesario monitorearlo debido al impacto que tienen las nuevas técnicas agrícolas de abonado y fertilización sobre la calidad del vino. Altos niveles de potasio en uvas, conllevan a elevar el pH del vino, provocando modificación de las características y tipicidad del vino. Carazola y Xirau [10]; Nikolakaki *et al.* [11].

En la Figura 2, se observa la variación del contenido de potasio en las muestras de mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Se observa que el contenido de potasio en las muestras de mosto tratadas con adsorbentes aumentó ligeramente en comparación al encontrado en la muestra control. Sin

embargo, el mosto tratado con quitina de elaboración propia no presentó diferencias estadísticamente significativas con el mosto control. El mosto tratado con quitina de elaboración propia arrojó valores de 1042,00mg/L pero el mosto tratado con caseinato de potasio fue el que presentó el valor más alto (1183,33mg/L), seguido de la quitina comercial con 1139,00mg/L. Todos estos valores son aceptables según Flanzky [7], quien reporta que la concentración de potasio en mostos de uva es mayor a 1g/L.

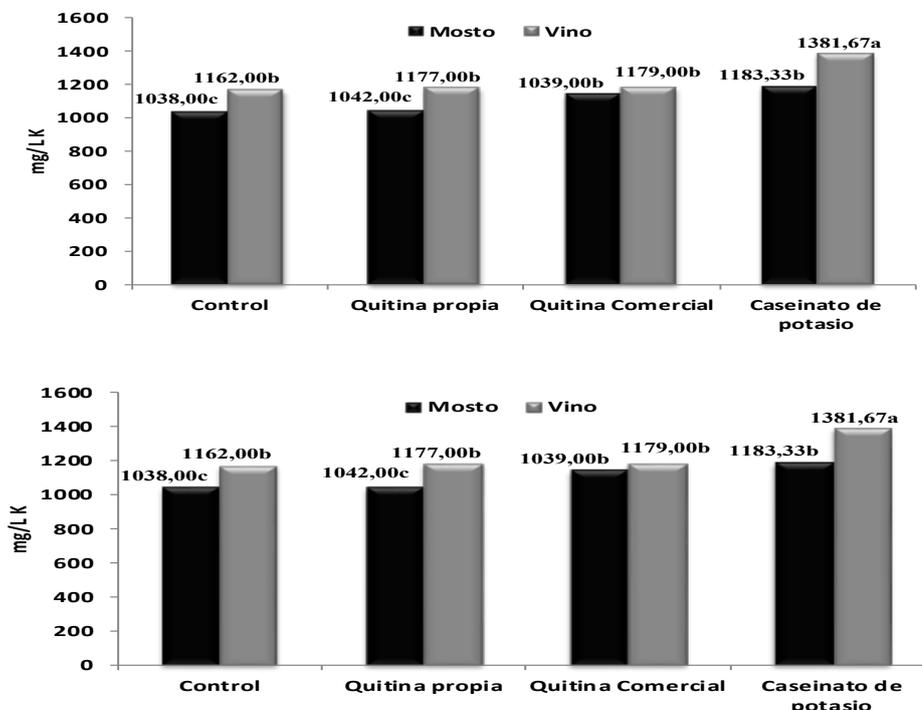


Figura 2. Contenido de potasio en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

En cuanto al contenido de potasio en vino, se observa al igual que en el mosto un ligero aumento del mineral al aplicar los estabilizantes. Además, no se observaron diferencias significativas entre el vino control (1162,00mg/L) y el tratado con quitina comercial (1179,00mg/L) y la quitina de elaboración propia (1177,00mg/L), estos valores son comparables a los obtenidos por Fernández *et al.* [12] con un contenido de 1100mg/L. Sin embargo, el vino tratado con caseinato de potasio presentó diferencias significativas con el resto de los adsorbentes, arrojando el mayor contenido del mineral, con un valor de 1381,67mg/L, esto puede deberse a la disociación del potasio presente en la molécula del adsorbente que contribuye a incrementar la concentración del metal en el medio. Flanzky [7].

Magnesio

A diferencia del potasio y sodio, en la Figura 3 se observa la disminución del contenido de magnesio en el mosto tratado con respecto al mosto control. Así mismo, no se observaron diferencias significativas entre la quitina de elaboración propia y la quitina comercial, lo que es indicativo de que esta posee similar eficiencia que los adsorbentes empleados industrialmente. Los valores de magnesio obtenidos arrojaron valores que van desde 75,43mg/L a 85,83mg/L, estos valores se encuentran alrededor de 100mg/L, valor establecido por Flanzky [7].

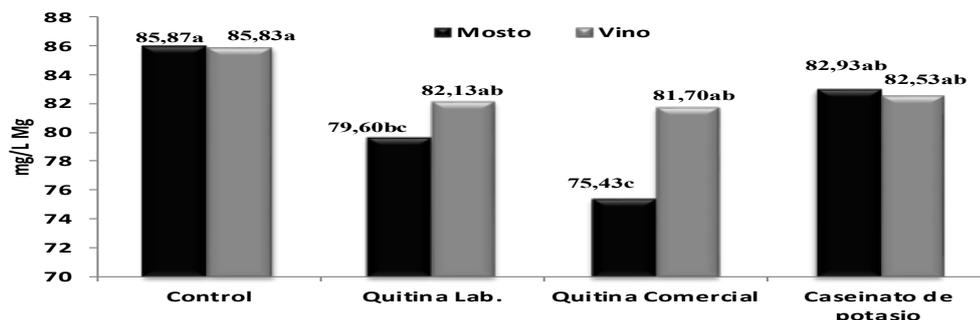


Figura 3. Contenido de magnesio en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

En cuanto al contenido de magnesio en vino no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre el control y adsorbentes. Sin embargo, se aprecia una ligera disminución en el contenido de magnesio después de aplicar los diferentes tratamientos, los valores oscilaron entre 81,70 y 82,53mg/L, los cuales son comparables con el valor obtenido por Fernández *et al.* [12] de 93,13mg/L. Así mismo, Moreno y Peinado [9] reportan concentraciones de magnesio en vino que oscilan entre 60 y 150mg/L.

Amerine y Ough [13] señalan que el contenido de magnesio se ve afectado por la utilización de agentes filtrantes, el almacenamiento en recipientes de hormigón, los tratamientos de afinado, el uso de resina de intercambio, la concentración de alcohol y otros constituyentes como el tartrato y sulfatos.

Zinc

El contenido de zinc es afectado por factores como: prácticas agrícolas, calidad de la maquinaria usada durante el procesamiento y agentes plaguicidas usados para el control de plagas Nikolakaki *et al.* [11].

En la Figura 4 se observa una disminución del contenido de zinc como producto del proceso de fermentación, por lo tanto, se observaron diferencias estadísticamente diferentes entre las muestras control y las tratadas con quitina pero no se observó el mismo comportamiento al evaluar el caseinato de potasio.

Los mostos tratados con adsorbentes presentaron una disminución en el contenido de zinc. Según Flanzky [7], el contenido de zinc en mostos es próximo a 1mg/L, el cual es comparable con los valores obtenidos en las muestras tratadas con estabilizantes que estuvieron comprendidos entre 0,23-0,54mg/L.

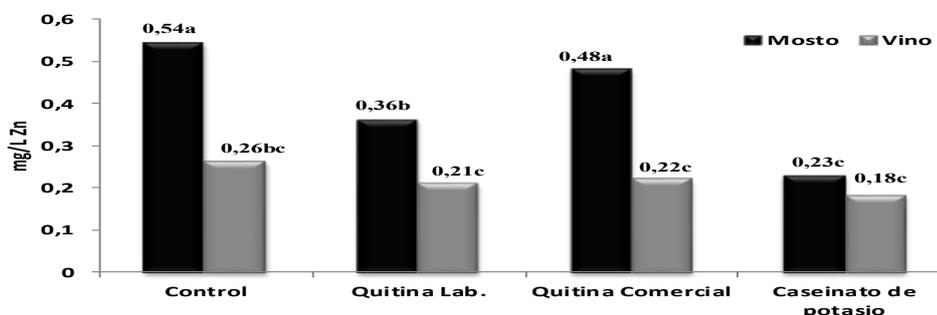


Figura 4. Contenido de zinc en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

Por otro lado, el contenido de zinc en el vino tratado fue ligeramente más bajo que el vino control. Además, no hubo diferencias significativas en el contenido de zinc entre el vino control y el tratado con los diferentes adsorbentes. Los resultados variaron entre 0,18 y 0,21mg/L, estos se encuentran por

debajo del valor reportado por Fernández *et al.* [12] de 0,39mg/L. La OIV estipula que el contenido permisible de zinc en vino es de 5mg/L, por lo tanto, el vino analizado se encuentra dentro de lo reglamentario.

Calcio

El contenido de calcio en el mosto y el vino (Figura 5) presentaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo, se evidencia una ligera disminución entre el control y el tratado con los adsorbentes.

Los valores de calcio en el mosto son superiores al magnesio aunque esta relación varía debido a la precipitación del tartrato de calcio durante la fermentación Flanzky [7]. Los mostos tratados con adsorbentes presentaron un menor contenido de calcio que el mosto control, estos valores van desde 101,07 a 122,33mg/L, valores comparables al reportado por Flanzky [7] de 100mg/L.

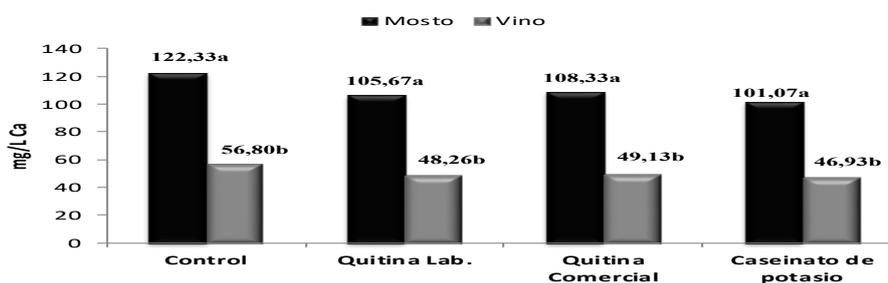


Figura 5. Contenido de calcio en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

Así mismo, no se encontraron diferencias significativas en el contenido de calcio de mosto con los diferentes adsorbentes, por lo tanto, la quitina de elaboración propia muestra un comportamiento similar al exhibido por los otros adsorbentes.

El calcio es un componente natural de las uvas que se encuentra afectado por las condiciones de cultivo de la vid (tipo, zona geográfica de cultivo, suelo), y además, por diversas prácticas enológicas como la desacidificación (adición de CaCO_3) o la adición de CaSO_4 usado como estabilizador y agente antibacteriano alternativo pueden incrementar el nivel de este mineral en los vinos. Scollary [14]. El exceso de este catión puede generar en la botella un precipitado cristalino indeseado de tartrato de calcio, el cual se encuentra afectado por el pH, la temperatura y el grado alcohólico. Carazola y Xirau [10], González *et al.* [2].

El contenido de calcio para las muestras de vino tratadas con los adsorbentes y la muestra control, mostradas en la Figura 5, los valores oscilaron entre 46,93 mg L⁻¹ a 56,8 mg/L, los cuales son comparables por el obtenido por Fernández *et al.* [12] con 48,40 mg L⁻¹. También se puede observar que la quitina comercial desempeña un papel similar con los adsorbentes industriales para la remoción de este catión en el vino.

Hierro

El contenido de hierro en la uva es bastante bajo, pero su concentración puede incrementarse por contaminación con equipos de hierro y residuos de pesticidas. Ough y Amerine [15]. Se conoce que un vino estable implica niveles de hierro menor a 5mg/L antes del ser embotellado (Bornet y Teissedre [16] pero concentraciones de hierro superiores a 8mg/L causan efectos indeseables como enturbiamientos debido a precipitaciones férricas de materiales pigmentados (quiebre azul) o con iones ortofosfatos (quiebre blanca) y cambios de color debido a la oxidación de los vinos. Bornet y Teissedre [16]; Carazola y Xirau [10].

En la Figura 6 se observa que el contenido de hierro presentó diferencias estadísticamente significativas entre el mosto y vino, observándose que el contenido de este mineral es mayor en el mosto que en el vino. Con respecto al contenido de hierro en mosto, se puede apreciar que el efecto de los adsorbentes es reducir el contenido de hierro, se presentaron valores que oscilaron entre 1,78- 4,14mg/L,

rango inferior a 5mg/L., lo cual permite evitar efectos indeseables sobre la calidad organoléptica del producto.

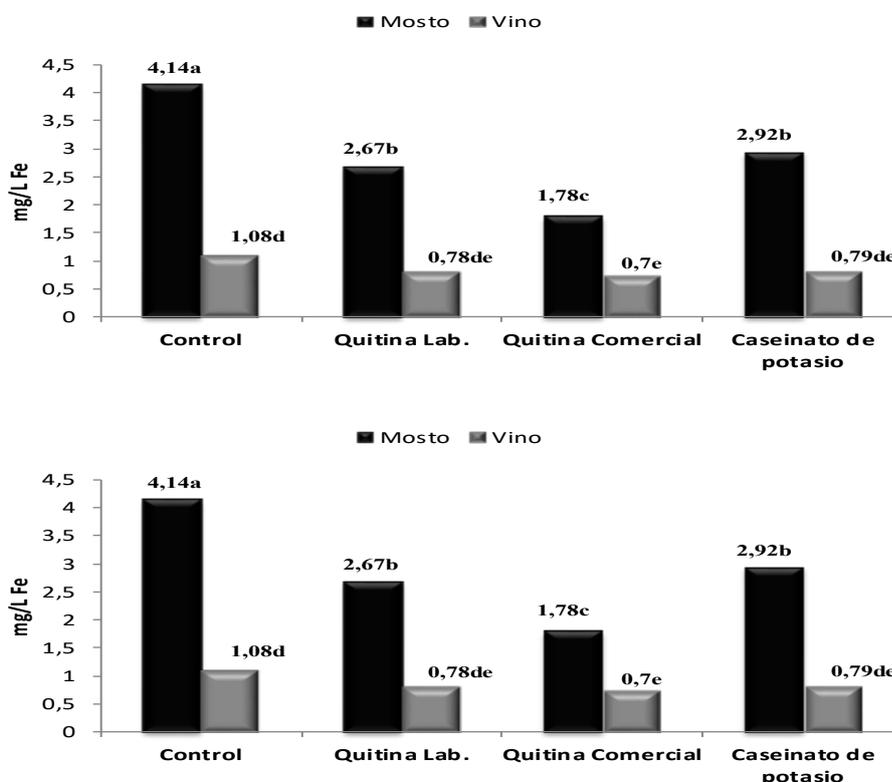


Figura 6. Contenido de hierro en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

Así mismo, se observa que cada uno de los adsorbentes presentó diferencias significativas con la muestra control, se puede observar que la quitina de elaboración propia se comporta de una manera similar a la quitina comercial y al caseinato de potasio.

