

Revista de **I**ngeniería
Y
Tecnología **E**ducativa



UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES
VENEZUELA

Núcleo Universitario Alberto Adriani

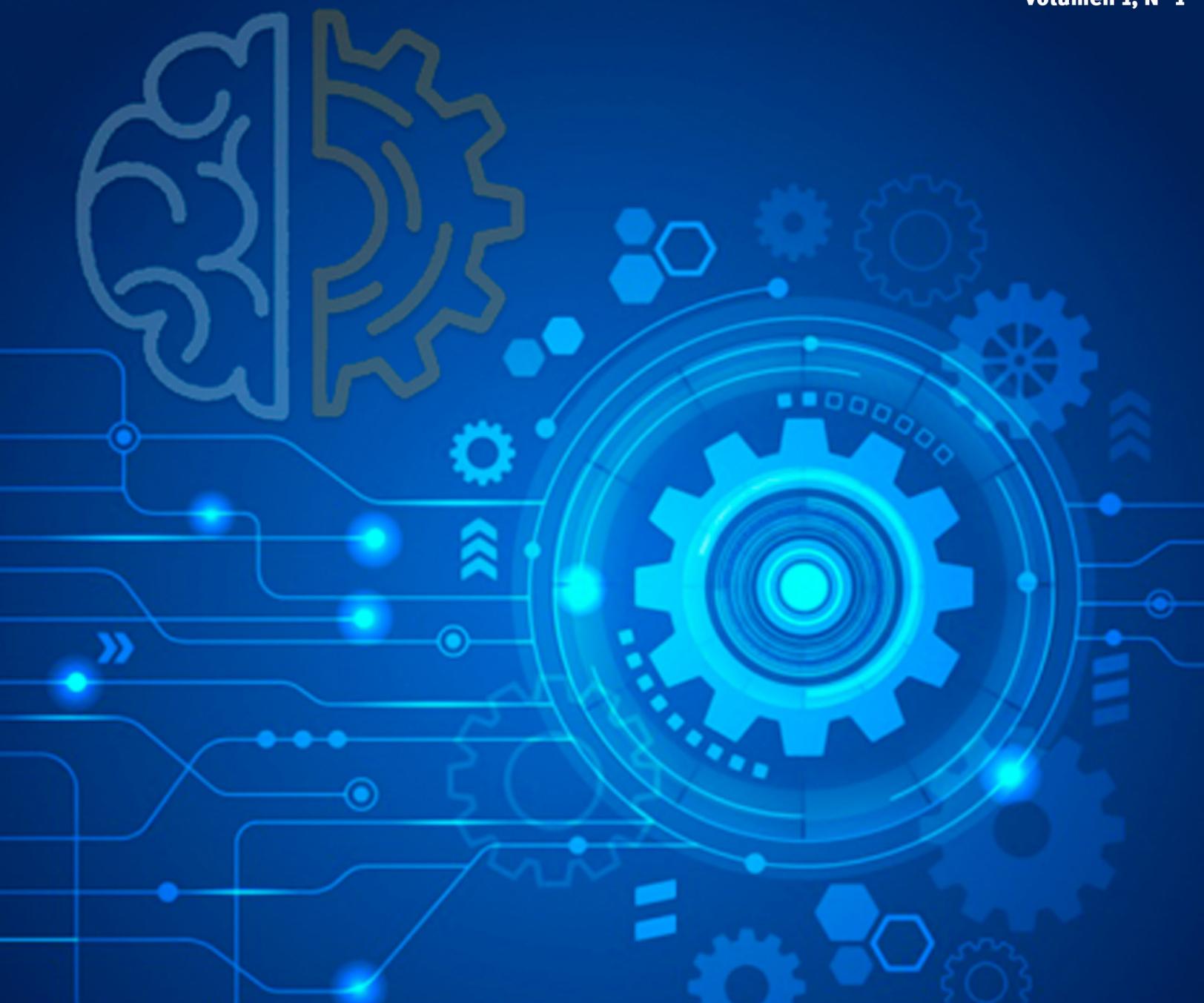


GIIE

GRUPO DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIO
EN INGENIERÍA Y EDUCACIÓN

Enero - Junio 2018

Volúmen 1, N° 1



Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)
Universidad de Los Andes,
Núcleo Universitario Alberto Adriani
Depósito Legal ME2018000068.
Volúmen 1, N° 1, Enero-Junio 2018

RITE
RITE

RITE, es una publicación arbitrada, que se edita en dos números anuales que constituyen un volumen. Es una revista editada en el Núcleo Universitario Alberto Adriani y está destinada a dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas de la ULA, así como las que se realicen en otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las diferentes especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Educación y áreas conexas.

Misión

- Dar a conocer, dentro y fuera del país, las realizaciones científicas y tecnológicas del Núcleo Universitario Alberto Adriani (NUAA), así como las que se realicen en otras dependencias de la Universidad de Los Andes (ULA), otras universidades y centros de investigación industrial en el país y en el exterior, en las especialidades de Ingeniería, Ambiente, Ciencias de la Ingeniería, Tecnología Educativa y áreas conexas.

Visión

- Enriquecer el patrimonio bibliográfico de la ULA con trabajos internos y/o preparados por otras instituciones educativas, centros de investigación y empresas del país y del exterior.
- Servir de fuente de actualización bibliográfica para alumnos y profesores de la ULA.
- Mantener y acrecentar el prestigio y la imagen de la ULA ante la región y el país y la comunidad científica.

Dirección: Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Alberto Adriani. Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía - 5145- Edo. Mérida. **Teléfonos:** 0275-8817920/0414-0078283.

e-mail: riteula2017@gmail.com

La Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE), posee acreditación del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes, Universidad de Los Andes (CDCHTA-ULA)

Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)
Universidad de Los Andes,
Núcleo Universitario Alberto Adriani
Depósito Legal ME2018000068.
Volúmen 1, N° 1, Enero-Junio 2018

Comité Editorial

Comité Editorial

Editor Jefe

Dr. Domingo Alarcón

Editor Adjunto

Dra. Milagro Montilla

Comité Editorial

Dr. Domingo Alarcón
Dra. Milagro Montilla
MSc. Keyla Márquez
MSc. Jaimel Salcedo

Comité de Arbitraje

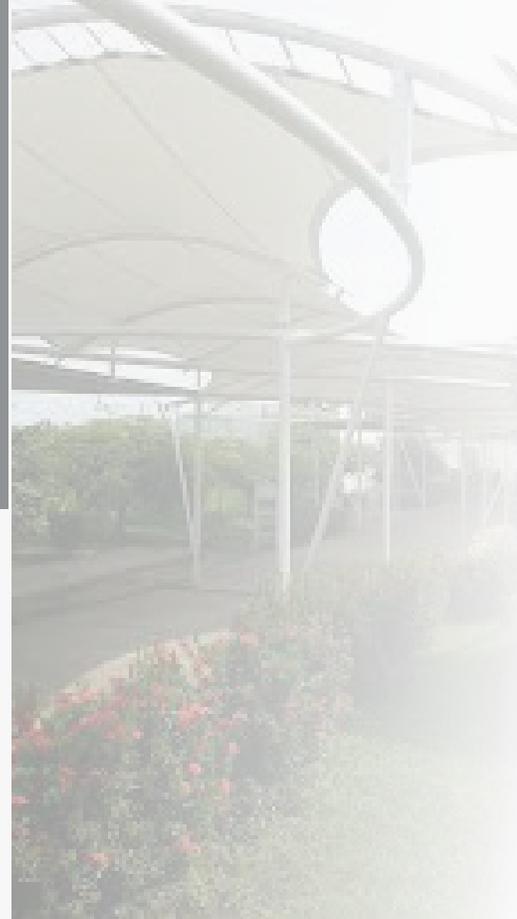
Dr. Idel Contreras
Dra. Elkis Weinhold
Dr. Jairo Márquez
Dra. Olga Márquez
Dr. Reinaldo Ortiz
Dra. María Teresa Celis

Consejo de Redacción y/o Asesor

MSc. Sara Burgos

Diseño, Diagramación y Edición

Pf. Angie Castellano
MSc. Ingrid Suescun



Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)
Universidad de Los Andes,
Núcleo Universitario Alberto Adriani
Depósito Legal ME2018000068.
Volúmen 1, N° 1, Enero-Junio 2018

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido

PRESENTACIÓN

5

LA REVISTA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA EDUCATIVA RITE:
UN PASO ADELANTE EN LA DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO
DESDE EL NÚCLEO ALBERTO ADRIANI DE LA UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES

Patricia Rosenzweig

RESEÑA HISTÓRICA

7

EL NÚCLEO DE LA ULA DE EL VIGÍA: DE LA UNIVERSIDAD
IMPOSIBLE A LA POSIBLE

Eudes J. Blanco P

ARTÍCULOS

EVALUACIÓN DE LA LECHE DE VACA EN LA ZONA SUR DEL
LAGO DE MARACAIBO MEDIANTE PRUEBAS FISICOQUÍMICAS
julieska Arbeláez Barrios, Quillanio Contreras Rubio

13

LA CELDA Y LA BATERÍA REDOX DE VANADIO
**Alexander Laguna, Keyla Márquez, Milagro Montilla, Domingo Alarcón,
Olga Márquez, Jairo Márquez, Luigi Manfredy**

22

EFFECTO CATALÍTICO DE UN ELECTRODO MODIFICADO SOBRE
LA REACCIÓN DE OXIDACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO
**Amable Molina, Yris Martínez*, Ricardo Hernández,
Olga Márquez, Jairo Márquez, Miguel Díaz**

39

NORMAS PARA LOS AUTORES

55

Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)
Universidad de Los Andes,
Núcleo Universitario Alberto Adriani
Depósito Legal ME2018000068.
Volúmen 1, N° 1, Enero-Junio 2018

Index Index

PRESENTATION

THE EDUCATIONAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY MAGAZINE RITE IS AT THE FRONT OF KNOWLEDGE DISSEMINATION FROM THE "ALBERTO ADRIANI" LOCATION AT THE UNIVERSITY OF THE ANDES

Patricia Rosenzweig

5

HISTORICAL OVERVIEW

ULA'S FACILITY IN "EL VIGÍA" MAKING THE IMPOSSIBLE UNIVERSITY POSSIBLE

Eudes J. Blanco P.

7

ARTICLES

EVALUATION OF COW MILK IN THE SOUTHERN ZONE OF THE MARACAIBO LAKE BY PHYSICAL CHEMICAL TESTS

Julieska Arbeláez Barrios, Quiliano Contreras Rubio

13

THE VANADIUM CELL AND BATTERY

Alexander Laguna, Keyla Márquez*, Milagro Montilla, Domingo Alarcón, Olga P Márquez, Jairo Márquez, Luigi Manfredy

22

CATALYTIC EFFECT OF A MODIFIED ELECTRODE FOR THE OXIDATION REACTION OF ASCORBIC ACID

Amable Molina, Yris Martínez*, Ricardo Hernández, Olga Márquez, Jairo Márquez, Miguel Díaz

39

NORMS TO AUTHORS

55

Presentación

Presentación

La Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE): Un paso adelante en la difusión del conocimiento desde el Núcleo Alberto Adriani de la Universidad de Los Andes

Patricia Rosenzweig

Universidad de Los Andes,
Vicerrectorado Académico.
Mérida, Venezuela.
e-mail: patricia@ula.ve

El desarrollo tecnológico, de la mano con las ciencias básicas, se ha convertido en el pilar del progreso de las sociedades modernas. Desde que en el siglo XVIII se inicia la industrialización en Europa, con la introducción de novedosa maquinaria y la sistematización de los procesos de fabricación de bienes y servicios, el binomio ciencia y tecnología (CyT) empieza a jugar un papel decisivo en el avance de los pueblos.

En tal sentido, se puede generalizar y señalar sin ambages, que las naciones que se comprometen a apoyar el desarrollo de proyectos de ciencia y tecnología, y que se involucran firmemente en la formación de científicos y tecnólogos, se encaminan por el sendero del crecimiento social, económico y, en general, por el desarrollo humano de sus ciudadanos. En consecuencia, las universidades, como protagonistas de este proceso, deben asumir el reto que significa hacer docencia e investigación cada vez más encaminada hacia la generación de nuevo conocimiento básico y la búsqueda de aplicaciones, o soluciones, a los problemas que la sociedad le plantea.

Es por ello que, desde el Vicerrectorado Académico de la Universidad de Los Andes, hemos tenido siempre como objetivo la gestión y la promoción de todos los proyectos que coadyuven al fortalecimiento de la docencia y el incremento de la investigación. Sorteando dificultades, se ha venido apoyando la iniciativa de los profesores y los investigadores ulandinos en los campos de la enseñanza y la investigación. En este orden de ideas, el Programa Estímulo a la Docencia Universitaria Dr. Mariano Picón Salas (PED-ULA), es uno de los proyectos emblemáticos de esta gestión, y persiguen estimular una docencia de calidad que, sin lugar a dudas, debe ir de la mano con la investigación. Por otro lado, se ha venido impulsando a las revistas que nacen en la ULA, como vehículo privilegiado para la difusión del conocimiento científico y tecnológico. Y es que, el conocimiento no puede quedarse en los grupos, laboratorios o centros de investigación, sino que debe proyectarse, a fin de promover el intercambio académico entre pares, que va a mejorar la discusión de esos resultados y creará la oportunidad de utilizarlos como punto de partida para buscar futuras aplicaciones prácticas.

Es por esta razón, que vemos con beneplácito la iniciativa de un grupo de profesores del Núcleo Universitario Alberto Adriani de la Universidad de Los Andes, que se han planteado la posibilidad de crear un nuevo espacio editorial en la revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE).

Reitero mi beneplácito, pues se trata de un esfuerzo desde un Núcleo Universitario, nacido como respuesta de la ULA a la necesidad de fomentar la educación en todos los municipios del Estado Mérida y, en general, en los Andes venezolanos. Es el resultado de la decidida voluntad de la comunidad universitaria, que interpreta las necesidades de los diversos sectores sociales y orienta sus energías persiguiendo un gran objetivo común: la promoción social de la juventud venezolana. Estos ideales han sido emblemáticos en las universidades nacionales autónomas y por ejemplo, en la ciudad de Mérida, destacó en la figura del Rector Magnífico Dr. Pedro Rincón Gutiérrez, quien mantuvo una amplia visión en lo que debería ser la ULA, como centro que motoriza el desarrollo de la región andina; y, en Caracas, lo vemos en la persona del Dr. Francisco De Venanzi, quien desde el sillón rectoral de la Universidad Central de Venezuela, apuntó en esta dirección: *“Un factor adicional, pero no por ello menos significativo, lo constituye la posibilidad de incrementar el bienestar espiritual y material de la colectividad a través de la creación de los nuevos conocimientos. ¡Cuánta felicidad no acompaña al esfuerzo orientado a ofrecer una perspectiva distinta al ser humano, que lo libere de temores y supersticiones ancestrales, que le permita ganar conciencia de su destino, asumir la responsabilidad de dirigirlo en la medida de sus posibilidades hacia metas de perfección individual y colectiva, erradicar las lacras físicas que lo afectan, satisfacer las necesidades básicas para el armonioso desarrollo integral, hacer suma, del hombre un ser cada vez más digno de las maravillosas condiciones que lo han colocado en el primer peldaño de la escala evolutiva! En el logro de esas aspiraciones, las potencialidades de la ciencia [y la tecnología] abren extraordinarias perspectivas”*¹.

Para finalizar, quisiera desear que este primer volumen de la revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE), sea el inicio de una fructífera trayectoria y que se convierta en un espacio privilegiado, para la publicación de trabajos en el área de las ciencias, la tecnología y la enseñanza universitaria; pues, ahora más que nunca, necesitamos nutrirnos de buenas iniciativas que impulsen el trabajo fecundo e innovador, y la búsqueda de nuevos horizontes para la nación venezolana, que podremos encontrar a través de una docencia de calidad y una investigación científica comprometida con los ideales que han hecho de la Universidad de Los Andes, una institución que proyecta la luz del conocimiento como faro refulgente enclavado en las montañas andinas.

¹ Francisco De Venanzi. (1969). Reflexiones en siete vertientes. Caracas: Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca, pp. 39.

Reseña Histórica

Reseña Histórica

El núcleo de la ULA de El Vigía: de la universidad imposible a la posible

Eudes J. Blanco P.

Universidad de Los Andes,
Núcleo Universitario Alberto Adriani.
El Vigía- Mérida.
e-mail: eudesblanc@gmail.com

Historiar los antecedentes, orígenes y evolución del Núcleo Alberto Adriani de la Universidad de Los Andes, ubicado en El Vigía, es una tarea que se remonta a más de cuatro décadas.

Y es que si bien en este año 2017, se cumplieron diez años de existencia como núcleo, no es menos cierto que hay que agregar a esa década, treinta y cinco largos años anteriores de espera de lo que ha sido sin lugar a dudas, uno de los mayores y más ansiados anhelos de los vigienses.

Haciendo memoria histórica, hace cuarenta y cinco años, y más específicamente, el 22 de enero de 1972, el presidente de la República Rafael Caldera, visitaba a El Vigía para inaugurar la Urbanización Carabobo, el Grupo Tovar y la primera etapa del complejo deportivo de Buenos Aires, en ese momento recibió una comunicación escrita donde se le solicitaba una extensión universitaria de la ULA para El Vigía, la entrega del oficio fue realizada por J. Cesar Pérez Ramírez, presidente del Concejo Municipal, acompañado de jóvenes egresados y estudiantes del Liceo Alberto Adriani, que con pancartas en mano, brindaban su apoyo a la autoridad municipal. [1]

La aspiración de una Extensión Universitaria para El Vigía unió a estudiantes, gremios profesionales, sindicatos y demás fuerzas vivas. A nivel estudiantil quienes cursaban estudios en la ciudad de Mérida, conformaron la Asociación de Estudiantes Vigienses en la Universidad de Los Andes (AEVIULA), cuyo objetivo principal era lograr que lo que era nuestra casa de estudio en Mérida, se extendiera hacia el municipio Alberto Adriani.

En esa lucha por la consecución de la extensión universitaria merece especial reconocimiento como gremio, la Asociación de Ganaderos de Alberto Adriani (ASODEGAA). Y por razones de espacio, solo se destacan algunos hechos referenciales: En el año 1987, en la presidencia del señor Manuel Guerrero, se presentó al Consejo Universitario de la ULA, un documento donde además de solicitar la referida extensión, se concretaron algunas acciones de acercamiento de la Universidad a la zona, como fueron: la realización del primer Consejo de Medicina, en el Hospital de El Vigía, con la participación de diecisiete médicos de esa facultad, y posteriormente, la elaboración de los estudios sobre brucelosis, con la cooperación de las Escuelas de Farmacia y Bioanálisis. [2]

Otra acción relevante de ASODEGAA, fue: la oferta del doctor Pedro César Omaña [3] de donar parte de su finca para el proyecto de la construcción del Núcleo de la ULA, en El Vigía, planteamiento que no fue tomado en cuenta por la Universidad para el momento.

Por último, hay que destacar el desprendimiento mostrado por la señora Nicolasa Chacón, socia del gremio ganadero y dueña de la finca Judibana, en la que la que hoy, se encuentra la sede de nuestra ilustre Universidad, la cual fue vendida en el año 1988, por un precio módico, por la misión social que iba cumplir.

Otro acontecimiento resaltante en esta historia, lo constituye el 02 de marzo de 1991 cuando la ULA presentaba en El Vigía el proyecto del Núcleo Universitario, el cual debería ser una realidad al año siguiente, el origen de este acontecimiento es referido así:

A mediados de 1990 el Sr. Rector de la ULA, Dr. Néstor López Rodríguez, designo un comisión coordinada por PLANDES para elaborar el proyecto de creación de la Facultad antes señalada, esta comisión concluyó y consignó el Proyecto al Consejo Universitario en el año 1992, el cual fue aprobado ese mismo año por el máximo Organismo Universitario y elevado a consideración del CNU. El 15 de mayo de 1996, el CNU mediante Decreto No. 1130 aprobó el Proyecto para que se pusiera en marcha la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias con las carreras de Ingeniería Agronomía T.S.U en Agronomía, Medicina Veterinaria y T.S.U en Veterinaria. Por razones; de diferentes índoles la ULA no pudo poner en marcha la Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinaria, quedando el Proyecto en espera de mejores oportunidades, que hasta el presente no han presentado y sometido a la Zona Sur del Lago a una larga espera por materializar esta iniciativa. [4]

Se tuvo que esperar dieciséis años más, para oír una grata noticia: el 22 de enero de 2007, mediante resolución CU-U141, el Consejo Universitario de manera unánime aprobó el Decreto para la creación del Núcleo Universitario Alberto Adriani (NUAA).