En relación al contenido de hierro en las muestras de vino tratadas con adsorbentes y la muestra control, se observa en la Figura 6 que los valores están entre 0,70 a 1,08mg/L. Estos valores son inferiores al reportado por Laurie *et al.* [17] de 1,27mg/L. Además, se evidencia que no existen diferencias significativas entre los adsorbentes, por lo cual, la quitina elaborada actúa de igual manera que el resto de los estabilizantes.

Cobre

El contenido de cobre es un punto crítico en la elaboración del vino debido a que produce cambios sensoriales negativos en el vino, es decir, altas concentraciones producen enturbiamiento debido a la “quiebra cúprica”, la cual se observa a concentraciones próximas a 1mg/L (límite permisible sugerido por la OIV).

Así mismo, cuando el vino se almacena bajo condiciones de reducción tiende a desarrollar derivados azufrados con aromas desagradables, razón por la cual, se realiza un tratamiento fúngico o con sulfato de cobre permite eliminar estos compuestos azufrados. Sin embargo, se presenta el efecto de generar grandes cantidades de este mineral Moreno y Peinado [9]. En este sentido, el problema se mitiga debido a que la mayor parte del cobre es eliminado durante el proceso sedimentación Amerine y Joslyn [18] así como también, las reacciones de precipitación que se producen durante la fermentación alcohólica eliminan casi en su totalidad el cobre presente.

En la Figura 7, se muestra los valores del contenido de cobre en mosto, donde se observa claramente que la quitina elaborada no presentó diferencias significativas con el caseinato de potasio. Las

concentraciones de cobre en el mosto pueden sobrepasar los 0,5mg/L pero gran parte es eliminada durante las fases fermentativas.

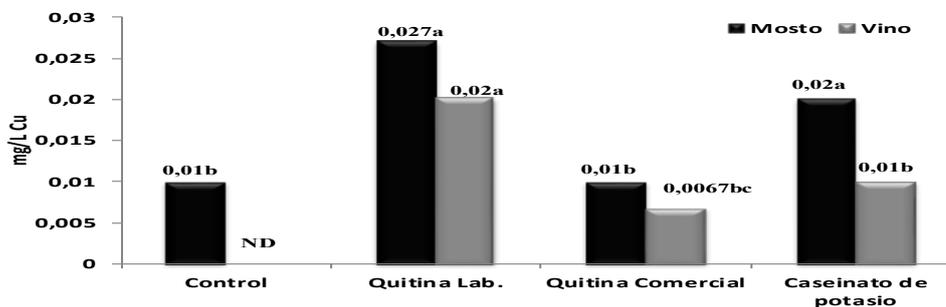


Figura 7. Contenido de cobre en mosto y vino tratado con los diferentes adsorbentes. Media con igual letra no difieren significativamente ($Pr \leq 0,05$).

Se aprecia en la Figura 7 un efecto no esperado para los mostos tratados con quitina de elaboración propia y caseinato de potasio. Estos incidieron en el aumento del contenido de cobre mientras que el mosto tratado con quitina comercial mantuvo el contenido de cobre en el mismo nivel que el mosto control.

En la Figura 7, se puede apreciar que para la muestra control de vino no se detectó concentraciones de cobre, en cambio para las muestras evaluadas con los tratamientos adsorbentes, los valores oscilaron entre 0,0067mg/L a 0,02mg/L, valores que son menores a 1mg/L establecido por la OIV, también se observó que la quitina de elaboración propia obtuvo diferencias significativas con el resto de las muestras.

El aumento del contenido de cobre en las muestras tratadas con quitina de elaboración propia puede obedecer a que se emplearon tamices moleculares a base de cobre durante su elaboración, permitiendo que el contacto de este material con las conchas de camarón durante esta etapa del proceso influyera en el contenido de este mineral y por ende, aumentarán los valores del mosto y vino.

Efectividad de Adsorción de minerales en vino.

La diferentes magnitudes de adsorción entre la quitina con los cationes metálicos es probablemente el resultado de la combinación de varios factores como la geometría de los complejos metálicos, los radios iónicos de los cationes, el estado de oxidación del metal, las consideraciones ácido-base débiles o fuertes y los electrones disponibles de los átomos de nitrógeno y oxígeno en el biopolímero; los cuales tienen el potencial de inducir interacciones hacia cationes metálicos cargados positivamente Cirillo y Lemma [19].

En la Figura 8, se observa una tendencia notable en la interacción de la quitina con los cationes que poseen número de oxidación mayor a 2, es decir, la quitina retiro los metales Ca^{+2} , Mg^{+2} , Zn^{+2} y Fe^{+3} , siendo este último el que presento mayor remoción atribuyéndose a su mayor estado de oxidación, y por ende, mayor afinidad con los grupos aminos de la quitina.

La segunda tendencia observada es al aumento de la remoción a mayor tamaño atómico. El zinc y el calcio están en el mismo periodo y se observó que el zinc presento mayor remoción que el calcio. Por otro lado, el magnesio y el calcio están en el mismo grupo, observándose mayor remoción del calcio.

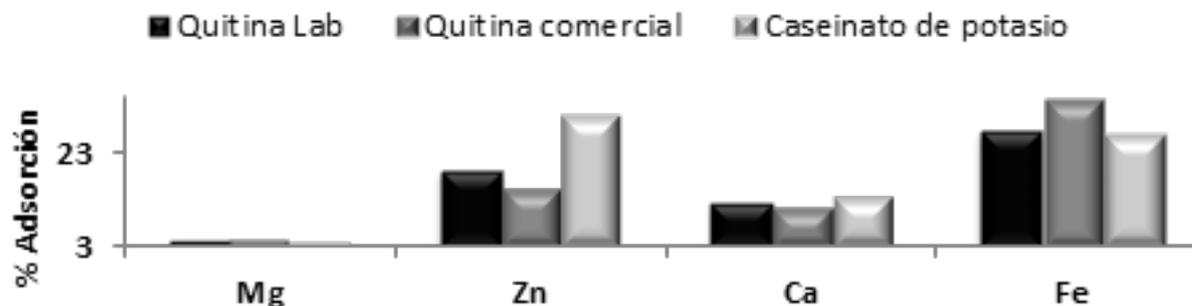


Figura 8. Porcentajes de adsorción de los minerales en función del adsorbente.

Conclusiones

Las muestras tratadas con quitina de elaboración propia no mostraron diferencias significativas con las muestras tratadas con quitina comercial y caseinato de potasio en la adsorción de minerales.

La adsorción de minerales por parte de los adsorbentes dependerá del grado de oxidación que posean estos. Minerales con estado de oxidación mayor a 2 fueron adsorbidos por los adsorbentes más eficientemente.

Referencias Bibliográficas

- [1] Catarino A., Curvelo-Garcia, Bruno de Sousa R., Revisao Elementos contaminantes nos Vinhos. *Ciência Téc. Vitiv*, Vol, 23 , No. 1, (2008) 3-19.
- [2] González P., Prieto-Hernández V. y Pistón M., Determinación de sodio, calcio y cobre en vinos uruguayos y estudio de la relación de estos elementos con el tipo de vino. *Av. cien. Ing.*, Vol 4, No. 3, (2013), 27-35.
- [3] Aranaz I., Mengíbar M., Harris R., Paños I., Miralles B., Acosta N., Galed G. y Heras A., Functional Characterization of Chitin and Chitosan, *Current Chemical Biology*, Vol 3, (2009), 203-230.
- [4] Mármol Z., Cardozo J., Carrasquero S., Páez G., Chandler C., Araujo K. y Rincón M., Evaluación de polifenoles totales en vino blanco tratado con quitina. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, Vol. 26, (2009), 423-442.
- [5] Salazar P., Obtención de quitina a partir de residuos de camarón, Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, Mexico D.F., (1999).
- [6] García J. B. , Técnicas analíticas para vinos (1^{era} ed.), GAB, España, (1990).
- [7] Flanzky C., Enología: fundamentos científicos y tecnológicos (2^{da} ed.) AMV y Mundi – Prensa ediciones, España, (2003).
- [8] Organisation internationale de la vigne et du vin. Recueil des methods internationales d'analyse des vins et des mouts. Maximum acceptable limits of various substances contained in wine. Vol. 2, (2014).
- [9] Moreno J. y Peinado R., *Enological Chemistry* (1^{era} ed.), Academic Press, Estados Unidos de Norte America, (2012).

- [10] Carazola J. y Xirau M., Técnicas usuales de análisis en enología, Panreac química Barcelona, España, (2005).
- [11] Nikolakaki G., Kallitharakas y Katsanos, Trace element analysis of Cretan wines and wine products. *Sci. Total Env.* Vol. 285, (2002), 155-163.
- [12] Fernández V., Berradre M., Sulbarán B., Ojeda de Rodríguez G. y Peña J., Caracterización química y contenido mineral en vinos comerciales venezolanos. *Revista de la Facultad de Agronomía*, Vol. 26, (2009), 382-397.
- [13] Amerine M. y Ough C., *Análisis de Vinos y Mostos*, Acirbia, Zaragoza, España. (1976).
- [14] Scollary G.R., Metals in wine: contamination, spoilage and toxicity. *Analysis*, Vol. 25, (1997), 26-30.
- [15] Ough C. y Amerine M., *Methods for analysis of musts and wines*, Wiley, New York, (1988).
- [16] Bornet A. y Teissedre P.L., Chitosan, chitin-glucan and chitin effects on minerals (iron, lead, cadmium) and organic (ochratoxin A) contaminants in wines. *Eur Food Res Technol.* No. 226, (2008), 681-689.
- [17] Laurie F., Villagra E., Tapia J., Jorge E., Sarkis Hortellani M., Analysis of major metallic elements in Chilean wines by atomic absorption spectroscopy. *Cien. Inv. Agr.* . Vol. 37, (2010), 77-85.
- [18] Amerine M. y Joslyn M., *Table Wines: The technology of their production* (2^{da}. ed.), University of California Press, Los Ángeles, Estados Unidos de Norte América, (1976), 797.

El error humano en el diagrama

José Vicente Ferrer Bastidas

Escuela de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Rafael Urdaneta. Postgrado de la Universidad del Zulia.

Correo electrónico: josevicentefb@gmail.com

Recibido: 12/12/2017

Aceptado: 03-07-2018

Resumen

Desde los inicios de la vida humana y a través de la evolución, afloro, la llamada técnica del ensayo-error, la cual se fue acentuando con el devenir de los siglos, particularmente la época de la revolución industrial de innegables y trascendentales cambios en la elevación de la calidad de vida del hombre. A pesar del aumento de la producción unitaria a la producción masiva, se da simultáneamente un incremento de los accidentes personales. Desde el siglo diecinueve al presente, la ciencia por intermedio de la medicina, la ingeniería y la psicología ponen de relieve la asociación del error humano y los accidentes, casi en proporciones cercanas al 100% de causalidad, teniendo en cuenta que el accidente es uno de dos riesgos al que se exponen los trabajadores, el otro es la enfermedad ocupacional, ambos entran en la ecuación que relaciona la probabilidad de ocurrencia, multiplicado por las consecuencias de los mismos. Este artículo resalta algunas teorías al respecto y la hipótesis apoyada en evidencias del autor durante un periodo mayor a 20 años de trabajo en Petróleos de Venezuela, S.A que le llevan a plantear una explicación del error humano en las matemáticas, con apoyo del diagrama cartesiano.

Palabras clave: Error humano, accidente, diagrama cartesiano

Human error in the cartesian diagram

Abstract

From the beginning of human life and through the evolution of it, afloro, even unintentionally called the so-called trial-error technique, which was accentuated with the course of the centuries, among which stands out the era of the industrial revolution of undeniable and transcendental changes in the elevation of the quality of life of man. However, this revolution from unitary production to mass production occurs simultaneously with an increase in personal accidents. From the end of the nineteenth century to the present, science through medicine, engineering and psychology highlight the association of human error and accidents, almost in proportions close to 100% causality, taking into account that the accident is one of two risks to which the workers are exposed, the other is the occupational disease, both enter the equation that relates the probability of occurrence, multiplied by the consequences thereof. This article seeks to highlight some theories in this regard, and proposals supported by evidence of the author especially in his transit over 20 years by Petroleos de Venezuela-PDVSA, which lead him to raise an explanation of human error in mathematics that describe the Cartesian diagram .

Keywords: Human error, accident, cartesian diagram

Introducción

Se entiende como riesgos laborales a los peligros existentes susceptibles de originar accidentes o cualquier tipo de siniestros que puedan provocar algún daño o problema de salud tanto físico como psicológico según OHSAS [1].

El error humano es un fenómeno extremadamente común. Las personas, independientemente de sus habilidades y nivel de experiencia, cometen errores diariamente, la mayoría de los errores que cometen las personas tienen poco impacto y pueden ser corregidos rápidamente. Sin embargo, cuando esos mismos errores son realizados en complejos sistemas sociales o tecnológicos el impacto puede ser muy grande [2].

Torres [3] en “La Guía sobre Seguridad Segura” expresa que la seguridad es una responsabilidad: inherente, indelegable e impostergable, y el mejor vínculo para ello es la educación”. El enfoque de la

Ingeniería inclina según Ramírez Cavassa [4] “La corrección del Error Humano debe ajustarse a la causalidad de los mismos entre cuatro grupos: 1. Actitud impropia, 2. Falta de conocimiento o preparación, causas primarias, 3. Defectos físicos, 4. Practica de seguridad difícil o imposible”

Ray Asfahl [5], manifiesta en “El libro Seguridad Industrial y Salud”, El enfoque coercitivo este es el primer enfoque que empleo la OSHA (Organización Federal para la Seguridad y Salud Ocupacional- USA). El enfoque coercitivo puro dice que dado que la gente no evalúa correctamente los peligros ni toma las precauciones adecuadas se le debe imponer reglas y sujetarla a castigos por incumplirlas. La Corporación *DuPont* [6], en los lineamientos corporativos expresa “El grado de compromiso visible a la Seguridad de la Gerencia, el grado de motivación a la Seguridad e Higiene, Programas de formación para seguridad e higiene”, además describe el concepto de tempano de hielo, donde el primer elemento por debajo de la línea de flotación del tempano es el error humano en sus diferentes manifestaciones”

Nava Hernández [7] “El concepto de trabajo para este tipo de práctica médica, que es el tema que nos ocupa, está ubicada en el ambiente laboral, el área de producción, donde solo los factores de riesgos pueden ser las causas determinantes de los problemas de salud de cada trabajador, en donde la mayoría de estos son provocados por actos inseguros”. El propósito de esta investigación, es una hipótesis sobre el desempeño humano en el origen de los accidentes laborales, asumiendo como cierta la proporcionalidad histórica de la relación causal entre el Error Humano y desviaciones en el ambiente de trabajo conocidas como condiciones inseguras, la cual expresa la misma en 90 % o más del Error Humano frente a otras causas.

Por ello, mediante la investigación se busca contrastar tales causales con la propuesta, derivada de una hipótesis, cuya expresión gráfica es el diagrama cartesiano –Gráfico 1, con una intersección en el mismo punto de tres rectas a saber: espacio, tiempo y el error humano, en el cuadrante negativo del diagrama cartesiano-Gráfico2; momento único del accidente.

La hipótesis consiste en que los sucesivos errores humanos, describen una curva tipo seno-Gráfico 3, cuando esta curva se mantiene en el cuadrante positivo del gráfico, no ocurre el accidente, pero cuando la curva se desplaza al cuadrante inferior entonces ocurre el accidente-Gráfico 2, se encuentra un punto donde las secantes tiempo y espacio, se intersectan, debido a desviaciones en el ambiente de trabajo, durante la jornada laboral, conocidas como condiciones inseguras (ejemplos: ausencia de orden y limpieza, ruido, iluminación o ventilación deficientes, entre otras) las cuales generan los riesgos físicos, químicos, biológicos y - ergonómicos cuando existen deficiencias de diseño de los espacios-.

El Ingeniero por la formación académica y competencia profesional (conocimiento), el más idóneo para establecer pautas de trabajo, lograr que las rectas secantes; tiempo y espacio, se mantengan paralelas durante la jornada laboral-Gráfico 4 aunque ambas se intersecten N veces con la recta de los errores humanos; impidiendo la ocurrencia del accidente, esto se daría en el cuadrante positivo- Gráfico 5, ello es porque, la curva seno sin errores humanos graves, en dicho cuadrante, esta hipótesis es la búsqueda matemática para impedir el accidente, especialmente en los catastróficos.

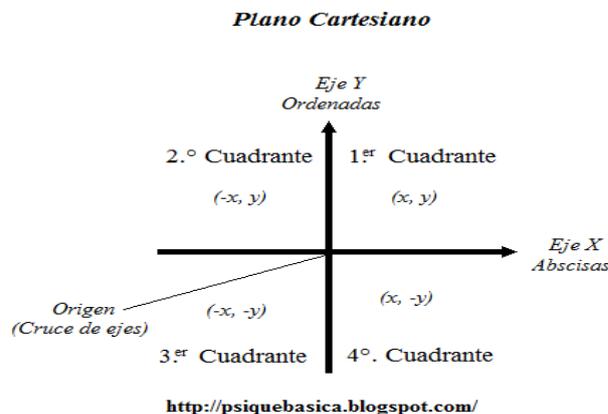


Gráfico 1 Plano cartesiano

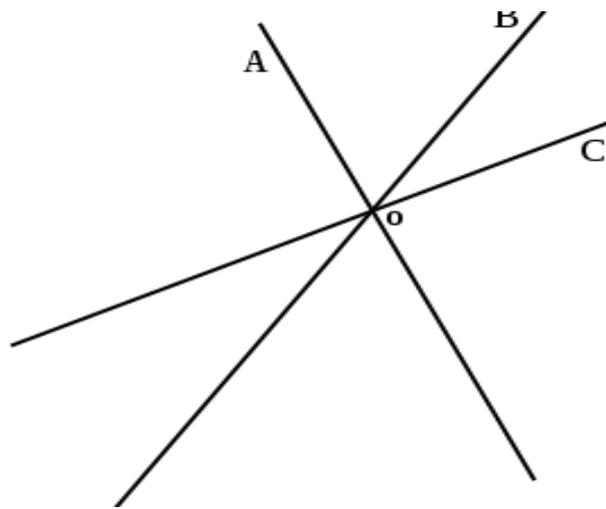


Gráfico 2 Momento unico del accidente

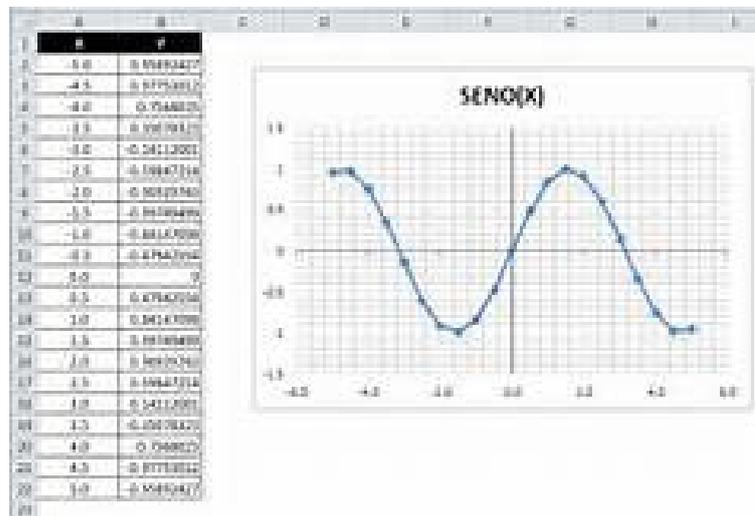
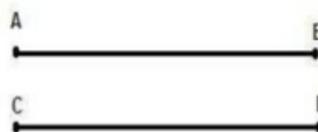


Gráfico 3 Curva tipo seno



Para indicar que dos rectas son paralelas utilizamos la notación $//$. Entonces decimos que $AB//CD$ y se lee: la recta AB es paralela a la recta CD.

Gráfico 4 Rectas paralelas

Dadas las rectas $\overline{AB} \parallel \overline{CD}$ y \overline{EF} , se forman los siguientes ángulos

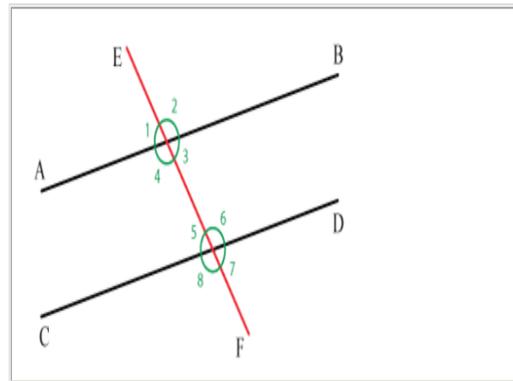


Gráfico 5 Cuadrante positivo

Esta hipótesis está fundamentada en la vivencia del autor en PDVSA, además en las estadísticas registradas, seleccionando el periodo (1990-2006) Maraven -PDVSA [8] Indicadores Gestión Seguridad PDVSA, Gráfico 6 y PDVSA (gráficos 6, 7, 8, 9, 10 y 11). Este esfuerzo se complementó con el aporte intangible de los estudios de postgrado y el aprendizaje en el desarrollo profesional en el área de Seguridad, Higiene y Ambiente con base a investigaciones previas, igual en la gerencia de seguridad industrial, especialmente las catástrofes con múltiples daños (personas COVENIN 474-9, materiales y ambientales).



Gráfico 6 Norma Covenin 474

A Continuación varias estadísticas de fuente original PDVSA OCCIDENTE y otras de antigua filial MARAVEN: FB = total lesiones incapacitantes o no, total lesionesx1000000 /total de horas – hombre de exposición, Frecuencia Bruta (según COVENIN 474-97), FN= total lesiones incapacitantes x 1000000/ total horas –hombre de exposición, Frecuencia Neta (según norma COVENIN 474-97), SEV = total de días perdidos por lesiones incapacitantes x 1000000 / total de horas – hombre de exposición Severidad (según COVENIN 474-97).

**EXPLICACION Y PRODUCCION ACCIDENTE
 SEGURIDAD, HIGIENE Y AMBIENTE
 GLOBAL (PROPIOS + CONTRATISTAS)**

DIEMBRE - 2000

Fig. 12

HORAS HOMBRE TRABAJADAS	TIPO DE ACCIDENTE												INDICE DE FRECUENCIA												ACCIDENTES		INDICE DE SEGURIDAD
	TEMPO		TRABAJO		FISICA		TOTAL		PERICARO		BRUTA		META		SEVERIDAD		DAÑOS MFLS.		F/FKAR								
	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO	MES	AÑO					
TOT. OTTO MCBIO	147456	1738372	0	3	0	0	0	0	0	13	96	0,0	1,7	0,0	1,7	88	30	0	0	30	291	1,15	0,85				
TERRA ESTE (AV)	22515	242184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	9	59	0,20	1,00				
LA SAINA LAGO (S)	42972	419501	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	8	84	0,20	4,83				
LAGO MNR (UR)	33994	431914	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	8	85	0,20	10,95				
LAGO MEDIO (M)	31503	432225	0	1	0	0	0	0	0	13	93	0,0	1,6	0,0	1,6	44	300	100	0	8	33	4,55	10,45				
PLANIFICACION Y GESTION	2266	31487	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00				
TOT. OTTO JUANA	34461	3481729	0	9	0	5	0	14	0	12261	0,0	4,6	0,0	2,6	0	1542	0	0	36	416	0,60	50,98					
TAJANA LAGO (TA)	4743	433037	0	1	0	0	0	1	0	20	0,0	1,9	0,0	1,9	0	49	0	0	11	103	0,00	4,20					
TERRA ESTE PESADO (TEP)	205103	2424133	0	6	0	5	0	11	0	1125	0,0	4,6	0,0	2,5	0	8213	0	0	9	111	0,00	10,01					
LAGUNILLAS LAGO (LL)	50976	496269	0	2	0	0	0	2	0	110	0,0	4,0	0,0	4,0	0	222	0	0	10	152	0,00	10,53					
PLANIFICACION Y GESTION	1539	18291	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00					
TOT. OTTO LAGUNILLAS	233899	2444638	0	6	1	2	1	8	0	6605	4,3	3,3	5,5	2,5	0	2702	0	0	14	6112	0,00	38,79					
TERRA ESTE LIVIANO (EL)	26476	312771	0	2	0	0	0	2	0	6070	0,0	5,3	0,0	8,3	0	19595	0	0	1	28	0,00	80,25					
BACHAQUERO LAGO (BAL)	43758	489701	0	2	1	2	1	4	0	429	0,0	9,8	0,0	3,4	0	777	0	0	11	64	0,00	19,55					
LADOTRECO (LT)	56203	709444	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00					
CENTRO SUR LAGO (CSL)	30597	493211	0	1	0	0	0	1	0	138	0,0	2,1	0,0	2,1	0	244	0	0	2	602	0,00	7,71					
LADONCO (LD)	20400	310203	0	1	0	0	1	0	1	0	0,0	3,5	0,0	3,0	0	3	0	0	0	0	0,00	5,78					
PLANIFICACION Y GESTION	1388	16108	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00					
TOT. PERU. SUBSUELO	1144737	12117354	5	45	1	23	0	70	223	7159	5,3	5,8	4,4	3,7	195	591	0	0	42	6364	10,83	14,74					
PERFORACION MARGARCO	18812	202614	0	5	0	1	0	6	0	187	0,0	3,0	0,0	2,5	0	78	0	0	0	0	0,00	8,74					
PERFORACION LAGUNILLAS	136175	169222	2	7	0	0	0	16	25	101	14,9	8,9	14,0	6,1	153	61	0	0	3	44	30,16	8,95					
PERFORACION TERRA	55142	6149572	2	10	1	5	3	19	92	220	15,4	8,8	10,2	4,7	471	126	0	0	7	116	25,80	10,47					
SUBSUELO LAGO TERRA	321865	2826698	1	9	0	3	1	12	75	5192	3,0	4,9	3,0	3,4	205	255	0	0	0	0	0,73	10,74					
PERFORACION TAL JUNA	47562	356491	0	5	0	2	0	7	0	189	0,0	19,9	0,0	19,0	0	474	0	0	2	25	0,00	11,81					
MANT. Y LOGISTICA	63395	721486	0	4	0	0	0	4	0	65	0,0	5,5	0,0	5,5	0	89	0	0	0	0	0,00	11,81					
PRISA	145344	2180990	0	4	0	0	0	4	31	189	0,0	1,8	0,0	1,8	0	219	0	0	0	0	2,3	6,55					
OTRAS	32424	327291	0	1	0	2	0	3	0	33	0,0	8,0	0,0	8,0	0	35	0	0	0	0	0,00	6,55					
TOT. GERENCIA DE MTTO	1488910	15192669	1	16	0	2	1	21	6200	6526	8,7	1,8	0,7	1,4	4262	526	0	0	108	14111	54,36	9,36					
PLANE DE MANTENIMIENTO	13490	16184	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	6	0	0	2	695	0,00	0,00					
ING. DE MANTENIMIENTO	31610	473385	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00					
CONSTRUCCION LAGO	24305	246109	0	0	0	0	0	0	0	5	90	0,0	1,5	0,0	1,5	292	181	0	0	0	3,9	3,1	3,05				
MTTO SIST. ENTREGA SEP.	22377	1114924	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00					
MTTO SIST. COMP. DE GASAGAS	158959	884613	1	2	0	0	1	2	6000	6910	6,6	2,0	6,6	2,0	38780	6105	0	0	23	486	529,74	29,23					
MTTO SIST. ALMAC. Y MONEO	155818	1021849	0	4	0	0	1	4	0	89	0,0	3,9	0,0	3,9	0	83	0	0	0	0	0,00	8,55					
TALLERES	246819	3026810	0	6	0	2	0	8	0	194	0,0	2,7	0,0	2,0	0	88	0	0	61	1282	0,00	4,75					
SERVICIOS GENERALES	280770	3023465	0	2	0	0	0	2	0	26	0,0	1,1	0,0	1,1	0	10	0	0	0	0	0,00	1,32					
COOPERACION	4706	8093	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00					

Gráfico 7 Estadística de lesiones PDVSA -Mara-ven

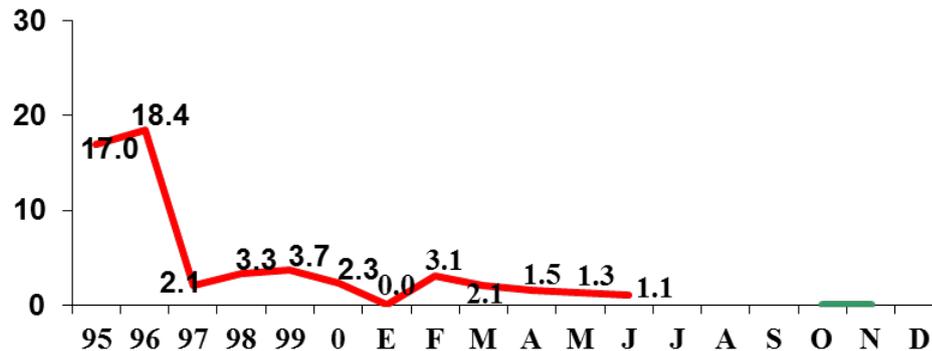


Gráfico 9 Índice de seguridad 2000-2001

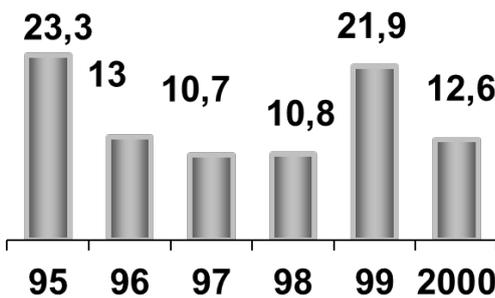


Gráfico 10 Severidad desempeño histórico

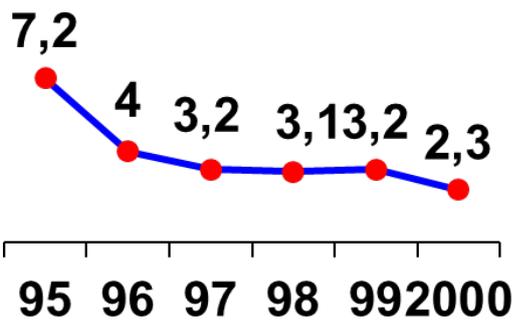


Gráfico 11 Frecuencia neta

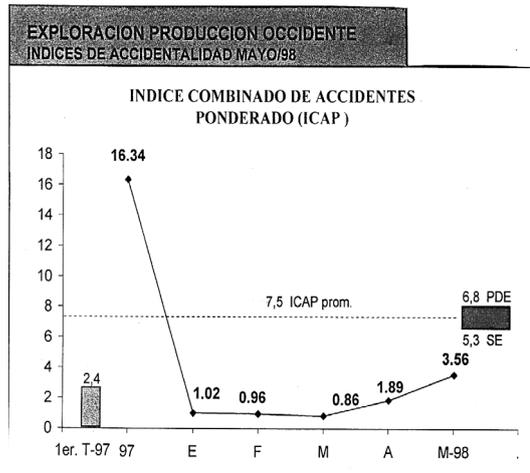


Gráfico 8 Índice Combinado de accidentes ponderados

Fundamentos Teóricos

Ciencias de la Conducta

Ciencias del comportamiento o ciencias de la conducta, es el conjunto de disciplinas que se ocupan de la comprensión, predicción y control de la conducta humana, y en especial de los tipos de conducta que se desarrollan en las relaciones interpersonales. Las ciencias de la conducta se aplican para diagnosticar y predecir la conducta humana entre las más afines al error humano están: medicina psicosomática, psicología [9]. Hay pruebas de que las empresas más competitivas están comprometidas con una cultura donde la salud, el bienestar en el trabajo y la productividad están íntimamente relacionados según Nicholson [10].