En esta decisión jugó un papel de primer orden una comisión designada por el rector Lester Rodríguez integrada por: Prof. Eladio Dapena – Director. Prof. Leonardo Casanova (Facilitador Ingeniero). Prof. José David Silva (Facilitador de Ciencias Forestales y Ambientales). Prof. Reinaldo Zambrano (Facilitador Odontología). Prof. William Lobo (Asesor), Abogado Marcano (PLANDES). Prof. Tahio Rondón de Salas (Asesor) [4], a quienes les correspondió presentar el proyecto para la creación del NUAA, con sede en la población del Vigía Estado Mérida.

Así es la primera parte de esta historia, se estuvo que esperar treinta y cinco años para alcanzar un objetivo que era primordial para el desarrollo educativo, tecnológico y cultural del municipio y la región, racionalmente este retraso no es explicable, pero como lo ha expresado el profesor de la Facultad de Ciencias Jaime Péfaur[5] las autoridades universitarias, anteriores a esa decisión: «han carecido del entusiasmo por la región llana y caliente de la Depresión del Lago. No les ha llegado al alma... no les atrajo para desarrollar allí una parte de nuestra Universidad... los oídos de la Alta Mérida estuvieron sordos.». La concreción de un sueño

LA CONCRECIÓN DE UN SUEÑO

Al crear el rector Lester Rodríguez y el Consejo Universitario de la ULA, de manera unánime el Núcleo con sede en El Vigía, el 22 de enero de 2007, bajo el nombre del insigne merideño Alberto Adrian instalarse diez meses después, el 7 de octubre de 2007 e iniciar actividades el 07 de enero de 2008 se le cumplió a El Vigía y a la Zona Sur del Lago, con una promesa de vieja data y se realizó un acto reivindicativo de reafirmación del compromiso que la universidad tiene para el desarrollo del estado y la región.

Diez años después de su existencia, en el fértil y cálido suelo de la tierra llana, la tarea es examinar y revisar lo que ha sido y significado la presencia de la ULA, para una

ciudad como El Vigía, para el municipio de mayor potencialidad del estado y para una región extraordinaria en lo económico, como lo es la Zona Sur del Lago de Maracaibo.

La creación del Núcleo de la Universidad de los Andes en El Vigía, fue aplaudida por quienes siempre aspiraron su llegada: estudiantes de bachillerato, los productores agropecuarios, los industriales, entre otros, pero no deja de ser menos cierto que para su instalación y funcionamiento inicial, las dificultades fueron múltiples, las evoca el profesor Eladio Dapena [6], director fundador del Núcleo, que tuvo que enfrentar diversas vicisitudes, entre ellas la constante amenaza de invasiones de sus espacios y la hacienda Jubidana, intimidación con la cual se vive aún en la actualidad como una espada de Damocles. Incertidumbre causó la amenaza del Instituto de Nacional de Aeronáutica Civil de suspender la construcción de las edificaciones de la ULA, bajo el argumento que se violaba espacios que eran de seguridad del aeropuerto Juan Pablo Pérez Alfonso. Afortunadamente luego de verificado que el proyecto de edificación, no violentaba ninguna norma ni espacio de la terminal aérea, la universidad encontró en las autoridades aeroportuarias, unos aliados.

Independientemente de todas las vicisitudes encontradas en sus inicios, no deja de ser menos cierto el apoyo comunitario que se tuvo para su desarrollo inicial y con ello como expresa Dapena «fue una Luz que se abrió para el crecimiento y profesionalismo de la sociedad vigiense y surlagense.

HACIA UN FUTURO PROMISOR

Si bien fue muy bien visto, el inició de las carreras de ingeniería, al abrirse una extensión del Ciclo Básico de esta facultad en el Núcleo del municipio Alberto Adriani, había algo incompleto, en la promesa cumplida. Y es que la oferta brindada el 02 de marzo de 1991, cuando la ULA presentó el proyecto oficial del Núcleo Universitario para El Vigía, lo planteado era la Facultad de Ciencias Agropecuarias, veintiséis años después, sigue siendo una oferta valida, necesaria e incumplida.

Por eso, hay que aplaudir la iniciativa que se inicia en el periodo escolar 2018, al crearse las carreras de Técnico Superior Universitario en Agrícola y Pecuaria, ofertas de estudio de cuarto nivel que pueden permitir la retención de los jóvenes en sus espacios geográficos, con las bondades que ello proporcionan: se estarían formando profesiones vinculados a la realidad productiva de la región. Son carreras cortas, que satisfacen una demanda estudiantil que está presente desde el mismo periodo de admisión 2006-2007, precisamente cuando inició este núcleo, en donde el 50 % de los bachilleres que esperaban por cupo en la ULA, se inclinaban por carreras cortas en general, según lo refiere un estudio de Admisión Estudiantil de la ULA – OFAE. [7]

A lo anterior hay que destacar otro valor agregado, se inician estas carreras en el campo de la agricultura y la pecuaria, en uno de los momentos más trascendentales de nuestro país, en una de las más grandes crisis económicas de nuestra historia republicana y en donde el desabastecimiento de productos agrícolas y pecuarios, son unos de los principales indicadores de esa crisis.

Hoy más que nunca se requiere de mano de obra técnica y calificada que recupere el campo venezolano en su producción animal y vegetal. Desde esta perspectiva de soberanía alimentaria nacional, estas carreras deben ser impulsadas y protegidas, la institución requiere escuchar a las fuerzas productivas de la región en el diseño y desarrollo de su currículo, los productores, deben asumir el compromiso de apoyo y colaboración.

Hay que fortalecer este Núcleo, y ello requiere de acciones específicas y concretas, es necesario que la carrera de ingeniera, la pionera, gracias al apoyo brindado por esa Facultad, se inicie y culmine en suelo vigiense, un logro indiscutible sería ver en el Núcleo

Alberto Adriani, la realización de un acto con los primeros egresados, cursantes de la carrera completa.

Es vital proteger y defender los espacios de la universidad, se vive en una constante amenazas de invasión a sus terrenos. Aun cuando hay el reconocimiento y respeto a la institución, en un país donde el populismo y el clientelismo político puede más que el conocimiento y la ciencia, el riesgo de perder espacios que son vitales para el crecimiento futuro están latentes y que en palabras del Dr. Jesús Rondón Nucete «la invasión del núcleo universitario mutila el desarrollo de El Vigía [8]

Igualmente es necesario preservar y proteger la planta física cuya arquitectura está influenciada por una tendencia minimalista de formas simples y geométricas, que definen una imagen limpia y es símbolo representativo de la institución, cuyo desarrollo está proyectado por etapas, «...cuyo diseño se sustenta en el estudio de demanda de profesionales y de una proyección matricular calculada para que en su primera etapa, pueda atender una matrícula de 250 estudiantes, continuando en la segunda etapa con 2000 bachilleres, hasta completar una matrícula de 5000 alumnos para el pregrado. [9]

Es imprescindible, ampliar la presencia de la ULA en las comunidades y en ello, hay que hacer un reconocimiento público al profesor Domingo Alarcón su actual Vicerrector-decano, quien ha empezado una excelente tarea de acercamiento con las comunidades, los gremios y los medios de comunicación, pero también es necesario traer a la comunidad a los espacios de la universidad, hay que romper con un errático criterio de lo lejano que esta el núcleo del centro de la ciudad, para ello, el personal de la institución, docentes y alumnos, deben asumir el compromiso de convertir la institución en su segunda casa y proporcionarle vida con actividades académicas, deportivas, culturales y sociales.

Hace un año en una actividad académica realizada en el aula magna el rector Mario Bonucci, planteaba como orientación, la necesaria apertura de universidad ante las comunidades, las organizaciones y los gremios, pero en especial ante las propuestas que estos formularan, y es que en estos tiempos de crisis, el celo institucional y la rigurosidad, no son buenos consejeros, es el momento de innovar, de tener mente abierta, de jugar a ganar – ganar. Ello implica, que este núcleo debe generar mecanismos que garanticen las puertas abiertas, con actividades que impacten en el público con el menor costo de inversión posible y solo ello es posible si los docentes y estudiantes tienen las mismas atenciones y beneficios de los demás núcleos, pero en contraprestación deben asumir su labor con una profunda identidad con la institución

En esa apertura académica es necesaria analizar las posibles y futuras ofertas de carreras profesionales, que podrían iniciarse al nivel de técnico superior para luego ascender a las ingenierías o las licenciaturas, según sea el caso, se destacan como ejemplo la mecánica Dissel, mecanización agrícola, topografía y otras que se ajusten al mercado laboral de la zona. Pero se pueden incorporar diplomados o cursos de extensión tanto para profesionales como para la sociedad en general.

En ese marco de apertura académica, hay que vislumbrar, carreras, diplomados o cursos de extensión vinculadas a las ciencias sociales, las ciencias económicas y al arte, lo que le daría al Núcleo su verdadero sentido y esencia como un espacio académico inspirado en la concepción autonómica de la Universidad de Los Andes, de naturaleza interdisciplinaria y multidisciplinaria, capaz de enfrentar el compromiso con una región de potencial desarrollo como lo es la Zona Sur del Lago de Maracaibo.

El Núcleo Alberto Adriani debe verse no como la universidad de El Vigía, sino como la del corredor panamericano o la Zona Sur del Lago de Maracaibo, una región conformada

por una extensión de 22.710 km². que comprende veinte municipios de los estados Zulia, Táchira, Mérida y Trujillo y con una población que equivale el 2.4% de la población total del país.

Hay que verse y sentirse como ULA en el Núcleo Alberto Adriani, la universidad que junto a la Universidad Central de Venezuela son las dos universidades del país que se encuentran en el listado del ranking global de Universidades de acuerdo al QS World University Ranking.