Psiquiatría

Rama de la medicina que trata de la mente y estados afectivos, y las enfermedades mentales. Desde la perspectiva biomédica e individual, la forma tradicional como se enseñan las ciencias de la salud y los parámetros objetivos para determinar salud física y mental, son muchas las limitaciones que se encuentran para estudiar y detectar todos los aspectos relacionados con un asunto complejo y polifacético como el factor humano en aviación así lo señala Sánchez Rubio [11].

Revolución Industrial

Fue durante esta denominación que recibe el amplio proceso de mecanización del trabajo que surgió en Inglaterra a fines del siglo XVIII y constituye el fundamento tecnológico de la transición manufacturera a la gran industria; transformación del sistema de producción, se operó en la mayoría de los países occidentales y comportó cambios de gran trascendencia en la vida económica y social. En esta época, el trabajador era una verdadera penuria, un sufrimiento para el trabajador según Upegui Gómez [12]

Las preocupaciones por efectos negativos del trabajo moderno sobre la salud mental surgen desde inicios de la sociedad industrial; diversos desarrollos teóricos han convergido en las teorías actuales sobre estrés laboral y riesgos psicosociales. Aunque se afirma que el estrés laboral sería hoy un problema principal de salud laboral, también se advierte contra el uso indiscriminado del concepto de estrés como algo nocivo y se rescata el carácter protector de la salud mental que tiene el trabajo. Parra Garrido [13].

Ley de Heinrich

Expertos en este campo afirman que la teoría de Heinrich es la base de la seguridad basada en el comportamiento, que sostiene que hasta el 95 por ciento de todos los accidentes laborales son causados por actos inseguros- error humano. Rebbit [14] indica que este modelo de gestión del riesgo se originó del análisis estadístico de un número significativo de accidentes de trabajo, desarrollado por Frank E. Bird en 1969 [15].

Por definición, los accidentes de trabajo representan pérdidas en los procesos productivos, y como tal, dichos accidentes siempre tienen causas inmediatas y causas básicas, y de acuerdo con los resultados de la investigación de Frank E. Bird, en este modelo de gestión se deben orientar los esfuerzos en la identificación y el control de las causas básicas de los accidentes, pérdidas y no sobre las consecuencias ni las causas inmediatas de ellos.

James Reason [16] en su libro “El Error Humano” plantea un modelo denominado el Queso Suizo “*Cheese Swiss Model*”: Sinopsis: El desarrollo de la tecnología ha llegado a tal punto que no se puede mejorar la seguridad sin conocer en profundidad los mecanismos del error. La investigación de James Reason muestra la distancia que separa las teorías psicológicas de las prácticas reales en las industrias y actividades de alto riesgo (transportes, energía, medicina, entre otras). Este libro es, sin ningún tipo de duda, la referencia internacional en la materia, sistemáticamente referenciado en bibliografías universitarias y en artículos científicos de todo el mundo. El modelo del queso suizo de causalidad de los accidentes es un modelo utilizado en el análisis de riesgos y gestión de riesgos, usado en la aviación, la

ingeniería y la asistencia sanitaria. Compara los sistemas humanos a varias rebanadas de queso suizo, que se apilan. El modelo del queso suizo incluye tanto las fallas activas como las latentes.

Las fallas activas abarcan los actos inseguros que pueden estar directamente vinculadas a un accidente, como por ejemplo (en el caso de los accidentes de aviación) errores del piloto. Trevor Asher Kletz [17] Ingeniero Químico, Inglés, prolífico autor británico sobre el tema de la seguridad de la ingeniería química. Plantea en el libro *¿Qué fallo? Desastres en plantas con procesos químicos, ¿Cómo Evitarlos?*, capítulo 3 Accidentes Ocurredos por Errores Humanos: “En este capítulo se describen algunos accidentes debidos a errores que incluso personas bien adiestradas y motivadas pueden cometer de vez en cuando. Por ejemplo, olvidarse de cerrar una válvula o cerrar una válvula que no es la correcta, aunque sepan lo que deben hacer, quieran hacerlo, y estén física y mentalmente preparados para ello, llegado el momento se les olvida hacerlo.”

Resultados

El autor del artículo, expresa optimismo sobre el aporte que los Ingenieros de plantas, para minimizar los accidentes, aun en procesos críticos con potencial catastrófico, donde a criterio del articulista sería imprescindible y eficiente esta técnica por intermedio del control en la jornada de trabajo del espacio, equivalente a mantener las secantes tiempo y espacio paralelas. O sea reducción del Error Humano.

Discusión de resultados

Si bien, la Ingeniería adolece de experticia en Ciencias Conductuales, lo cual no implica que los Ingenieros por la vía del Adiestramiento con Psicólogos y Médicos, puedan alcanzar niveles de conocimientos, sincrónicamente con el trabajo, y mejorar las Competencias profesionales genéricas (habilidades, destrezas, actitud), aprendiendo a interactuar con el trabajador y el entorno. En suma la debilidad de conocimiento del Ingeniero del factor Humano, puede y debe transformarse en fortaleza y reforzar el desempeño de este, aunque la técnica descrita en la hipótesis del artículo, Le permita logros en Seguridad con índices de frecuencia y severidad deseables.

Conclusiones

Admitiendo que en el trabajo se da la condición insegura como otra causal de los accidentes. Estas condiciones se presentan de manera visible: por ejemplo: orden y limpieza, perceptible por los sentidos del cuerpo humano en variables como: calor, frio, ruido, vibraciones, etc. El autor del artículo, dado que la condición insegura, cualquiera que fuera esta (incluidos los errores en el diseño) conlleva en forma oculta o subyacente una conducta errónea del responsable de las áreas de trabajo, procesos y equipos donde se llegara a manifestar dicha condición, ello sería en abono del Error Humano, manifestado entonces en olvidos, descuidos y toma de decisiones equivocadas, lo que acercaría la causal Error Humano al 100% de los accidentes.

El Gráfico cartesiano construido por el autor del presente estudio, Gráfico 1 es una hipótesis visualizada en dos o cuatro cuadrantes del mismo, donde los cuadrantes superiores positivos, reflejan los puntos definidos por las intersecciones sucesivas de dos rectas secantes que representan una al espacio y la otra al tiempo (de cada error o acto inseguro) que al unirlos describen una curva (seno) que varía ascendente o descendente, resultante desde el lado positivo, donde solamente se dan los errores sin consecuencias. Cuando aparece una tercera recta, que representa la definida por un error humano, al mismo momento que pasa por el punto de intersección de las rectas espacio y tiempo. Si la función seno se desplaza a los cuadrantes inferiores negativos, como tendencia o súbitamente en la medida que esta situación aumenta, entonces se incrementan las probabilidades de accidente, si por el contrario disminuyen en el tiempo los errores humanos, la curva seno se mantendrá en el área sin accidentes. Como conclusión la función o curva seno, asociada a las tres rectas definen entonces las probabilidades ciertas de accidente, en la medida que otra variable estadística: la frecuencia de ocurrencia de la triple

intersección de las rectas definidas anteriormente aumenta, o sea la probabilidad del accidente es mayor
La definición de Riesgo es $R = P \times C$, Probabilidad x Consecuencia

Referencias Bibliográficas

- [1] Plataforma Tecnológica para la Gestión de la Excelencia (OHSAS), Riesgo laboral: definición y conceptos básicos, [Blog Calidad y Excelencia], España. (2018). En: <https://www.isotools.org/2015/09/10/riesgo-laboral-definicion-y-conceptos-basicos/> [Consultado 9 de Septiembre 2012].
- [2] Hernan., Error Humano la definición, [Blog Error Humano], (2011). En: <https://errorhumano.wordpress.com/2011/05/09/error-humano-la-definicion/> [Consultado 9 de Marzo 2012].
- [3] Torres N., Guía: Seguridad Segura, Curso para Supervisores, Maraven, Lagunillas, Venezuela (1994).
- [4] Ramírez Cavassa, C., Seguridad Industrial Un Enfoque Integral, Limosa, Noriega Editores, México, (2001).
- [5] Ray Asfahl, Seguridad Industrial y Salud, El Enfoque Coercitivo, University Of Arkansas editorial Prentice Hall, USA, (1999).
- [6] Corporación Du Pont, Gerencia de Seguridad Industrial, El Supervisor, Taller para Maraven, Lagunillas, Venezuela (1990).
- [7] Nava Hernández R., Tendencias de la medicina del trabajo en México, Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social, (2010).
- [8] Maraven -PDVSA, Indicadores Gestión Seguridad PDVSA, Maracaibo, Venezuela, (1990-2006).
- [9] COVENIN 474-97, Tercera Revisión Registro, Clasificación y Estadísticas de Lesiones en el Trabajo, (1997).
- [10] Nicholson P.J., Occupational health: the value proposition. Society of Occupational Medicine. London, (2017).
- [11] Sanchez R., El estudio del factor humano en accidentes de aviación, Centro de Medicina Aeroespacial - Fuerza Aérea Colombiana Doctorado Interfacultades en Salud Pública - Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, (2010). En: <http://www.redalyc.org/pdf/801/80113673011.pdf> [Consultado 8 de Marzo 2013].
- [12] Upegui Gomez, Historia de la salud ocupacional y revolucion industrial, (2008). En: <http://historiadelasaludocupacional.blogspot.com/2008/04/revolucion-industrial.html> [Consultado 30 de mayo 2014].
- [13] Parra Garrido M., Gestión en Psiquiatría y Salud Mental Salud Mental y Trabajo [Monografías], (2001).
- [14] Rebbit, D., Professional Safety ASSE, USA (2014).
- [15] Control total segun Bird F. E.(1969), [Encilopedia Libre Wikipedia], (2012), En: https://es.wikipedia.org/wiki/Control_total_de_p%C3%A9 [Consultado 30 de mayo 2014].

[16] Reason, J., *Human Error*, Cambridge University Press, Londres, (1990). En: <https://www.marcialpons.es/libros/el-error-humano/9788493665524/> [Consultado 19 de abril 2014].

[17] Kletz T. A., *¿Qué fallo? Desastres en plantas con procesos químicos, ¿Cómo Evitarlos?*, McGraw-Hill Profesional, Madrid, España, (2001).

De la arena a la oblea de silicio

José R. Fermín

Departamento de Física, Facultad de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela.
Escuela de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela.
Correo electrónico: jfermin70@gmail.com

Recibido: 14-04-2018

Aceptado: 03-07-2018

Resumen

En éste trabajo se presenta una breve revisión sobre los aspectos más relevantes detrás de la tecnología solar, antes que una celda solar se produzca: la manufactura de la oblea de silicio. Debido a sus propiedades electrónicas y ópticas, el silicio es el material más utilizado en toda la industria microelectrónica y fotovoltaica. La producción de una oblea de silicio no es una tarea simple, ya que los procesos involucrados son complejos y costosos: 1) extracción del silicio a partir de la arena; 2) purificación del silicio primario; 3) cristalización; 4) manufactura de la oblea. Luego de una breve reseña histórica y de algunas aplicaciones del silicio, se describen brevemente los cuatro procesos básicos de la manufactura de una oblea de silicio para fines fotovoltaicos.

Palabras clave: Oblea de silicio; silicio metalúrgico; procesamiento del silicio; Czochralski

From the sand to the silicon wafer

Abstract

In report, a brief review on the main aspects behind the solar technologies, before a solar cell is produced: silicon wafer manufacture. Due to the electronic and optical properties, silicon is the most employed material in whole electronic and photovoltaic industries. The production of a silicon wafer for solar cell applications is not a simple task, since several complex and expensive processes are involved: 1) extraction of silicon from sand; 2) purification of the raw silicon; 3) crystallization; 4) wafering. After a short journey through history and some applications of silicon, we describe all four processes in the silicon wafer production for photovoltaic needs.

Keywords: Silicon wafer; metallurgical-grade silicon; silicon processing; Czochralski

Introducción

Desde el descubrimiento de la fotoconductividad en selenio (se), por W. Smith en 1873, la posibilidad de utilizar luz para producir energía eléctrica llamó la atención de la comunidad científica y de ingeniería. Pocos años después (1876), William Adams y Richard Day observaron por primera vez corriente fotovoltaica en selenio. Pero no fue sino hasta 1883, cuando el científico norteamericano Charles E. Fritts inventó lo que se conoce como el antecesor de la celda solar moderna. El experimento de Fritts consistía en una película de selenio de entre 25-125 micras, intercalada entre una lámina de oro y una base de metal normal (por ejemplo, cobre o latón), y a la cual se le hacía incidir luz natural (ver Figura 1). Contactos en la lámina de selenio permitían medir la corriente generada, la cual era almacenada en una batería para su uso posterior. Sin embargo, no más de 0.1% de la luz era convertida en energía eléctrica, por lo que los esfuerzos de los científicos e ingenieros se concentró en el estudio de nuevos materiales con mejores propiedades fotovoltaicas. Durante las siguientes décadas, el progreso teórico-experimental en mecánica cuántica y física del estado sólido, permitió que la primera celda fotovoltaica basada en una unión p-n de silicio se reportara en 1941 por Ohl, y colaboradores, y patentada en 1946. La fotocelda de Ohl presentó una eficiencia de conversión de 1%. Una década después, Daryl Chapin, Calvin Fuller y Gerald Pearson de Laboratorios Bel, crearon una celda fotovoltaica de silicio tipo-p y tipo-n con eficiencias cercanas a 4.5% y 6%, respectivamente [1]. Luego en 1960, los ingenieros de *Hoffman Electronics* lograron incrementar la eficiencia de la celda de silicio tipo-n encima de [2]; y

solo años después, Gunnar Michelson, también de *Hoffman Electronics*, presenta el primer arreglo de celdas solares [3]. Estos hechos han sido considerados por muchos historiadores de la ciencia como el inicio del multimillonario mercado semiconductor. Hasta nuestros días, el silicio se ha transformado en el material más empleado en la industria microelectrónica y fotovoltaica.