Es un orgullo, pero también es un compromiso, porque eso obliga a la institución a tener una presencia institucional con visión prospectiva que la lleve a insertarse en el desarrollo económico y social de la región, mediante el impulso de programas de investigación, extensión y docencia, que promuevan la formación del recurso humano.

Esa es la tarea, ese es el compromiso y así lo perfilaba Mariano Picón Salas cuando consideró que el destino de Mérida se asociaba «...indisolublemente al de esta casa universitaria que ha sido, tal vez, nuestra mayor empresa histórica. Y en el auge y la defensa de ella, en el cuidado con que debemos ayudarla y mejorarla siempre, se involucra y responsabiliza nuestro civismo regional como parte entrañable de nuestro común deber de venezolanos [10]

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pérez R., Cesar J «Informe Político –Administrativo del Presidente del Concejo Municipal Sr. J. Cesar Pérez Ramírez» EN: Memoria y Cuenta Periodo 1971-1972. Concejo Municipal Distrito Alberto Adriani. El Vigía. Estado Mérida. (1972) Pp. 3-7
- Flores de E., Petra «Discurso de Orden de la señora Petra Flores Escalante. Expresidente del gremio en el acto central del cincuenta aniversario de Asodegaa». En: Asodegaa: 50 años. Abriendo Caminos 1960-2010. Asociación de Ganaderos del Municipio Alberto Adriani. El Vigía. Estado Mérida. (2010) Pp.14-25
- Blanco., E. (2017) «El 22 de enero en la Historia del Núcleo de la ULA de El Vigía». En El Vigía. 22 de enero de 2017. El Vigía. . [Presentación en línea]. Disponible en: <http://enelvigia.com.ve/2017/01/22/22-enero-la-historia-del-nucleo-la-ula-vigia/> [Consulta: 2017, diciembre 01]
- Universidad de Los Andes (s.f) Núcleo Alberto Adriani: Reseña Histórica. [Presentación en línea]. Disponible en: http://web.ula.ve/nuaa/nucleo_alberto_adriani/resena-historica/ [Consulta: 2017, diciembre 01]
- Péfaur, J. «La ULA en El Vigía: tímida e incompleta» Aporrea. Sábado 28 de enero de 2006. [Presentación en línea]. Disponible en: <https://www.aporrea.org/educacion/a19159.html> (2006) [Consulta: 2017, diciembre 01]
- Dapena, E. «Palabras del profesor Eladio Dapena, en el acto conmemorativo del Décimo aniversario de la Instalación del Núcleo Alberto Adriani de la Universidad de Los Andes». Material grabado. Núcleo Alberto Adriani. El Vigía, Mérida, 27 de octubre de 2017.
- Oficina de Admisión Estudiantil de la ULA Informe emanado de OPSU. Lista de cola del Proceso Nacional de Admisión 2006-07. Zona Educativa del Estado Mérida – Oficina de Admisión Estudiantil de la ULA (OFAE). Mérida (2007)

- Romero, J. «Afirmo gobernador de Mérida, Jesús Rondón Nucete: Invasión del Núcleo Universitario mutila el desarrollo de El Vigía». Diario de Los Andes El Vigía. El Vigía, 19 de abril de 2016. [Presentación en línea]. Disponible en: <http://diariodelosandes.com/index.php?r=site/noticiasecundaria&id=24361> [Consulta: 2017, diciembre 04]
- Marcano, A; Contreras, J; González, P; Meza, R Y Dapena, Eladio. Núcleo Universitario El Vigía...Una respuesta curricular de la Universidad de Los Andes de Venezuela (ULA) para la Zona Sur del Lago de Maracaibo». VII Reunión Nacional de Currículo – I Congreso Internacional de Calidad e Innovación en Educación Superior, Caracas 9 -13 de abril de 2007.
- Picón. M Cita. En: Molina, P. Presentación. Boletín del Archivo histórico de la ULA. N° 17. Año 10. N° 17. Enero- Junio 2011. Mérida Venezuela. Ediciones de la Secretaria y El Archivo histórico de la ULA

EVALUACIÓN DE LA LECHE DE VACA EN LA ZONA SUR DEL LAGO DE MARACAIBO MEDIANTE PRUEBAS FISICOQUÍMICA

EVALUATION OF COW MILK IN THE SOUTHERN ZONE OF THE MARACAIBO LAKE BY PHYSICAL CHEMICAL TESTS

Julieska Arbelález Barrios, Quiliano Contreras Rubio*

Laboratorio de Química,

Universidad Nacional Experimental Sur del Lago,

Jesús María Semprum, Santa Barbara del Zulia, Venezuela

quiliano@gmail.com

Recibido: 10-12-17

Aceptado: 20-01-18

Resumen

La calidad de la leche y las condiciones en las cuales esta llega a una planta para su procesamiento son factores determinantes del producto final que será obtenido a partir de la misma. Por ello la investigación llevada a cabo estuvo destinada a verificar parámetros fisicoquímicos de la leche cruda de la zona Sur del Lago con los objetivos de determinar la presencia de inhibidores y el contenido de sólidos totales y sólidos no grasos. Para ello se evaluaron 105 muestras por medio de la prueba de microyogurt para detección de inhibidores, 39 muestras para sólidos totales y 128 para sólidos no grasos por medio de la metodología establecida por COVENIN 932:97, analizándose los resultados obtenidos por medio del paquete estadístico de Excel 2013. Los valores de sólidos totales estuvieron dentro del parámetro según COVENIN 903:93, presencia de inhibidores en el 84% de muestras, y 74% de muestras por debajo del valor mínimo de sólidos no grasos. Se concluye que parte de la leche de la zona Sur del Lago presenta deficiencia en los parámetros de inhibidores y sólidos no grasos lo cual afecta su calidad como materia prima para el procesado.

Palabra Clave: leche, parámetro, fisicoquímico, análisis, calidad

Abstract

The quality of milk and the conditions in which this arrives at a plant for its processing are determining factors of the end item that will be obtained from the same one. For that reason the carried out investigation was destined to verify parameters physical chemical of the crude milk of the south zone of the lake with the objectives to determine the inhibitor presence and non greasy the total and solid content. For it 105 samples by means of the test of micro were evaluated yogurt for detection of inhibitors, 39 samples for total solids and the 128 for non greasy solids by means of the methodology established by COVENIN 932:97, analyzing themselves results obtained by means of the statistical package of Excel 2013. Values of total solids were within the parameter according to COVENIN 903:93, inhibitor presence in 84% of samples, and 74% of samples below the minimum value of non greasy solids. One concludes that it leaves from the milk of the South zone of the Lake presents/ displays deficiency in the parameters of inhibitors and non greasy solids which affects its quality like raw material for the processing.

Key words: milk, parameter, physical chemical, analysis, quality

Quiliano L. Contreras Rubio, Doctor en Química Aplicada (ULA), Profesor Titular de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago, Adscrito al PFC Ingeniería de Alimentos, Santa Bárbara de Zulia, Estado Zulia, Venezuela, e-mail:quiliano@gmail.com/**Julieska N. Arbelález Barrios**, Ingeniera de Alimentos (Universidad Nacional Experimental Sur del lago, Jesús María Semprum. Santa Bárbara.- Edo. Zulia)

Introducción

La leche es un alimento de considerable valor nutricional, rico en proteínas, hidratos de carbono, grasas así como calcio y fósforo, a su vez es consumido de forma global, y empleado como materia prima para la elaboración de diversos subproductos entre los que destacan la leche en polvo, quesos, yogures y otros, razón por la cual las condiciones en las que se encuentre este alimento son de considerable relevancia, lo cual determinará en alto grado su potencialidad como materia prima y su viabilidad para el consumo del público, en virtud de esto el siguiente trabajo está orientado a la evaluación fisicoquímica de la leche cruda de la zona sur del lago con el propósito de verificar la calidad de la misma por medio de dos pruebas de índole fisicoquímica como lo son la prueba de microyogurt y la determinación de sólidos totales y sólidos no grasos. La leche es la secreción proveniente de las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos a fin de alimentar a sus crías; ciertas especies de mamíferos fueron domesticados por el hombre con el objeto de proveerse de alimentos, medio de transporte y otras utilidades, dentro de ese grupo de animales, encontramos algunas especies destinadas a proveer carne y leche, destacando en este ámbito la vaca, aunque algunos grupos étnicos emplean otros mamíferos domesticados para estos propósitos [1].

La leche de vaca es la proveniente del mamífero *Bos taurus*, que puede obtenerse por medio del ordeño de la glándula mamaria lactante. Está constituida principalmente por agua, grasa y sólidos no grasos, entre los que se encuentra las proteínas, como son la caseína, albúminas y globulinas, lactosa, ácidos láctico y cítrico, además contiene en una pequeña proporción vitaminas B, A y D, así como minerales. La presencia de antibióticos en la leche cruda constituye un grave problema de salud para el público consumidor, ya que tales residuos pueden ocasionar en los mismos diversos padecimientos como lo

son alergias e intoxicaciones y típicamente los residuos de antibióticos se generan debido al uso inadecuado de los mismos en el medio ganadero, por esta razón la prueba de microyogurt fue aplicada a la leche cruda para así detectar dichos residuos. En cuanto a la determinación de sólidos totales, el porcentaje de sólidos presentes en la leche cruda influye de manera sustancial en los rendimientos obtenidos al utilizarla como materia prima para la elaboración de productos, un bajo contenido de sólidos implica bajos rendimientos y por ende pérdidas, por ello la necesidad de establecer los contenidos de sólidos de la leche. La aplicación de pruebas, fisicoquímicas como microbiológicas en la leche cruda permite corroborar la calidad de la materia prima recibida en planta, para de este modo, asegurar productos finales aptos para el consumidor, y por otra parte, la toma de medidas necesarias para el mejoramiento del manejo de la misma por parte de los proveedores. En virtud de esa serie de factores se realizan las evaluaciones fisicoquímicas en la leche cruda de la Zona Sur del Lago con los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Evaluar fisicoquímicamente la leche cruda de la Zona Sur del lago mediante dos pruebas.

Objetivos Específicos:

- Aplicar la prueba de microyogurt a la leche cruda.
- Determinar sólidos totales y los sólidos no grasos.