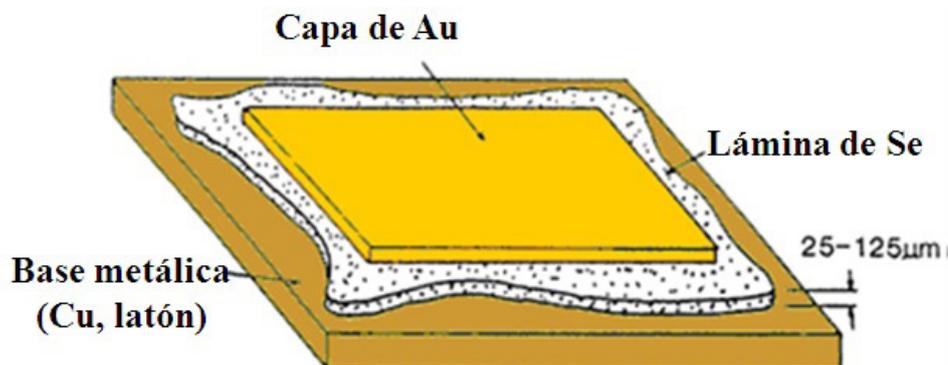


Figura 1. Prototipo de celda fotovoltaica de Fritts.

Algunas propiedades y usos del silicio

Descubierto por Jöns Jacob Berzelius en 1823, el silicio es el elemento abundante en La Tierra, después del oxígeno, tiene número atómico 14 y su fórmula química es Si. Este elemento no es propiamente un metal, sino más bien un semiconductor ó metaloide con propiedades intermedias entre un dieléctrico y un metal. Esta característica particular ha tornado al silicio en el material más demandado en la industria electrónica. El silicio no se encuentra de manera natural en su forma nativa, sino en forma de compuestos tales como sílice (SiO_2), amatista, obsidiana, antracita y el cuarzo. El más común, por su abundancia es el sílice, o arena de cuarzo. Entonces se requieren de varios procesos físicos y químicos para obtener el silicio policristalino (poli-silicio) y cristalino (c-silicio), requeridos para propósitos industriales. El silicio es un material muy versátil, con múltiples aplicaciones. Entre estas podemos destacar [4-8]:

1. compuestos de acero y vaciados de hierro,
2. producción de materiales primarios para aplicaciones fotovoltaicas y microelectrónicas
3. preparación de cerámicas, cementos y vidrios
4. carburos de silicio para materiales abrasivos
5. materiales para aplicaciones odontológicas

Desde el punto de vista químico, el silicio comparte propiedades con el carbono (C), confiriendo al silicio propiedades más específicas, tales como aplicaciones biomédicas y terapéuticas. El silicio es un componente vital del tejido orgánico, y se encuentra en nuestro organismo en forma de sílice. Es fundamental en la constitución de la estructura de nuestro cuerpo: huesos, músculos, uñas, piel, tejido conectivo, etc. Por esta razón es muy empleado en la elaboración de implantes. Nuestro organismo no es capaz de absorber el silicio en forma natural, sin embargo, se puede consumir como sílice orgánico, y tiene muchas aplicaciones en terapias homeopáticas, reparación y regeneración celular, y en el tratamiento de muchas enfermedades. Inclusive, se cree que la arterioesclerosis puede estar relacionada con deficiencias de silicio.

Obteniendo silicio a partir de la arena de cuarzo

La fase primaria en la extracción de silicio a partir de la arena es la producción de silicio grado metalúrgico. Esta fase se lleva cabo a través de un proceso de reducción metalúrgico. Consiste en fundir

la sílice en presencia de un agente reductor, en este caso carbón mineral, en un horno de arco eléctrico y a una temperatura por encima del punto de ebullición del SiO_2 ($> 2500^\circ \text{C}$). Durante el proceso, el oxígeno se desprende de la sílice y es atrapado por el carbono para formar monóxido de carbono, de acuerdo con la reacción



En la práctica esta reacción suele ser más complicada, generando también otros sub-productos tales como carburos de silicio y SiO . El monóxido es extraído posteriormente del horno, dejando en el fondo un depósito líquido de silicio. El cual es extraído y enfriado lentamente. Finalmente es pulverizado en granos de diferentes tamaños y transportado para sus diferentes usos. El silicio así producido es llamado silicio grado-metalúrgico (mg-Si), por la cantidad de impurezas metálicas que contiene (Al, Fe, Mn, Ti, Ni), y otras no-metálicas de menor concentración (carbono, boro, fósforo) [9]. Este producto tiene una pureza de 98-99 % (0.01 ppm) y un costo aproximado de 1-2 USD/Kg. En la Figura 2 se muestra un esquema típico del proceso industrial para la producción de silicio grado-metalúrgico. Una descripción más detallada de éste proceso puede encontrarse en la literatura especializada [10]. El silicio metalúrgico es mayormente empleado en la producción de compuestos ferrosos, aleaciones de fundición, aceros y materiales abrasivos ricos en carburos de silicio, sin embargo debido a su alto grado de impurezas metálicas, no es útil para aplicaciones microelectrónicas y fotovoltaicas, las cuales requieren altos grados niveles de pureza del orden de 0.001 ppm o mayores.

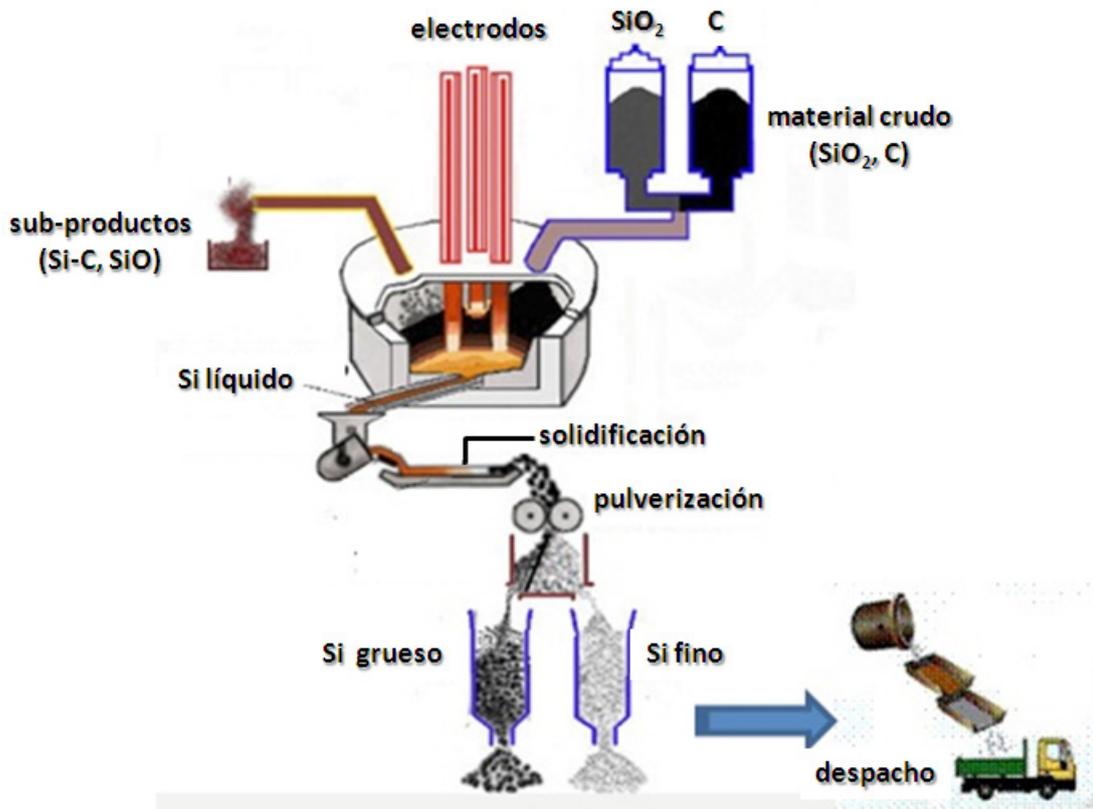


Figura 2. Proceso industrial empleado en la producción de silicio.

El silicio de alta pureza es obtenido a partir de la purificación del mg-Si. A continuación se describen los dos procesos más utilizados: a) método de Siemens; b) ruta metalúrgica. El proceso de Siemens se resume en la Figura 3. Primero, el silicio grado-metalúrgico triturado en partículas finas, es fluidizado en ácido hidrociorídrico (HCl) a 300°C para producir triclorosilano (SiHCl_3), de acuerdo a la reacción química



El SiHCl_3 es un líquido rico en silicio y se le denomina también triclorosilano grado-semiconductor. El triclorosilano se destila en una serie de columnas de destilación verticales, y luego purificado en un reactor de Siemens a una temperatura del orden de $\sim 1150^\circ\text{C}$ – 1200°C . Triclorosilano grado semiconductor destilado es luego dirigido a un reactor de Siemens, donde el silicio es depositado en una semilla de silicio puro en forma de U-invertida, y purificado siguiendo la reacción inversa

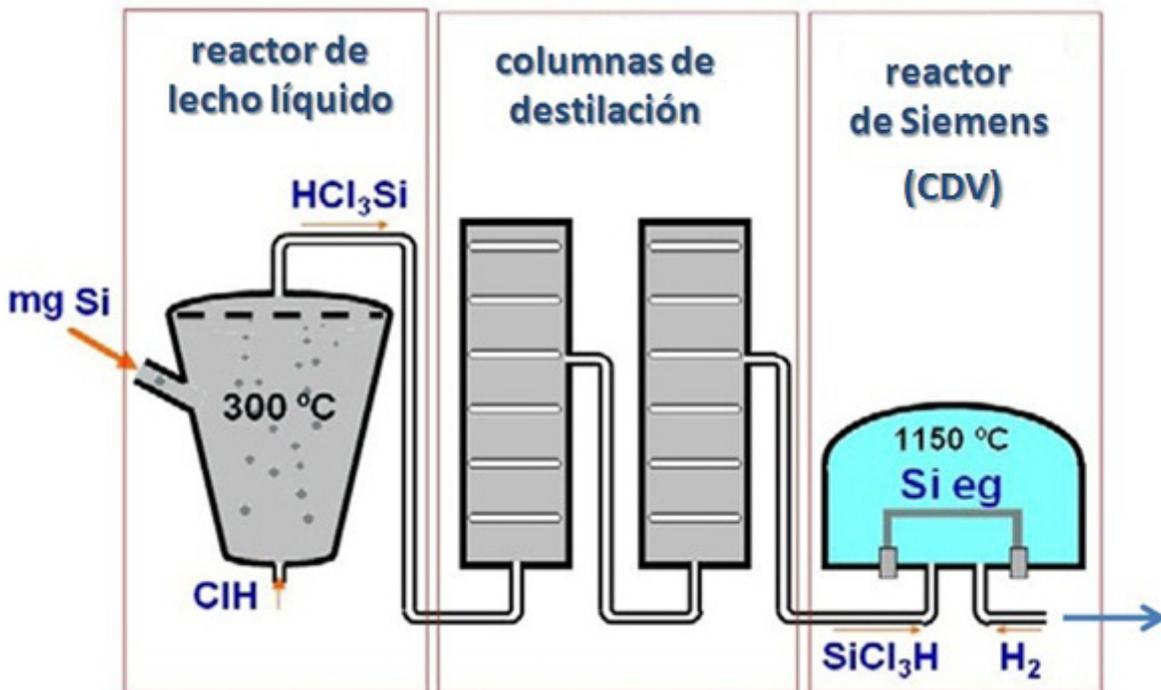


Figura 3. Proceso de Siemens para producir silicio grado electrónico o solar.

El producto de éste proceso es silicio policristalino ó poli-Si con nivel de pureza 99.999% (0.0001 ppm) o menor. A este silicio se le denomina también silicio grado solar ó electrónico (eg-Si). La purificación del silicio mediante el método Siemens requiere de mucha energía, por lo que es altamente costoso, con precios del orden de 60-70 USD/Kg. Un método menos costoso para obtener silicio grado-electrónico a partir del silicio metalúrgico, es la refinación vía ruta metalúrgica. Consiste básicamente en la remoción de las impurezas (Al, Fe, Mn, Ti, Ni, B, P, O y C) de la matriz de silicio grado-metalúrgico. La clave en éste proceso de refinación es la técnica de la solidificación direccional en horno de zona [11]. En la refinación del silicio u otros materiales, la solidificación direccional es un proceso controlado en temperatura, siguiendo una regla empírica llamada regla de Chvorinov [12]

$$t_s = K \left(\frac{V}{A} \right)^2 \quad (4)$$

donde t_s , es el tiempo de solidificación, V y A el volumen y el área transversal del lingote, respectivamente. K es una constante que depende de la geometría del molde y las propiedades termodinámicas del material fundido, y se mide en unidades de s/cm^2 . La regla de Chvorinov ha sido adoptada como un estándar en el diseño de moldes para el vaciado de metales y semiconductores. La barra de silicio es fundida a una temperatura de 1500°C (temperatura de fusión del Si es 1414°C), a medida que desciende lentamente dentro del horno. El silicio líquido se enfría a medida que alcanza el fondo de un

molde de cuarzo o de grafito, a una temperatura de aproximadamente 1000° C, mientras gran parte de las impurezas metálicas se separan alcanzando la parte superior del molde.

De aquí se obtiene silicio policristalino de alta calidad (HQ-Si), pero con impurezas no metálicas presentes. Retirar estas impurezas no metálicas del semiconductor no es tarea fácil, ya que el coeficiente de segregación del no-metal en el semiconductor es muy alto. En una segunda fase, el HQ-Si es sometido a dos sub-procesos de refinación: a) al vacío y b) con plasma en molde frío, para eliminar las impurezas remanentes [13]. Estos sub-procesos se repiten sucesivamente hasta lograr silicio grado-solar o electrónico que se requiere para la industria. Las rutas metalúrgicas son susceptibles de combinarse con otras técnicas de refinación para mejorar la eficiencia, por lo que se espera que la purificación de silicio mediante rutas metalúrgicas se convierta en la técnica dominante en la industria electrónica y fotovoltaica, con un precio de producción es de aproximadamente 18-20 USD/Kg. La Figura 4 muestra un esquema en bloques del proceso de obtención de silicio solar/electrónico a partir de silicio metalúrgico.