Experimental

La investigación tuvo un diseño de campo no experimental, puesto que esta se realiza en su ambiente natural sin que haya manipulación alguna de las distintas variables (Finol y Camacho, 2008) [2]. Para ello se analizaron 105 muestras por medio de la prueba de microyogurt para detección de inhibidores, 39 muestras para sólidos

totales y 128 para sólidos no grasos por medio de la metodología establecida por COVENIN 932:97 [3].

Métodos y Materiales:

Las pruebas fisicoquímicas llevadas a cabo fueron dos: Prueba de microyogurt y determinación de sólidos totales, a su vez a partir de los valores de sólidos totales se obtuvieron los sólidos no grasos.

Prueba de Microyogurt

La prueba de microyogurt es una prueba fisicoquímica para la determinación de residuos de antibióticos en la leche cruda de forma indirecta, también conocida como prueba para la detección de inhibidores.

Materiales y Aparatos usados en la prueba de microyogurt:

- Beakers de 200 ml
- Cilindros graduados de 50 ml
- Vidrios reloj
- Termómetros
- Buretas
- Pipetas
- Rejilla de asbesto
- pH-metro
- Baño de María a 40 °C
- Frascos de vidrio de 150 ml con tapa
- Yesquero
- Mechero
- Yogurt Natural o Cepa de Yogurt

Procedimiento para la realización de la prueba

1. Tomar una muestra de 150 ml de leche cruda y se colocan en un beaker de 200 ml.
2. Calentar la leche hasta alcanzar una temperatura de 80 °C sin sobrepasar los 90 °C.
3. Mantener la leche a una temperatura de 80 a 90 °C durante 15 minutos.
4. Dejar de calentar y dejar enfriar la leche hasta 45 °C.

5. Agregar 1 ml de la cepa de yogurt o 1 gramo de yogurt natural.

6. Incubar en el baño de María durante 3 horas.

7. Transcurridas las 3 horas, medir el pH una vez: Valores de 4,3 a 4,7 están dentro del parámetro.

8. Sí a las 3 horas el pH no está entre los valores de 4,3 y 4,7, dejar la muestra una hora más, cumpliéndose así 4 horas, y medir de nuevo el pH.

9. Muestras que no se encuentren dentro del rango de 4,3 y 4,7 indican presencia de inhibidores

Determinación de Sólidos totales y Sólidos no grasos

La prueba de sólidos totales realizada sigue lo establecido en la Norma COVENIN 932:1997 "Leche y sus derivados, determinación de sólidos totales". El valor de sólidos no grasos se obtiene al restar el porcentaje de grasa de la leche al valor de sólidos totales.

Materiales y Aparatos usados en la determinación de sólidos totales:

- Balanza analítica
- Cápsulas de níquel
- Agitador de vidrio
- Arena lavada
- Agua destilada a 60 °C
- Termómetros
- Pipetas de 5 ml
- Estufa de secado a temperatura de 100 °C
- Desecador

Procedimiento para realizar la determinación:

1. Agregar en cápsulas de níquel de 18 a 20 g de arena lavada, pesarlas y agregar un agitador de vidrio en las mismas.
2. Llevar a la estufa a 100 °C durante 1 hora.
3. Sacar las cápsulas y dejarlas enfriar en el desecador.

4. Tomar una muestra de leche de 200 ml, homogeneizar y llevar a una temperatura de 20 °C.
5. Colocar la cápsula en la balanza, y agregar 5 ml de leche cruda con la pipeta, posteriormente anotar el peso, realizar esto por duplicado.
6. Distribuir la leche en la totalidad del interior de la capsula, agregar al menos 5 ml de agua destilada a 60 °C de ser necesario y homogeneizar.
7. Colocar las cápsulas en la estufa sobre rejillas de asbesto y dejar desecando por 4 horas.
8. Sacar las cápsulas y colocarlas a enfriar en el desecador por 45 minutos.
9. Pesary realizar el cálculo correspondiente según fórmula.
10. La diferencia entre el duplicado no debe exceder el 0,22 %.

Resultados

Resultados de la aplicación de prueba de Microyogurt

El análisis estadístico realizado a los datos obtenidos de la prueba de microyogurt, dieron valores superiores al parámetro establecido en la prueba para la mayoría de las muestras, teniendo valores de pH en el rango de 5 a 6, el cual se encuentra muy por encima del rango requerido que es 4,3 a 4,7 como puede observarse en la figura número 1, a su vez el porcentaje de muestras que se encontraban libre de inhibidores correspondió solo al 16% de la totalidad de la leche cruda analizada, con lo cual el 84% de las muestras sí contenían residuos de inhibidores como aparece en la figura número 2, por otra parte de todos los proveedores cuya leche fue sometida a la prueba, aquellas muestras provenientes del Proveedor A dieron negativo a la presencia de inhibidores teniendo un pH promedio de 4,63, por el contrario la leche del Proveedor C tuvo los valores más altos de pH con valor promedio de 6,08.

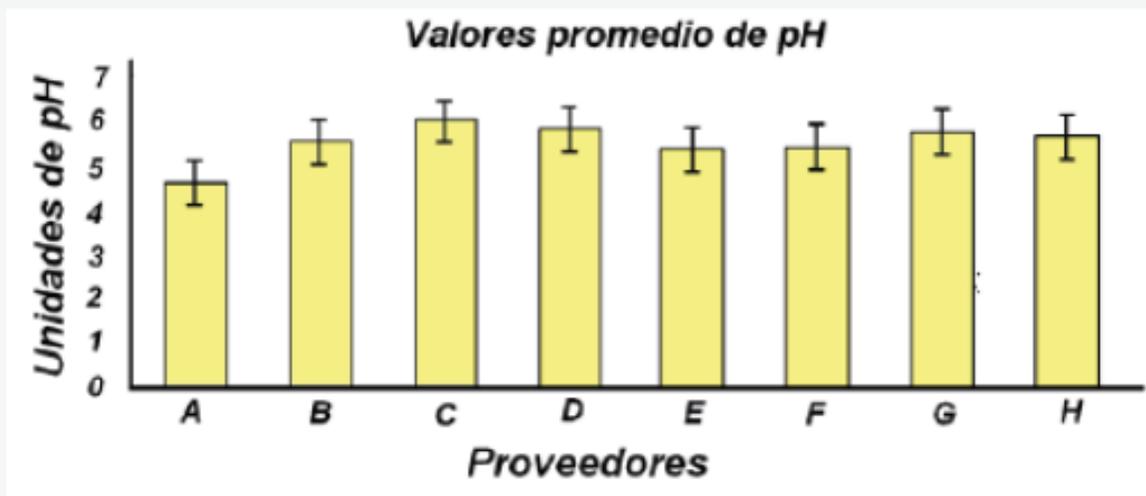


Figura 1.- Valores promedio de pH obtenidos de la totalidad de las muestras analizadas por medio de la prueba de Microyogurt.



Figura 2.- Porcentaje de muestras de leche analizada por la prueba de microyogurt dentro y fuera del parámetro establecido según COVENIN 903:93.

Resultados de la determinación de sólidos totales y sólidos no grasos:

Sólidos totales

Para el parámetro fisicoquímico de sólidos totales, el valor obtenido varía entre 11,61 y 12,97 %, con un promedio de 12,3%, en cuanto a los proveedores la mayoría estuvieron dentro del parámetro establecido

por norma COVENIN 903 :93 que corresponde a 12% mínimo de solidos totales ,excepto aquellas provenientes del Proveedor 4 cuyo promedio fue de 11,78% es decir inferior a la norma, como se representa en la figura número 3 de forma general el 85% de las muestras fueron valores de solidos totales iguales o superiores a 12% y un 15 % por debajo del parámetro, lo cual aparece en la figura número 4

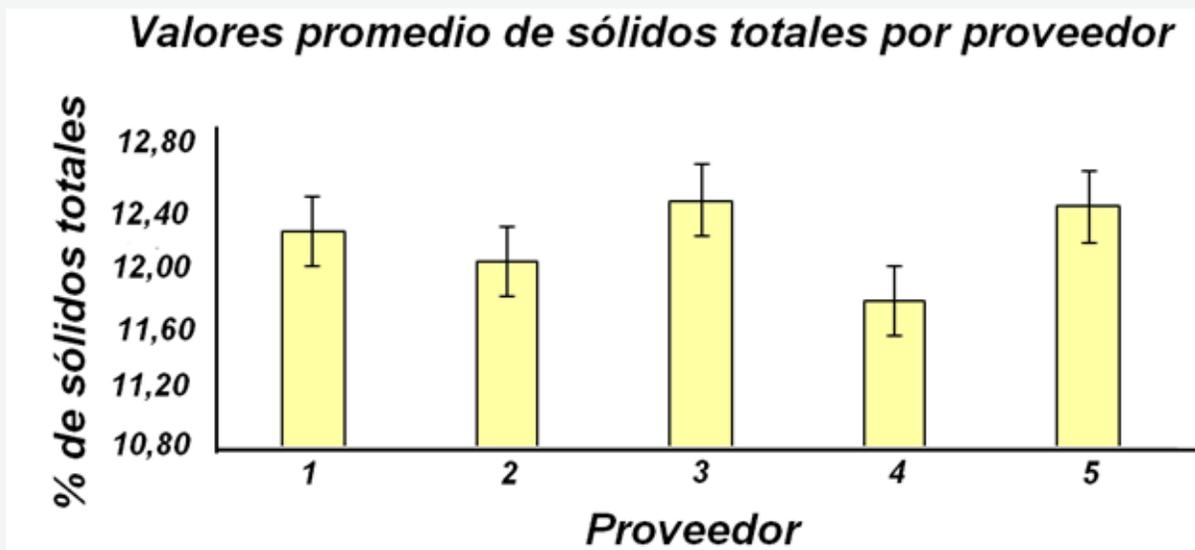


Figura 3.- Valores promedio de Sólidos Totales de la leche cruda, organizados por proveedor.

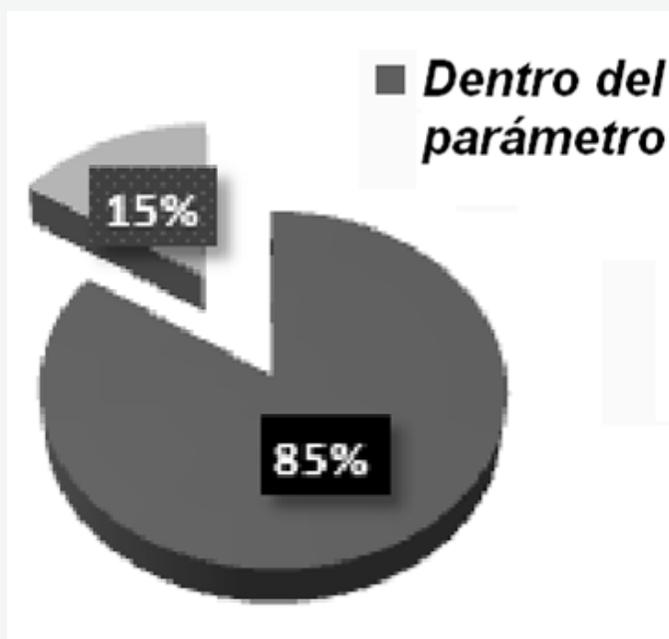


Figura 4,- Porcentaje de muestras de leche cruda de recepción dentro y fuera del parámetro de sólidos totales según COVENIN 903:93.

Sólidos no Grasos

Las muestras de leche cuyo valor de sólidos no graso fue obtenido fueron la leche de recepción, la leche entera contenida en tanques y la leche magra también almacenada en tanques; el análisis de estadística descriptiva dio como resultados un valor promedio de 8,64% para la leche de recepción, 8,55%

para la leche entera y 8,83 % para la leche magra, según el parámetro establecido por la COVENIN 903:93 que establece un mínimo de 8.8% de sólidos no grasos lo cual aparece en la tabla 1, en relación a las muestras dentro del parámetro sólo la leche magra cumple con el valor mínimo establecido, y teniéndose de forma general que el 74% de las muestras no cumplen con la normativa reflejándose estos valores en la figura .6.

Tabla 1.- Estadística descriptiva de la leche para el parámetro de Sólidos no grasos

Producto	Número de muestras	Media	SD	Valor Mínimo	Valor Máximo
Leche Cruda Recepción	39	8,64	0,17	8,25	8,92
Leche Entera Almacenada en Tanques	64	8,55	0,033	8,26	9,4
Leche Magra almacenada en Tanques	25	8,83	0,068	8,14	9,12
Parámetro según COVENIN 903:93			≥ 8,8		

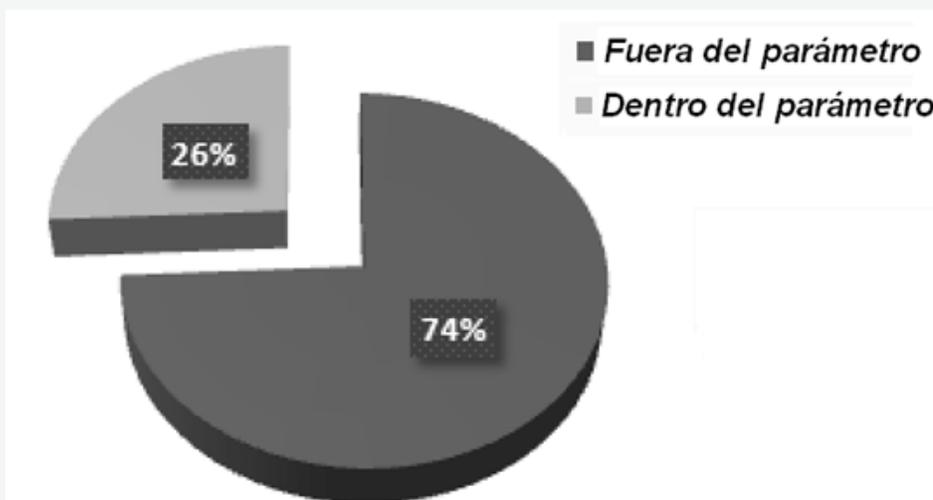


Figura 5.- Porcentaje de muestras dentro y fuera del parámetro de sólidos no grasos.

DISCUSION DE RESULTADOS

Análisis de Resultados obtenidos de la aplicación de prueba de Microyogurt Comparando los valores obtenidos en el presente trabajo con el estudio realizado por Mattar, Calderón y sus colaboradores en Montería, Colombia, para la determinación de la presencia de antibióticos en la leche cruda de una empresa acopiadora [4], en el que se obtuvo que el 25% de las muestras analizadas contenían trazas de antibióticos, se puede observar que el valor es inferior al del presente trabajo, que fue del 85% de las muestras con presencia de inhibidores, como puede observarse en el gráfico 3; en otro estudio llevado a cabo por Abril y Pillco en la ciudad de Cuenca en Ecuador para evaluar la calidad fisicoquímica de la leche cruda [5], el 3,23 % de las muestras dio positivo a la presencia de inhibidores.

El hecho de que el 84% de las muestras estudiadas con esta prueba dieron positivo a la presencia de inhibidores y que a su vez ese porcentaje de muestras positivas sea tan elevado en comparación a otros estudios hechos en Suramérica, implica una grave problemática puesto que los inhibidores en leche deben

dar negativo según lo establecido en la normativa COVENIN 903:93.

Estos resultados con una gran cantidad de muestras positivas a presencia de inhibidores indican una serie de posibles razones de afectación de la calidad tales como poco control sanitario, uso excesivo de antibióticos por parte de los ganaderos, animales enfermos que están siendo sometidos a tratamiento con antibióticos, animales que han sido tratados y cuyo tiempo de reposo para la eliminación de los residuos de antibióticos no han sido cumplido, entre otras, de manera general está en manos del ganadero que la leche producida cumpla con las normativas establecidas a fin de garantizar la seguridad de los consumidores puesto que ellos son quienes controlan las condiciones en las cuales se encuentran sus animales.

Análisis de los resultados de la determinación de sólidos totales y sólidos no grasos

Sólidos Totales

En el estudio llevado a cabo en Ecuador sobre la calidad fisicoquímica de la leche cruda de Cuenca [5] se obtuvieron

valores de sólidos totales que fueron en promedio de 12,5%, muy similar al promedio obtenido en el presente estudio con un porcentaje de 12,3 %, a su vez en otra investigación realizada en México por Bravo y colaboradores para el análisis estadístico y comparación de la calidad de la leche cruda de varias regiones [6], se obtuvieron valores inferiores al 12% para la mayor parte de las muestras, en todo caso ya que el 85% de la leche analizada se encuentra dentro del parámetro según COVENIN 903:93, podemos ver entonces que el contenido de sólidos totales no presenta deficiencia en la mayoría de proveedores y que se encuentra en valores aceptables al ser comparados con resultados de otros estudios, excepto para el caso de la leche proveniente de las rutas particulares con un valor promedio de 11,78 %, el cual puede observarse en el gráfico 4, muy similar al del estudio mexicano, pudiendo deberse esta deficiencia de sólidos a razones como alimentación pobre en nutrientes necesarios, la raza del ganado, edad del animal e incluso adulteración con agua.

Conclusiones

Sólo el 85% de las muestras cumplen con el parámetro de sólidos totales. Los valores de sólidos no grasos tanto para la leche recibida como para la leche almacenada en los tanques se encuentran fuera del parámetro.

Los resultados arrojados por la prueba de microyogurt fueron de un 84% de las muestras con presencia de inhibidores, lo que indica una problemática de residuos de antibióticos en la leche destinada a ser procesada.

El valor de sólidos totales al tener un promedio de 12,30% está por encima del mínimo establecido, lo cual implica rendimientos aceptables a nivel industrial. La leche magra fue aquella con promedio de sólidos no grasos dentro del parámetro establecido de mínimo 8,8%, y la leche entera presentó el valor más bajo de sólidos no grasos.

Sólidos no Grasos

Un estudio ejecutado en México por Bravo y colaboradores para el análisis estadístico y comparación de la calidad de la leche cruda de varias regiones [6], arrojó valores de sólidos no grasos por debajo del 8%, inferior tanto a los obtenidos en el presente trabajo como a lo exigido por COVENIN 903:93, a su vez en el trabajo de Abril y Pillco [5] sobre la calidad de la leche cruda en Cuenca, obtuvieron valores promedio de sólidos no grasos en el rango de 8,9 a 9,0%, y solo un 8,6% del total de muestras estudiadas dio fuera del parámetro ecuatoriano, porcentaje de incumplimiento muy inferior al que se tiene en el presente estudio del 74% de las muestras con sólidos no grasos inferiores al reglamentario; los valores bajos de sólidos no grasos tanto en el estudio mexicano como en el presente denotan la posible incidencia de variadas circunstancias que lo afectan, estos bajos porcentajes de sólidos no grasos pueden estar relacionados con una serie de factores, principalmente aquellos que influyen directamente en la nutrición del animal, aunque también otros factores son la edad, la estación del año, el estado sanitario y posibles enfermedades.

Referencias

- Franklin, B. (2011). El libro blanco de la Leche y los productos lácteos. Volumen 1. Primera Edición. México, Distrito Federal. Canilec 156 paginas. Disponible en: <http://www.yumpu.com/es/document/view/16270502/el-libro-blanco-de-la-leche-y-los-productos-lacteos-canilec-fepale> (Acceso el 18 de mayo del 2017).
- Finol, M. & Camacho, H. (2008) El proceso de Investigación Científica. Segunda Edición. Maracaibo, Venezuela. EDILUZ 152 páginas.
- Venezuela, Comisión Venezolana De Normas Industriales (COVENIN).1997.Leach y sus derivados. Determinación de sólidos totales n° 932.
- Mattar, S, Calderón, A., Sotelo, A., Sierra, M., y Tordecilla G. (2009). Detección de antibióticos en leches: Un problema de salud pública. Revista de Salud Pública 11 (4), 579-90.
- Abril, A., & Pillco, V., (2013). Calidad fisicoquímica de la leche cruda que ingresa a la ciudad de Cuenca, para su comercialización. (Tesis de Pregrado) Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Bravo, A., Sánchez, M., Gutiérrez, L., Navarro A., y Rincón, C. (2014). Aproximación estadística a la calidad de la leche de la región mixteca poblana. Ciencias Naturales y Exactas, Handbook ECORFAN, 55-65.