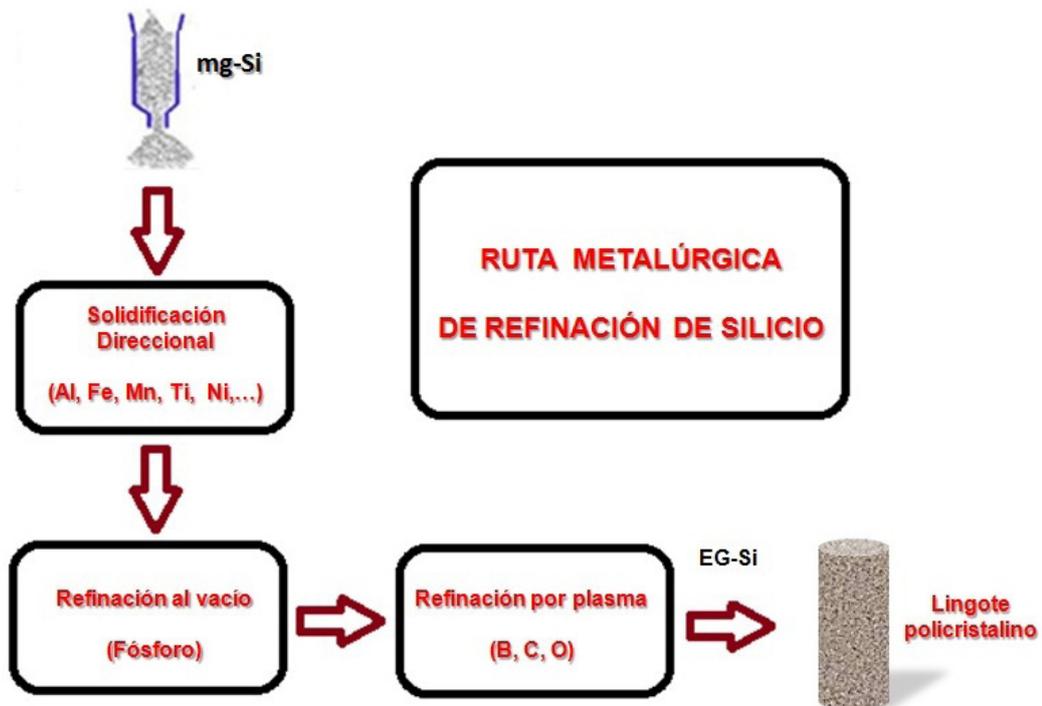


Figura 4. Esquema de bloques de la ruta metalúrgica para la producción de silicio grado solar/electrónico.

Cristalización del silicio. La oblea

El silicio de grado electrónico/solar producido en las etapas de refinación anteriores es policristalino, y no es muy requerido en aplicaciones fotovoltaicas de alta eficiencia solar. Esto es porque una celda solar de poli-Si es menor al 15%. En cuanto que la eficiencia del silicio monocristalino (c-Si) es del orden de 20%. Esto es debido a que el c-Si posee menos densidad de defectos estructurales que el poli-Si. La producción de silicio cristalino para la industria solar sigue dos fases básicas:

Cristalización del lingote.

El método más empleado para obtener silicio monocristalino es la técnica de crecimiento de Czochralski [14]. Este es un proceso en lotes, donde el poli-Si purificado es fundido dentro de un molde de cuarzo, a su vez dentro de otro molde de grafito. Todo esto en una atmósfera inerte de argón y una temperatura apenas superior al punto de fusión del silicio (1414° C). En este punto, el silicio es dopado con boro o fósforo para formar silicio tipo-p (p-Si) o tipo-n (n-Si), según sea el requerimiento. Una semilla de silicio monocristalino es introducida verticalmente dentro del fluido de silicio dopado, y luego extraída en movimiento rotatorio controlado. A medida que la semilla y el fluido alcanzan el equilibrio

térmico, este replica la estructura cristalina de la semilla. Finalmente, por acción de la fuerza de gravedad, un lingote de p-Si o n-Si monocristalino es obtenido. El ciclo completo de producción de un lingote es de aproximadamente dos días. La Figura 5, muestra una secuencia del método de Czochralski.

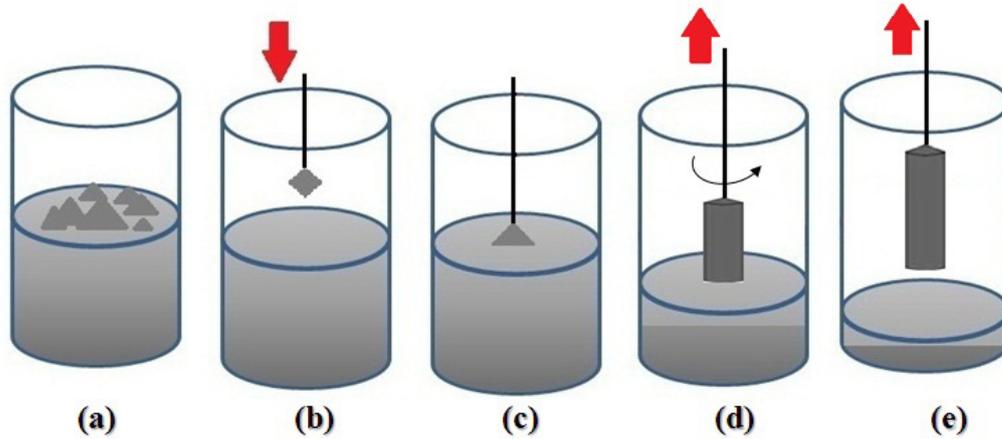


Figura 5. Esquema simplificado del método de Czochralski: a) silicio refinado fundido; b) semilla de silicio monocristalino; c) semilla de silicio sumergida en el líquido; d) la semilla se retira en movimiento rotatorio controlado. Por acción de la gravedad se forma un lingote cilíndrico; e) lingote completamente formado. En el fondo del molde se forma un depósito de silicio sólido.

1. Obtención de la oblea de Si. Una vez obtenido el lingote de Si monocristalino, el siguiente paso es la manufactura de la oblea. Básicamente, la fabricación de una oblea de Si contempla el siguiente proceso. Los lingotes son cortados en una sierra multi-hilo con hilos de acero de 100-120 micras de diámetro, recubiertos con partículas de diamante de 5-25 micras. Un esquema de la sierra de cortar lingotes de silicio se muestra en la Figura 6. Con esta técnica se requieren alrededor de 3 horas para seccionar un lingote en discos delgados de espesor entre 200-300 micras, con una pérdida de material de alrededor de 25%. Finalmente, cada disco es sometido a un proceso de grabado químico para remover todo defecto o irregularidad superficial producida durante el corte. Nuestra oblea está lista para la siguiente fase: *fabricación de la celda fotovoltaica*

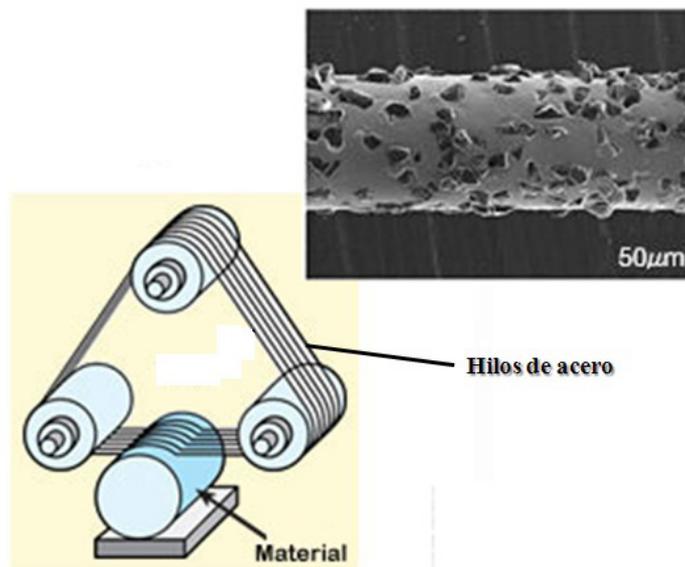


Figura 6. Sierra multi-hilo utilizada para seccionar un lingote de silicio monocristalino en discos finos de espesor 200-300 micras. Los hilos son de acero recubierto con partículas de diamante.

Consideraciones finales

Como comentario final, es importante puntualizar que las tecnologías solares están evolucionando de tal manera, que muchas de las técnicas y métodos comúnmente empleados en la producción industrial de obleas de silicio se han tornado obsoletos. Tal es el caso de los métodos de purificación y refinación del silicio. En mi opinión, las técnicas híbridas basadas en solidificación direccional/refinación por plasma serán las más dominantes en la industria electrónica y fotovoltaica. Esto es por el menor consumo energético y costo USD/Kg-Si, en comparación con las técnicas de deposición química de vapor (CVD). Aunque el método *Czochralsky* es el más difundido, algunas versiones modificadas han sido propuestas, como por ejemplo el método del casi-cristal, el cual combina la cristalización por *Czochralsky* con el vaciado del lingote de Si. Finalmente, el desarrollo de técnicas cada vez más eficientes para el laminado del lingote está transformando esta fase del proceso en el estado-del-arte de la manufactura de obleas semiconductoras, disminuyendo significativamente la pérdida de material.

Referencias Bibliograficas

- [1] Perlin J., The Silicon Solar Cell Turns 50, NREL Report No. BR-520-33947, (2004).
- [2] Lewis M., Fraas Low-Cost Solar Electric Power, Springer, Berlin, (2014).
- [3] Gunnar M., Solar Cell Array, United States Patent 3326497, (1967).
- [4] Gillett H. W., High Silicon Structural Steel, Technological Papers of the Bureau of Standards, No. 331, (1926).
- [5] Braun E., Stuar M., Revolution in Miniature: The History and Impact of Semiconductor Electronics, Cambridge University Press, (1982).
- [6] Ashton, Q., Silicon Compounds – Advances in Research and applications, Scholarly, Atlanta, Georgia, (2013).
- [7] Stephen M., Changsheng G., Grinding Technology: Theory and Application of Machining with Abrasives, (2^{da} ed.), Industrial Press Inc, New York, (2008).
- [8] Lührs A. y Geurtsen W., The application of silicon and silicates in dentistry: a review, Prog. Mol. Subcell. Biol., Vol. 47, (2009), 359-380.
- [9] Xakalashé B. y Tangstad M., Silicon processing: from quartz to crystalline silicon solar cells, Southern African Pyrometallurgy, Edited by R.T. Jones & P. den Hoed, Southern African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, March (2011).
- [10] Pizzini S., Towards solar grade silicon: Challenges and benefits for low cost photovoltaics, Solar energy materials and solar cells, Vol. 91, (2010), 1528-1533.
- [11] Safarian J., Tranel G. y Tangstad M., Processes for upgrading metallurgical grade silicon to solar grade silico, Energy Procedia, Vol. 20, (2012), 88 – 97.
- [12] Salán, M., Tecnología de proceso y transformación de materiales, Universitat Politècnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politècnica, (2005).

[13] Fourmond E., Ndzogha C., Pelletier D., Delannoy, Y., Trassy C., et al., Refining of metallurgical silicon for crystalline solar cells, 19th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1017-1020, Paris, France, June (2004).

[14] Goetzberger A. y Hebling C., Photovoltaic materials, past, present and future, Solar energy materials and solar cells, ELSEVIER, Vol. 62, (2000), 1-19.

Índice acumulado

N° 1 Julio - Diciembre 2011

Algunas series e integrales con funciones trigonométricas

Some series and integrals with trigonometric functions

Alfredo Villalobos y Glenni García

Control mediante interconexión y asignación de amortiguamiento del sistema mecánico subactuado TORA

Interconnection and damping assignment control of the subactuated TORA mechanical system

Atilio Morillo, Maribel Pérez Pirela, Miguel Ríos y Vivian Acosta

Algunos resultados que envuelven la función hipergeométrica de Wright y el cálculo fraccional

Some results involving fractional calculus and Wright's generalized hypergeometric function

Susana Salinas de Romero y Carlos Segundo Muñoz Valencia

Eficiencia del quitosano como coagulante durante el tratamiento de aguas de baja turbidez asociadas a la producción de petróleo

Efficiency of chitosan as coagulant during treatment of low turbidity water associated crude oil production

Yaxcelys Caldera, Yim Rodríguez, Hernando Oñate, Jhosana Prato y Edixon Gutiérrez

Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones

Chitin and Chitosan friendly polymer. A review of their applications

Zulay Mármol, Gisela Páez, Marisela Rincón, Karelen Araujo, Cateryna Aiello, Cintia Chandler y Edixon Gutiérrez

Algunos resultados sobre la función de Bessel de dos índices y un parámetro

Some results on Bessel function of two indexes and one-parameter

Leda Galué y Greilyn Castillo

Generalización fraccional de la ecuación de Schrödinger relacionada a la Mecánica Cuántica

Fractional generalization of Schrödinger equation related to Quantum Mechanics

Shyam Kalla, Ram Kishore Saxena y Ravi Saxena

N° 2 Enero - Junio 2012

Diseño de un equipo de desinfección por luz ultravioleta para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización

Design of disinfection equipment for ultraviolet light to wastewater treatment with goals of reutilization

Mayra Sánchez, Nellimar Villalobos, Edixon Gutiérrez y Yaxcelys Caldera

Cinética de intercambio iónico bajo control mixto en medio lácteo

Ion exchange kinetics under mixed control in milk

Jorge Alaña, Karina Martínez, José González, Juan Hernández y César García

Contenido de fracciones orgánicas en aguas de producción de petróleo

Organic fractions in water from crude oil production

Edixon Gutiérrez, Yaxcelys Caldera, Leopoldo Ruesga, Cristina Villegas, Roscio Gutiérrez, Ninoska Paz, Edith Blanco y Zulay Mármol.

Solitones topológicos: Cúmulos de energía

Topological solitons: Lumps of energy

Ramón J. Cova

Ingeniería Química: Historia y Evolución

Chemical Engineering: History and Evolution

Cateryna Aiello Mazzarri, Zulay Mármol y Araceli Sánchez de Puertas

Comparación de las propiedades que influyen en la combustión entre el fly ash, carbón y diferentes derivados del petróleo

Comparison of the properties that influence in the combustion among the fly ash, coal and different derived of the petroleum

Anali Machado, Cezar García, Yolanda Rincón, Neyma García, José González y Juan Hernández.

Nitrobacterias en reactores biológicos rotativos de contacto (RBC) de tres cámaras bajo diferentes cargas orgánicas

Nitrobacteria in three stages rotating biological contactor (RBC) reactors under different organic loads

Julio César Marín, Evelín Castro, Elisabeth Behling, Gilberto Colina, Laugeny Díaz y Nancy Rincón.

Generalización de los polinomios de Bernoulli de índice arbitrario complejo

Generalization of Bernoulli polynomials of arbitrary complex index

Ana Isolina Prieto, Josefina Matera, Susana Salinas de Romero y Marleny Fuenmayor

N° 3 Julio - Diciembre 2012

Criterios para la gestión de los sistemas de inventarios

Criteria for management inventories systems

Alfredo Leal y Karim Oliva

Contenidos curriculares y rendimiento académico de los estudiantes en la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia

Contents curriculares and academic performance of the students in the Faculty of Agronomy of the University of Zulia

Mary Isabel Urdaneta Portillo, Gladys Sarmiento, José Hernández y Jairo Fernández

Mínimos cuadrados parciales con el método de descenso de mayor pendiente

Partial least square with method of maximum gradient descent

Eddy Jackeline Rodríguez

Usabilidad de entornos virtuales 3D colaborativos en el proceso de enseñanza–aprendizaje

Usability of collaborative 3D virtual environments in the teaching-learning processes

Carlos Arrieta

Desinfección de aguas residuales de una industria avícola para su reutilización

Disinfection of poultry industry wastewater for reuse

Edixon Gutiérrez, Anna Travaglini, Giselle Uzcátegui y Yaxcelys Caldera

Estudio comparativo entre el método de Lemke y el método de los conjuntos activos para programación cuadrática

Comparative study between Lemke's method and the active set method for quadratic programming

Marihebert Leal, Kilkenis Fuenmayor, Javier Bastidas y Susana Salinas

N° 4 Enero - Junio 2013

Comunidades de práctica en la investigación universitaria

Communities of practice in the university research

Sergio de Pool

Representación integral de la función de Bessel de dos índices y un parámetro

Integral representation of the Bessel function of two indexes and a parameter

Leda Galué y Greilyn Castillo

Algunas propiedades de las N – Normas (I)

Some properties of N – Norms

José Sarabia

Biodegradación de queroseno por cultivos de bacterias aisladas de una fosa petrolera en Venezuela

Kerosene biodegradation by bacterial cultures isolated from oil pit in Venezuela

Laugeny Díaz, Beltrán Briceño, Mónica García, Néstor Rosales, Julio Marín, Cateryna Aiello y Ever Morales.

Factibilidad de inserción del Transmilenium como solución a la situación actual del sistema de transporte público de la ciudad de Maracaibo

Feasibility study of the Transmilenium like a solution to the actual public transport situation in the Maracaibo city

Angi Rojas y Marco Hinder

Modelado del secado en capa fina y del presecado al sol a diferentes alturas de la capa de la Lemna oscura del Lago de Maracaibo

Modeling of the thin layer drying and solar predrying at the different layer thicknesses of the Lemna obscure from Maracaibo Lake

Leobaldo Suárez, Alexis Faneite y Alexis Ferrer

Algunos resultados de la subordinación diferencial de Briot – Bouquet de funciones analíticas

Some results on Briot – Bouquet differential subordination of analytic functions

Alka Rao y Shyam Kalla

N°5 Julio - Diciembre 2013

Biblioteca de diferenciación automática para la máquina virtual de Java

Automatic differentiation library for the Java virtual machine

María E. Portillo Montiel, Nelson Arapé, Gerardo Pirela Morillo

Eficiencia de las semillas Moringa oleifera como coagulante orgánico en la remoción de metales en aguas de baja turbiedad

Efficiency of the moringa oleifera seeds as organic coagulant for metal removal in low turbidity wastewaters

Marielba Mas y Rubí, Sedolfo Carrasquero, Daimarys Martínez, Donaldo Gabriel Mejías, Luis Vargas

Evaluación de la recuperación de vanadio y níquel por lixiviación ácida de las cenizas volantes del aceite combustible

Evaluation of the recovery of vanadium and nickel by acid leaching from oil fly ash

César García, Roselis Rosales, Bianca Feijoo, Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo

Influencia de la relación de aspecto de la geometría vertical en el comportamiento estructural de edificaciones aporticadas de concreto armado

Influence of the aspect ratio of vertical geometry on the structural behavior of framed reinforced concrete...

Oswaldo J. Russián A., Víctor R. Salazar V., Gerardo J. Gutiérrez D.

Análisis numérico computacional de la distribución de temperaturas en una barra

Computational numerical analysis for the temperatures distribution in a bar

Alfredo Villalobos, Antonio Quintero

Validación de un método cromatográfico para la determinación de vitamina A en muestras de leche

Validation of a chromatographic method for the determination of vitamin A in milk samples

Karelen Araujo, Gisela Páez, Zulay Mármol, Elsy Arenas, Ana Cáceres, Cateryna Aiello Mazzarri

N° 6 Enero - Junio 2014

Sobre una generalización de la función hipergeométrica de Gauss
On one generalization of the Gauss' hypergeometric function

Nina Virchenko

Representación integral de las Y_n – funciones de onda

Integral representation of Y_n – wave functions

Iryna Aleksandrovich, Nina Virchenko

Algunos resultados sobre la función de Bessel de tres variables

Some results on Bessel function of three variables

Ana Isolina Prieto, Josefina Matera, Leda Galué, Susana Salinas

Integrales y ecuación diferencial que involucran la función de Wright

Integrals and differential equations involving Wright functions

Susana Salinas de Romero, Daniel Meza, Marleny Fuenmayor

Desigualdades integrales fraccionales y sus q -análogos

On fractional integral inequalities and their q -analogues

Sunil Dutt Purohit, Faruk Uçar, R.K. Yadav

Una nueva clase de polinomios q -Apostol-Bernoulli de orden α

A new class of q -Apostol-Bernoulli polynomials of order α

Mridula Garg, Subhash Alha

Algunos resultados que involucran operadores q -integrales fraccionales generalizados de Erdélyi-Kober

Some results involving generalized Erdélyi-Kober fractional q -integral operators

Leda Galué

Revisión de la teoría de Boehmians

Boehmians revisited

P. K. Banerji, Deshna Loonker

Algunas propiedades de las N -normas (II)

Some properties of N -norms (II)

José A. Sarabia R.

N° 7 Julio - Diciembre 2014

Fermentación en estado sólido: Una alternativa biotecnológica para el aprovechamiento de desechos agroindustriales

Solid state fermentation: A biotechnological alternative for exploitation of agroindustrial wastes

José R. Ferrer G, José L. Machado, Jhanna Brieva

Propuesta de un sistema de seguridad residencial inalámbrico basado en instrumentación virtual

Proposal for a wireless home security system based on virtual instrumentation

Gereli de los Ángeles Gutiérrez Finol

Sistema de facturación vehicular en peajes basado en tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID)

Vehicular toll collection system based on radio frequency identification technology (RFID)

Angel D. Larreal M., Georma P. Marachli M.

Determinación del grado de conversión global del jugo de piña en etanol por medio de la fermentación alcohólica

Determination of the conversion degree of pineapple juice through alcoholic fermentation

Briceida C. Fernández A., Maite V. Gómez S., José R. Ferrer G, Marisela Rincón

Modelo matemático para la evaluación de parámetros hidráulicos de un reactor anaerobio de flujo ascendente a escala piloto (RAFAep)

Mathematical model for evaluating parameters of a hydraulic upflow anaerobic reactor pilot scale (RAFAep)

Gabriel Arguello, Gerardo Aldana, Jhonny Perez

Dispersión gelatinosa de huesos bovinos para la clarificación de aguas con baja turbidez

Bovine bone gelatinous dispersion for clarification of water with turbidity low

Lorena Fuentes, Yolimar Aguilar, Yaxcelys Caldera, Iván Mendoza

Nanocompuestos basados en arcilla y mezclas heterogéneas de termoplásticos. Una revisión

Nanocomposites based on clay and heterogenous blends of thermoplastics. A review

Helen Inciarte, Haydée Oliva

N° 8 Enero - Junio 2015

Análisis, diseño y simulación del sistema subactuado Pendubot

Analysis, design and simulation of Pendubot subactuated mechanical systems

Atilio Morillo y Maribel Pérez Pirela

Remoción de arsénico presente en oil fly ash por lixiviación ácida

Arsenic removal from oil fly ash by acid leaching

José González, Julissa Arguelles, Milagros Ojeda, Juan Hernández, Gabriela Carruyo y Cezar García

Sistema de control en modo deslizante para regular la posición y la velocidad de un motor de corriente directa

Sliding mode control to regulate the speed and position of a motor of direct current

Ernesto Cornieles y Jacobo Ramírez

Evaluación fisicoquímica y fitoquímica de Granada (*Punica granatum* L.)

Evaluation of physical and phytochemical properties of the granada (*Punica granatum* L.)

Johana Raga, Zulay Marmol, Evelyn Pérez, Gisela Páez y Karelen Araujo

Cuantificación y caracterización de los residuos de alimentos del Comedor Central Estudiantil de la Universidad del Zulia

Quantification and characterization of food residues from the Student Central Dinning of the University of Zulia

Karina Martínez, John Sánchez, Yuleidi Raga, Zulay Marmol, Elsy Arenas y Cateryna Aiello

Modelado de problema de regresión lineal con método Cuasi-Newton

Modeling linear regression problem with Quasi-Newton method

Eddy Rodríguez

Efecto de las condiciones de hidrofobización de una arcilla natural sobre su distribución y dispersión en mezclas de poliestireno/polibutadieno/estireno

Effect of the hydrophobization conditions of natural clay on its distribution and dispersión in polystyrene/polybutadiene/styrene blends

Ida González, Haydee Oliva, Ysabel Cedeño, Helen Inciarte, Diana Soto y Eliezer Velásquez

Estudio del comportamiento de las redes sónicas de alta velocidad

Study of performance of the sonic high speed networks

Luis Rojas

N° 9 Junio - Diciembre 2015

Onda de propagación TE en una microcinta abierta con dos dieléctricos

TE propagation wave in an open microstrip with two dielectrics

Augusto Galo.

Lixiviación diferenciada de metales mayoritarios de cenizas volantes.

Differentiated leaching of majoritarian metales from fly ash

Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.

Control y telemanipulación a distancia de un sistema multivariable.

Control and remote accessing of a multivariable system

Ernesto Cornieles, German Gutiérrez y Jacobo Ramírez.

Aprendizaje constructivista para el análisis de estructuras mediante el uso de un entorno virtual.

Constructivist learning for the analysis of structures by using a virtual environmental.

Evelyn Marín

Análisis de la emisión y dispersión del dióxido de nitrógeno en un sector de alto flujo vehicular.

Analysis of the emission and dispersion of nitrogen dioxide in areas of high vehicular traffic.

Alberto Córdova, Anali Machado, Neyma Garcia, Gilberto Colina y Cezar García.

Teorema para la función de Bessel generalizada que involucran polinomios de Hermite.

Theorems for the generalized Bessel function that involving Hermite polynomials.

Josefina Matera, Ana Isolina Prieto, Leda Galué y Susana Salinas de Romero.

Aporte nutricional de un biosólido avícola obtenido en un proceso de digestión aerobia sobre un cultivo de cebollín.

Nutritional contribution of a poultry biosolids obtained in a process of aerobic digestion on the growing of green onion.

Leopoldo Ruesga, María Ocando, Miguel López, Enyris Gutiérrez, Yaxcelys Caldera y Edixon Gutiérrez.

Opuntia ficus-indica y Opuntia wentiana: estudio comparativo sobre su efectividad como coagulantes en la clarificación del agua.

Opuntia ficus-indica and Opuntia wentiana: comparative study on its effectiveness as a coagulant in water clasification.

Yoalis González, Lorena Fuentes, Ivana Mendoza y Yaxcelys Caldera.

N° 10 Enero - Junio 2016

Efecto de la temperatura de calcinación de la sílice en el sistema Pt/CeO₂/SiO₂ para la oxidación de metano **Effect of Silica Calcination Temperature in the System Pt/CeO₂/SiO₂ for Methane Oxidation**

Julio Moreno, Jeannette Zarraga, Dora Finol, Víctor Ferrer

Diseño de una red de monitoreo de calidad de aire para un complejo petroquímico
Design of a network of monitoring of air quality for a petrochemical complex

Eudo Nava, Rima Simancas, Cezar García

Efecto de la aireación en la producción de abono orgánico mediante la fermentación en estado sólido del desecho de uva blanca

Effect of aeration in the organic fertilizer production by solid state fermentation of waste white grape

Jhanna P. Brieva F., José R. Ferrer G., Carlos Fernández B, Jorge Ortega

Incidencia de los residuos y contaminantes químicos en alimentos de origen animal y vegetal
Incidence of chemical residues and contaminants in food of animal and vegetable origin

Jean Carlos Belandría Briceño, Mary Andara, Juan Arias, Adriana Urdaneta

Perfil de aminoácidos en dietas formuladas para la alimentación de peces, utilizando residuos del procesamiento industrial de crustáceos

Amino acid profile formulated diets for fish feed, using industrial waste processing crustaceans

Mary Andara, Juan Arias, Jean Belandría, Jhanna Brieva, Willy Gómez

Desarrollo de un algoritmo que implemente el método de diferencias finitas para resolver las ecuaciones de Einstein utilizando el formalismo 3+1 de la relatividad numérica

Development of an algorithm that implements the finite Difference method to solve Einstein's equations via the 3+1 formalism of numerical relativity

Favio Vásquez, Jubert Pérez

Estudio de factibilidad para el establecimiento de una fábrica semi-industrial de compotas de pseudo fruto de cajuil (anacardium occidentale) en el estado Zulia

Feasibility study for establishing of a semi-industrial factory of cashew (anacardium occidentale) apple compote in Zulia state.

Marlyng Borjas, Alexis Faneite, José Ferrer

Evaluación de agentes de parada corta en las reacciones de polimerización de la planta PVC II del complejo petroquímico Ana María Campos

Evaluation of short stop in polymerization reactions of the PVC II plant petrochemical Complex Ana María Campos

Lined P. Durán H., Leiza P. Brango G., Oscar Urdaneta

N° 11 Julio - Diciembre 2016

Implementación de un plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis de velocidades centrifugas de compresores.

Implementation of predictive maintenance plan based on analysis of speed centrifugal compressor.

Kenneth Rosillon y Oscar Aguillar

Accidente: Fenómeno Estocástico.

Accident: Stochastic Phenomena.

José Vicente Ferrer y Naudy Leal.

Categorización de usuarios de Twitter.

Categorizing Twitter users.

Fracisco Luengo, Carla Morillo y Yaskelly Yedra.

Uso del Wxmaxima en la enseñanza de la ecuación integral de Fredholm de segunda especie.

Use of Wxmaxima on teaching the Fredholm integral equation of second order.

Jhonny Araque, Robert Quintero y Oscar León.

Modelo diferencial de transferencia de masa para el análisis de la lixiviación ácida del oil fly ash.

Differential mass transfer model for the analysis of the acid leaching of oil fly ash.

Juan Hernández, José González, Gabriela Carruyo y Cezar García.

Integrales que involucran funciones de Bessel de tres variables y dos parámetros.

Integrals involving Bessel functions of three variables and two parameters.

Leda Galué.

Nº 12 Enero – Junio 2017

Método de planos de corte modificado para programación lineal entera en la toma de decisiones cuantitativas.

Modified cutting-plane method for integer linear programming in the making of quantitative decisions.

Jenny Márquez.

Efecto de un acidificante orgánico en los parámetros productivos de pollos de engorde.