LA CELDA Y LA BATERÍA REDOX DE VANADIO

THE VANADIUM CELL AND BATTERY

Keyla Márquez, Alexander Laguna, Milagro Montilla, Domingo Alarcón, Olga P Márquez, J Márquez, Luigi Manfredy

Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Alberto Adriani. El Vigía- Mérida.
Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química, Facultad de Ciencias,
Universidad de Los Andes.
e-mail: keylaenator@gmail.com

Recibido: 15-12-17
Aceptado: 10-02-18

Resumen

Las baterías redox con flujo y en particular la batería redox de vanadio con flujo (BRVF) están actualmente en un estado avanzado de desarrollo, incentivado por la gran variedad e importancia previstas de sus aplicaciones. Las baterías para almacenamiento a gran escala en redes requieren de larga vida, alta durabilidad en ciclos carga/descarga, alta y sostenida eficiencia, rápida respuesta a cambios y un razonable costo capital. La potencia y la capacidad energética de la batería redox de vanadio con flujo pueden ser separadas, la potencia del sistema es determinada por el número de celdas en el arreglo y el tamaño de los electrodos mientras que la capacidad de almacenamiento energético está determinada por la concentración y el volumen del electrolito.

En este artículo presentamos una visión general de la celda y batería redox de vanadio con flujo, su composición, propiedades, características y aplicaciones, y se incorporan resultados obtenidos en el grupo de electroquímica de nuestra Universidad. Se confirman valores de voltaje (1,47V), rendimientos en carga (92,37), voltaje (87,13) y energía (80,48), estabilidad de respuesta en ciclos de carga/descarga, rápido cargado y muy baja autodescarga. Se incorpora una sección sobre Vanadio en nuestros crudos.

Palabra clave: Celdas de Vanadio, Baterías Redox, Celdas Redox

Abstract

Redox flow batteries and in particular the vanadium redox flow battery (VRFB) are in an advanced state after many work performed in conversion, storage, supply of energy from natural sources or electrical energy and the many applications. These batteries when utilized for large scale grid storage must have long live, durability for large numbers of charge/discharge cycles, high round-trip efficiency, rapid response to changes and reasonable capital cost. The power and energy capacity of the vanadium redox flow battery (VRFB) system can be separated; the power of the system is determined by the number of cells in the stack and the size of the electrodes whereas the energy storage capacity is determined by the concentration and volume of the electrolyte. In this article we present a general view of the vanadium redox flow cell and battery, its composition, properties and applications, and some results obtained in our laboratory as the voltage (1.47), charge yield (92.37), voltage yield (87.13), energy yield (80.48), stability in charge/discharge cycles, rapid charging and low auto discharge are presented. A section of vanadium in our crudes is also incorporated.

Key words: Vanadium Cells, Redox Batteries, Redox Cells

Autores:

Keyla Márquez: MSc. En Electroquímica Fundamental y Aplicada (ULA), Ingeniera Industrial (IU Santiago Mariño), miembro del personal docente y de investigación del NUAA de la ULA. e-mail: keylaenator@gmail.com/**Alexander Laguna:** MSc. En Electroquímica Fundamental y Aplicada (ULA), Licenciado en Química (ULA). Miembro del personal técnico y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA/**Milagro Montilla:** Dra. en Ciencias de la Educación, Universidad Fermín Toro, Licenciada en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación del NUAA de la ULA. e-mail: milagroy@gmail.com/**Domingo Alarcón:** Dr. en Ciencias de la Educación, Universidad Fermín Toro, Licenciado en Química (ULA), miembro del personal docente y de investigación del NUAA de la ULA. e-mail: alarcondomingoa@gmail.com/**Olga P. Márquez:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciada en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: olgamq@ula.ve/**Jairo Márquez P:** Ph.D. en Electroquímica (Univ. de Southampton, U.K.), licenciado en Química (UCV-ULA), miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: jamar@ula.ve/**Luigi Manfredy:** Dr. En Electroquímica Fundamental y Aplicada (ULA). Licenciado en Química (ULA). Miembro del personal docente y de investigación de la Facultad de Ciencias-ULA. e-mail: cmanfredy@gmail.com

Introducción

Las fuentes renovables de energía (solar, eólica, hidráulica, oceánica, etc.) son consideradas las fuentes energéticas del futuro, ello debido a la gran independencia de uso por países, su permanente disponibilidad, la posibilidad de almacenaje, su baja contaminación y su fácil manejo y manipulación. El acoplamiento a estas fuentes renovables de dispositivos almacenadores de energía, amplía sus posibilidades de uso en condiciones de emergencia, limitaciones y/o accesibilidad. La batería redox de vanadio fue inicialmente desarrollada por María Skyllas-Kazacos y colaboradores [1-3] y actualmente se desarrollan baterías para el almacenamiento energético a gran escala, en esos casos se requiere de baterías de alta durabilidad, que soporten altos ciclos carga-descarga [4], alta eficiencia, rápida respuesta, de costo razonable y funcionamiento ecológico. En concreto, las llamadas baterías redox con flujo de electrolito [5] muestran cumplir con buena parte de estos requerimientos, ya algunas están en operación y/o son comerciales [6-8] y nuevos estudios se encuentran en ejecución [5].

Los sistemas redox con flujo utilizan pares redox solubles como especies electro-activas, que son oxidadas o reducidas, para el almacenaje o suministro de energía. Ejemplo de ellas son los sistemas, hierro/cromo (Fe/Cr), zinc/cerio (Zn/Ce), bromuro/polisulfuro (Br-/nS₂-), hierro/bromuro (Fe-EDTA/Br-), vanadio/bromuro (V/Br), vanadio/vanadio (V/V), etc. [5,9].

El sistema redox de vanadio es una interesante alternativa energética, para el almacenaje de energía y su uso como fuente secundaria de suministro [10] y en ello se centra el presente artículo.

Celdas redox

Las celdas redox con flujo son celdas diseñadas para convertir y almacenar

energía eléctrica en energía química y suministrarla en forma controlada cuando sea requerida. Existe en la actualidad una gran demanda por fuentes alternativas energéticas a los combustibles fósiles y es bien conocido, que las baterías electroquímicas pueden almacenar energía química y suministrar energía eléctrica cuando ésta es requerida. Las comúnmente utilizadas baterías secundarias almacenan la energía en electrodos sólidos mientras que las baterías redox, por ejemplo de vanadio, almacenan la energía en una solución electrolítica que contiene especies de vanadio disueltas en medio ácido. Las baterías redox de vanadio son de bajo costo, de relativamente bajo impacto ambiental, alto ciclo de vida, reacciones redox simples y reversibles, funcionamiento a bajas temperaturas, alta eficiencia energética y pueden ser recargadas mecánicamente (por cambio del medio electrolítico) o eléctricamente en corto tiempo.

Una característica importante es que su potencia y su capacidad energética están separadas, la potencia del sistema es determinada por el número de celdas en el arreglo y el tamaño de los electrodos mientras que la capacidad de almacenamiento energético es determinada por la concentración y volumen del electrolito [2,11]. Tiene tolerancia a sobrecargas o sobre-descargas sin sufrir daños, no existen problemas de Nafion por mezcla de los electrolitos y pueden construirse baterías cuya capacidad de almacenamiento se incrementa al aumentar el número de celdas que las constituyen [12,13]. El sistema redox de vanadio ha estado bajo un intenso estudio estas últimas dos décadas [14-16] y algunos prototipos comerciales están bajo consideración [9,17]. El desarrollo de esta tecnología se considera con futuro en transporte y en estaciones de almacenamiento [18].

Algunos parámetros importantes (es necesario referir adicionalmente el volumen de electrolito, conversión del reactivo, estado de carga, diseño y condiciones de operación) de estas celdas redox son:

Tabla I.- Parámetros de eficiencia para celdas redox

Eficiencia en Corriente (rendimiento en carga)	$\eta_f = \frac{Q_p}{Q}$	Q_p es carga para formar producto. Q es carga total consumida
Eficiencia en Voltaje	$\eta_v = \frac{V_d}{V_c}$	V_d es voltaje de descarga. V_c es voltaje de carga
Eficiencia de carga	$\eta_c = \frac{Q_d}{Q_c}$	Q_d es carga eléctrica total durante la descarga. Q_c es carga eléctrica total durante la carga
Eficiencia en Energía	$\eta_e = \frac{E_d}{E_c}$	Es la relación energética entre los Procesos de descarga y carga
Eficiencia en Potencia	$\eta_p = \frac{(JV)_d}{(JV)_c}$	Es la relación de potencia entre los Procesos de descarga y carga

Celda estática de vanadio:

En la figura 1 se representa la celda típica redox estática de Vanadio y presentan los procesos redox que allí ocurren. La interfase entre los dos compartimientos la constituye una membrana intercambiadora de protones

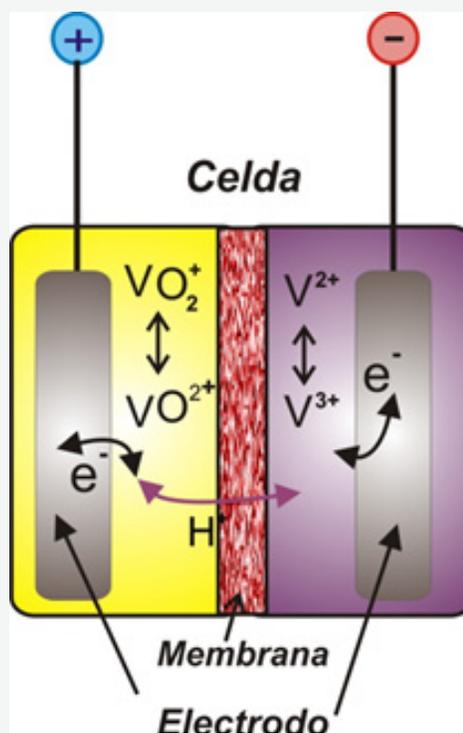
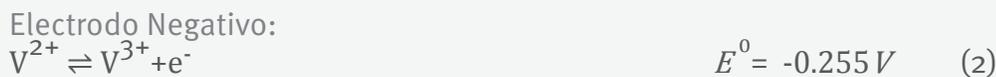
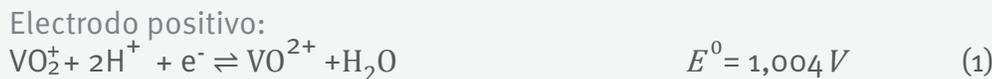