Effect of an organic acidifier in productive parameters of broilers.

Diego Parra Rojas, José Parra Rojas y Ramón Urdaneta.

Análisis del censo catastral de la Isla de Zapara, a través de la Ley Orgánica de Ordenación del Territorio, la Ley Orgánica de Seguridad de la Nación y la Ley de Tierras y Desarrollo Agrario.

Analysis of cadastral survey Zapara Island, through the Organic Law of Planning, the Law on National Security and the Law on Land and Agricultural Development.

Yvonne López de Martínez, Yogry Castillo y Daniela Romero.

Percepción remota del vapor de agua troposférica en zonas adyacentes a estaciones GPS de operación continua utilizando el sensor satelital MODIS.

Tropospheric water vapor remote sensing by MODIS satellital in zones near continuous operating GPS Stations.

Sarai Leal, Víctor Cioce, Giovanni Reyero y Eugen Wildermann.

Análisis elipsométrico de nanoestructuras híbridas semiconductor/ metal: Co/AIN/AL₂O₃ y AIN/Co/ AIN/AL₂ O₃

Elipsometric analysis of hybrid semiconductor / metal nanostructures: Co/AIN/AI₂O₃ y AIN/ Co/AIN/AL₂ O₃

José Fermín Darío Rincón, Giovanni Marín y Carlos Chesman Feitosa.

Modelo reológico para mezclas fluidas de carbón mineral.

Rheological model for fluid mixtures of mineral coal.

Henry Leal, Pragredes Paredes, José González y César García.

N° 13 Julio Diciembre 2017

- Topología de Zariski y A-transformaciones
Topology of Zariski and A-transformations
Edixo Rosales 11
- Producción de biodiesel a partir de las grasas extraídas de la borra de café mediante un proceso en dos etapas: esterificación con H_3PO_4 y transesterificación con KOH
Biodiesel production from spent coffee grounds extracted oil using a two-stage process: esterification with H_3PO_4 and transesterification with KOH
Andrés Camejo, Elsy Arenas, John Sánchez, Zulay Mármol, Cintia Chandler y Cateryna Aiello 15
- Evaluación del comportamiento bidimensional de un reactor de lecho fijo para la síntesis de dimetileter
Two-dimensional behaviour of a fixed bed reactor for dimethyl ether production
Hector Suárez y Cezar García 29
- Efecto de la disponibilidad de nutrientes y la adición de coagulantes sobre la sedimentabilidad de lodos activados
Effect of the availability of nutrients and the addition of coagulants on the sedimentability of activated sludge
Vanessa Finol, Isabel González, Lenin Herrera y Lewis Godoy 47
- Calidad física de aguas residuales de una industria avícola en un sistema de flotación por aire disuelto con coagulantes
Physical quality of wastewater from a poultry industry in a system dissolved air flotation with coagulants
Yaxcelys Caldera, Mayra Sánchez y Edixon Gutiérrez 57
- Valoración económica como edificio histórico patrimonial a la antigua sede rectoral de la Universidad del Zulia
Economic valuation as a historical patrimonial building to the former rectory headquarters of the University of Zulia
Carlos Sandoval y Yogry Castillo 67

Normas para la presentación de artículos

1. La Revista Tecnocientífica URU es una revista digital arbitrada de la Universidad Rafael Urdaneta cuyo propósito es dar a conocer trabajos científicos originales e inéditos en las áreas de Ingeniería (Química, Civil, Eléctrica, Computación, Telecomunicaciones, Industrial y Producción Animal, entre otras.

2. Tipos de trabajos

Se aceptaran para la publicación artículos científicos inéditos, esto es, que no hayan sido enviados o publicados en otro órgano de divulgación científica con anterioridad, con un máximo de quince (15) páginas y escrito en MICROSOFT OFFICE WORD. Se deben consignar tres copias y un CD-ROM del artículo.

- 2.1 Artículos de actualización científica que resuman el “Estado del Arte” de las áreas de la revista, con un máximo de quince (15) páginas.
- 2.2 Artículos de reflexión sobre un tema específico de las áreas de la revista, desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, recurriendo a fuentes originales.
- 2.3 Artículos de revisión: documentos donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones, publicadas o no, sobre una temática especializada de las áreas de la revista.
- 2.4 Artículos de discusión: documentos que presentan el debate de afirmaciones realizadas en artículos anteriores.
- 2.5 Artículos de invitados especiales con un máximo de quince (15) páginas.
- 2.6 Notas técnicas: sobre mejoras de procesos en ingeniería, resultados de investigaciones derivadas del ejercicio profesional en ingeniería y ciencias afines, con un máximo de ocho (8) páginas.

3. La portada debe contener

- 3.1 Título del trabajo en español e inglés en letras mayúsculas y minúsculas.
- 3.2 Nombre(s) del autor(s), 6 autores como máximo y su dirección institucional(es) completa(as) (dirección postal, correo electrónico).
- 3.3 Resumen del trabajo en español e inglés (abstrac) con un máximo de doscientas (200) palabras.
- 3.4 Palabras clave en español e inglés (key words) con un máximo de cinco (05) palabras.

4. Normas de estilo

- 4.1 El orden a seguir para el artículo es: portada, resumen (en español e inglés), introducción, fundamentos teóricos, parte experimental, resultados, discusión de resultados, conclusiones, agradecimiento y referencias bibliográficas.
- 4.2 El artículo debe escribirse en estilo Times New Roman tamaño 12, el título tamaño 16 y las

Figuras, tablas y texto subordinados tamaño 10.

- 4.3 El interlineado debe ser doble espacio a excepción del resumen, agradecimiento y referencias bibliográficas que van a un espacio.
- 4.4 El nombre de cada sección se escribirá en negritas. Estos deberán estar centrados.
- 4.5 El nombre de las subsecciones se escribirá en negritas a la izquierda del texto y en mayúsculas y minúsculas.
- 4.6 Las Figuras, fotografías, diagramas y gráficos deben denominarse como Figuras y estas deben ir numeradas con números arábigos, así como las tablas. Además, deben incluirse dentro del texto correspondiente y con su respectiva leyenda.
- 4.7 La redacción de los trabajos puede ser en español o inglés.
- 4.8 Las fotografías, imágenes, mapas y Figuras incluidas en el documento se anexaran también por separado en el CD-ROM con excelente calidad.
- 4.9 Las fotografías deben estar en blanco y negro, bien contrastadas y brillantes de un ancho máximo de 9,5cm.
- 4.10 Todos los símbolos matemáticos deben ser escritos en forma clara y legible, con los subíndices y superíndices ubicados correctamente.
- 4.11 Deben ser numeradas todas las ecuaciones matemáticas en forma consecutiva con números arábigos entre paréntesis y ubicados en el margen derecho.
- 4.12 Las citas dentro del documento se escriben con el nombre de sus autores seguido con un número entre corchetes que corresponde a la referencia.

Ejemplo: García [1], L Moreno [3, Pág. 19-24] o ubicando el número de la referencia sin colocar autor [4], si son 3 o más autores se escribe K. Nishimoto *et al.* [2].

Las referencias bibliográficas de artículos de revistas deben contener autor(es) si tiene varios autores separarlos con comas, título de la revista, volumen y número, año de publicación (entre paréntesis) y páginas. Solo deben incluirse referencias bibliográficas con autores totalmente identificados y se escribirán por orden de aparición de las citas.

Ejemplo: García C., Marín j., Alaña J., Martínez K. y Faria J., Modelo de Nernst-Planck aplicado a la cinética de intercambio iónico del sistema PO₄(-3)- Cl(-1) en leche, Rev. Tec. Ing. Univ.Zulia, Vol. 30, N°. 3, (2007), 236-243.

Los libros se escriben: apellido e inicial del autor(es) con mayúsculas y minúsculas.

Ejemplo: Nishimoto K. (Editor), Fractional Calculus and its Applications, Nihon University, Tokyo (1990).

- 4.13 En los artículos deben emplearse unidades del Sistema Internacional: metro (m), kilogramos (Kg), Segundo (s), entre otras.

5. Arbitraje

- 5.1 El trabajo, recibido por el Editor(a), será enviado al Comité Editorial para su revisión y consideración de tres árbitros.
- 5.2 El método de arbitraje que sigue la revista es de tipo “doble ciego”, que consiste en que tanto los árbitros como los autores desconocen sus respectivas identidades.

- 5.3 Los trabajos serán evaluados de acuerdo a los siguientes criterios: claridad, originalidad del contenido, aportes al campo de conocimiento, coherencia del discurso, adecuada organización interna, calidad de las referencias bibliográficas, adecuada elaboración del resumen y pertinencia del título.
- 5.4 En caso de recibir observaciones por parte de los árbitros, estas serán enviadas al(los) autor(es) para su corrección. Después de realizar las correcciones, los autores devolverán la versión corregida en un CD-ROM, así como un original impreso y tres copias.
- 5.5 Las pruebas de imprenta serán enviadas a los autores para la revisión final del artículo.
- 5.6 Cuando el trabajo sea aceptado los autores serán informados del tiempo aproximado de publicación. Si el trabajo es rechazado los autores podrán remitir al Editor(a) Jefe una comunicación exponiendo argumentos a favor de su artículo. El Comité Editorial considerará las acciones a tomar.
- 5.7 Cada autor principal de los artículos publicados recibirá gratuitamente una (1) revista y cinco (5) separatas.

6. Consideraciones finales

- 6.1 Los conceptos u opiniones emitidos en los artículos, serán de exclusiva responsabilidad de los autores.
- 6.2 El Comité Editorial se reserva el derecho de los arreglos de estilo que considere conveniente.
- 6.3 Bajo ninguna circunstancia, la revista devolverá los originales (Impreso y CD-ROM) de los artículos enviados para su consideración.
- 6.4 Lo no previsto en las presentes normas será resuelto por el Comité Editorial.

Guidelines for Submitting Articles

1. URU techno-scientific journal is an arbitrated digital journal of the Rafael Urdaneta University, whose purpose is to publish scientific papers in the areas of engineering (Chemical, Civil, Electrical, Computer, Telecommunications, Industrial, Animal Production, etc.).

2. Types of articles

Articles will be accepted for publication which have not been submitted or published in other scientific journals, and should have a maximum of fifteen (15) pages, and written in MICROSOFT OFFICE WORD. Three copies should be submitted along with a CD-ROM containing the article.

- 2.1 Scientific articles that summarize the “state of the art “ in areas of interest for the journal with a maximum of fifteen (15) pages.
- 2.2 Reflection articles on specific issues covered by the magazine, from an analytical, interpretative or critical viewpoint of the author, and based on original sources.
- 2.3 Review articles which analyze, systematize and integrate results, published or unpublished, on specific issues covered by the magazine.
- 2.4 Discussion articles: A document that presents the debate of assertions published in previous articles.
- 2.5 Articles by special guests with a maximum of fifteen (15) pages long.
- 2.6 Technical notes on process improvements in engineering, results of research obtained from professional practice in engineering and related fields, with a maximum of eight (8) pages.

3. The front page must contain

- 3.1 Title of paper in English and Spanish, in uppercase and lowercase letters.
- 3.2 Author’s name , maximum of 6 authors and full institutional address or addresses (postal address, e-mail).
- 3.3 Abstract in Spanish and English with a maximum of two hundred (200) words.
- 3.4 Key words in Spanish and English with a maximum of five (5) words.

4. Text guidelines

- 4.1 The sequence for the article should be as follows: title, abstract (in English and Spanish), introduction, theoretical foundations, experimental part, and discussion of results, conclusions, acknowledgements and references.
- 4.2 Article should be written in 12 point Times New Roman, and 16 point for the title, and figures, tables and subordinate text should use 10 point. Interlining should be double space; abstract, acknowledgments and references should be single space.
- 4.3 The heading of each section should be centered and written in boldface letters.
- 4.4 Subsections headings should be written in boldface letters on the left of text and in upper and

lower case letters.

- 4.5 Figures, photographs, diagrams and charts should be labeled as figures, and numbered with Arabic numerals, as well as tables. They should be included within the corresponding text along any explanation.
- 4.6 The article draft should be in Spanish or English.
- 4.7 Photographs, images and figures included in the document should be annexed separately on a CD-ROM of excellent quality.
- 4.8 Photographs must be in black and white, with good contrast and brightness, with a maximum width of 9.5 centimeters.
- 4.9 Mathematical symbols should be written clearly and legibly, with subscripts and superscripts correctly located.
- 4.10 Mathematical equations should be numbered sequentially with Arabic numerals within parentheses and placed on the right margin.
- 4.11 Quotations within the document should be written with the author's name followed with a number inside brackets that corresponds to the reference. Examples: García [1], L. Moreno [3, pages 19-24] or, if there are three or more authors, the reference number without the author's name [4], and written as K.Nishimoto *et al.* [2].
- 4.12 Bibliographic references to journal articles should include author (s) name (s); if it has multiple authors, their names should be separated by commas, title of journal, volume and number, year of publication (in parentheses) and page numbers. Bibliographical references should be included only when authors are fully identified and they will be written in order of appearance of the quote. Example: García C., Marin J., Alaña J., Martínez K y Faria J., Model of Nernst-Planck applied to the ion exchange kinetics of the PO₄ (-3)-Cl(1) system in milk, *Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia*, vol. 30, N° 3, (2007), 236-243.

Books references should be written: surname and initial of the author (s) name (s) in uppercase and lowercase letters.

Example: Nishimoto K. (editor), *Fractional calculus and its applications*, Nihon University, Tokyo (1990).
- 4.13 Articles should use the International System Units: meter (m), kilogram (kg), second (s).

Evaluation

- 5.1 Articles received by the Editor (s) will be submitted to the Editorial Committee for review and consideration of three arbitrators.
- 5.2 The evaluation method followed by the Journal is of the "double blindness" type; neither the arbitrators nor the authors know their respective identities.
- 5.3 The works submitted will be evaluated according to the following criteria: clarity of language, originality of contents, contributions to the field of knowledge, coherence, adequate internal organization and quality of bibliographic references, appropriate elaboration of the abstract and relevance of title.
- 5.4 In case of observations from the referees, these will be forwarded to the author (s) for corrections. After making corrections, the authors should return the corrected version on a CD-ROM, as well as an original of the reviewed work and three copies.

- 5.5 Press proof will be sent to authors for final review of the article.
- 5.6 When the work is accepted, authors will be informed of the approximate date of publication. If the work is rejected, the author may submit a communication to the Editor in Chief presenting his arguments in favor of the article. The Editorial Committee will consider the actions to take.
- 5.7 Each author will receive one (1) free copy of the journal volume and 5 reprints.

Final considerations

- 6.1 Concepts or opinions expressed in articles shall be the sole responsibility of the authors.
- 6.2 The Editorial Committee reserves the right for any format changes that considers convenient.
- 6.3 Under no circumstances, the magazine will return the original of the articles (print and CD-ROM) submitted for consideration.
- 6.4 Questions not answered by these guidelines shall be resolved by the Editorial Committee.

Revista Tecnocientífica URU N° 14
Maracaibo, Venezuela