Figura 1.- Ilustración de una Celda redox de Vanadio



$$\Delta E = \Delta E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{VO}_2^+][\text{V}^{2+}][\text{H}^+]^2}{[\text{VO}^{2+}][\text{V}^{3+}]} \quad (4)$$

Donde:

E= potencial de la celda

R = constante universal de los gases

N = número de electrones involucrados en la reacción

F = constante de Faraday

La figura 2 es una celda estática prototipo, preparada en el laboratorio de electroquímica-ULA, para la investigación inicial [19]:

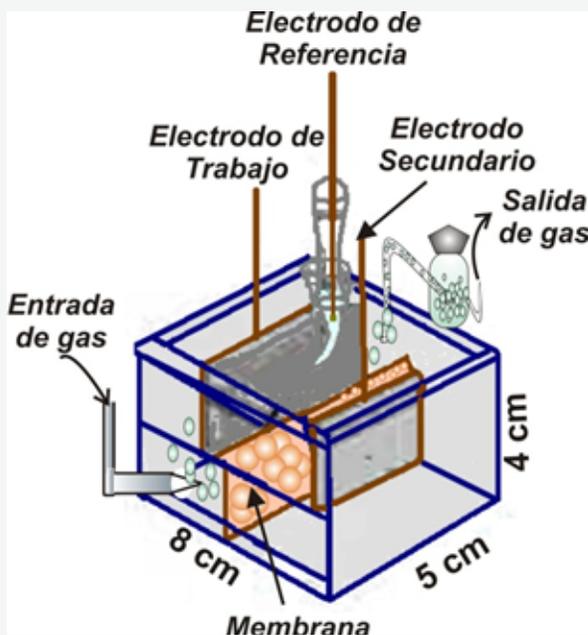


Figura 2. Prototipo de Celda estática redox para laboratorio.

En esta celda prototipo se utilizó cuerpo de plexiglass (resistente, inerte, transparente), electrodos de grafito (alta reversibilidad, definición de picos y selectividad), membrana de nafi3n 107 (baja permeabilidad a especies de vanadio, alta capacidad de intercambio iónico), medio electrolítico (soluciones de V^{2+} y V^{5+}) obtenidas por electrólisis de VOSO_4 0.5 M / H_2SO_4 3M. El voltaje obtenido fue de 1,47 V y valores de rendimiento de 92,37 % en carga; 87,13 % en voltaje y 80,48 % en energía.

La figura 3 visualiza los pares redox de celda y el voltaje experimental esperado (la diferencia de voltaje entre los pares redox es una medida del voltaje de celda)

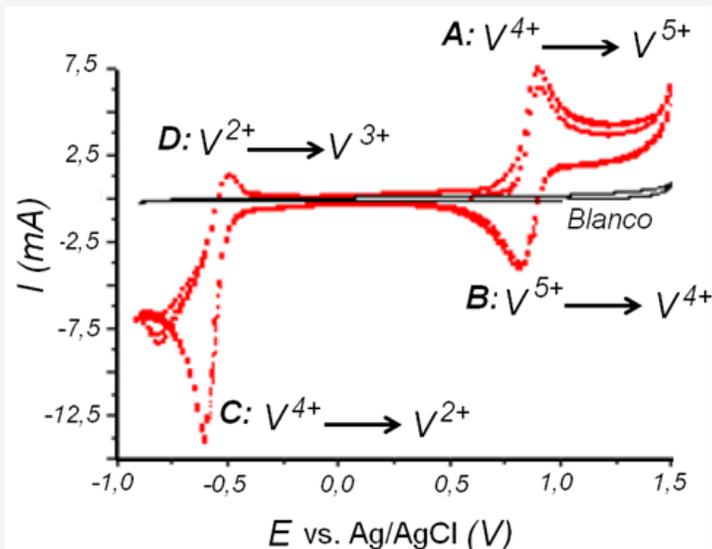


Figura 3. Respuesta voltamétrica de la Celda prototipo [19]

Otras propiedades de esta celda son, ella no sufre daños por fluctuaciones en su demanda en potencia ó por repetida descarga total ó por altas velocidades de carga. La celda puede ser sobrecargada o sobre descargada y puede ser ciclada desde cualquier estado de carga o descarga, sin daños permanentes.

La figura 4 nos muestra la eficiencia de funcionamiento de la celda durante ciclos de carga-descarga, hay bastante reproducibilidad en la respuesta. La tabla II presenta valores de voltaje y eficiencias, reportadas por diferentes autores.

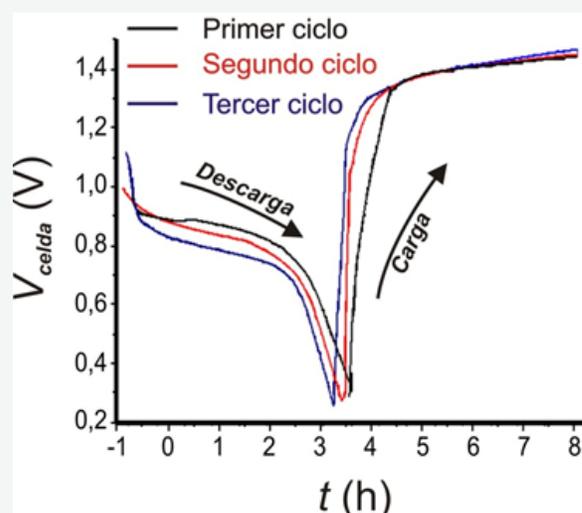


Figura 4.- Curvas de voltaje obtenidas durante tres ciclos consecutivos de carga/descarga de la celda prototipo de vanadio

Tabla 2.- Valores comparativos para celdas redox de vanadio (las condiciones de medida se especifican en cada artículo citado).

V	η_o	η_v	η_e	Ref.
1,47	92,37	87,13	80,48	19
1,47	87			20
1,47	90	81	73	20
1,47	97	88	86	1
			75,8	21
1,35				22

Fundamentos: El proceso que ocurre en la celda redox de vanadio, en el compartimiento catódico se describe en la ecuación 5:



De acuerdo a Faraday, la cantidad de material que sufre reducción y la velocidad de pérdida del reactivo están dadas por la ecuación 6:

$$m = \frac{it}{nF} \Rightarrow \frac{m}{t} = \frac{i}{nF} \quad (6)$$

Donde:

i = corriente que pasa durante la electrólisis

t = tiempo de electrólisis

n = número de electrones transferidos

F = constante de Faraday

La densidad de flujo de reaccionante = densidad de flujo de electrones en la interfase electrodo/electrolito (Ec. 7):

$$N = \frac{J}{nF} \quad (7)$$

Donde:

$J = i/A$ es densidad de corriente,

A = área del electrodo

La eficiencia en corriente es:

$$\eta_I = \frac{q}{q_T} \quad (8)$$

Donde:

q = carga consumida en la reacción electroquímica de interés

q_T = carga total consumida

$$N = k_m C \Rightarrow k_m = \frac{N}{C} = \frac{I_L}{n F A C} \quad (9)$$

(Bajo condiciones de control por transporte de masa, k_m = constante de velocidad del transporte de masa, C es la concentración del reactivo en el seno de la solución, I_L es la corriente límite del reactivo en la superficie del electrodo). Si la reacción es controlada por la transferencia de carga, para una reacción de primer orden la velocidad es:

$$V_{\text{red}} = \frac{dm}{dt} = k_c C_O^S \quad (10)$$

$$v_{\text{ox}} = dm/dt = k_a C_R^S$$

$$V_{\text{ox}} = \frac{dm}{dt} = k_a C_R^S \quad (11)$$

(C_O^S y C_R^S son las concentraciones de especies reaccionante y producto en la superficie del electrodo, respectivamente. k_c y k_a son las constantes de velocidad para las reacciones directa (catódica) e inversa (anódica) respectivamente). Su relación con el potencial (E) del electrodo es:

$$k_c = k_{c,0} e^{-\frac{\alpha_c n F E}{RT}} \quad \text{Reducción} \quad (12)$$

$$k_a = k_{a,0} e^{\frac{\alpha_a n F E}{RT}} \quad \text{Oxidación} \quad (13)$$

($k_{c,0}$ y $k_{a,0}$ son las constantes de velocidad a $E = 0$. α_c y α_a son los coeficientes de transferencia catódica y anódica).

Si la reacción es controlada por la velocidad de transporte de masa de especies:

$$V_{\text{red}} = \frac{dm}{dt} = k_m C_O \quad (14)$$

$$V_{\text{ox}} = \frac{dm}{dt} = k_m C_R \quad (15)$$

Para el transporte de masa por difusión pura:

$$-D_0 \frac{dC_0^s}{dx} = \frac{J}{nF} = D_R \frac{dC_R^s}{dx} \quad (16)$$

(D_0 y D_R son los coeficientes de difusión de reaccionantes y productos, respectivamente)
Luego, la densidad de corriente está expresada en la ecuación 17:

$$J = nFD_0 \left(C_0 - \frac{C_0^s}{\delta} \right) \quad (17)$$

Donde δ es la capa de difusión de Nerst)

Para una reacción con control mixto (contribución de ambos, transferencia electrónica y transporte de masa, a la conversión total de O a R):

$$V_{red} = \frac{dm}{dt} = K_m (C_0 - C_0^s) \quad (18)$$

$$V_{ox} = \frac{dm}{dt} = k_m (C_R - C_R^s)$$

Resolviendo para C_0^s :

$$C_0^s = \frac{C_0}{1 + \frac{k_c}{K_m}} \quad \text{Reducción} \quad (19)$$

$$C_R^s = \frac{C_R}{1 + \frac{k_a}{K_m}} \quad \text{Oxidación} \quad (20)$$

Si k_c o $k_a \ll k_m$ el paso lento en la reacción es la transferencia de carga y la velocidad total es controlada por la transferencia electrónica. Si k_c o $k_a \gg k_m$ el suministro del reaccionante o la remoción de productos es el paso determinante y la velocidad total es controlada por el transporte de masa.

Circuito equivalente

El modelo del circuito equivalente representa una celda electroquímica como un acoplamiento de un capacitor, resistencias y una fuente de voltaje constante [23] (figura 5).

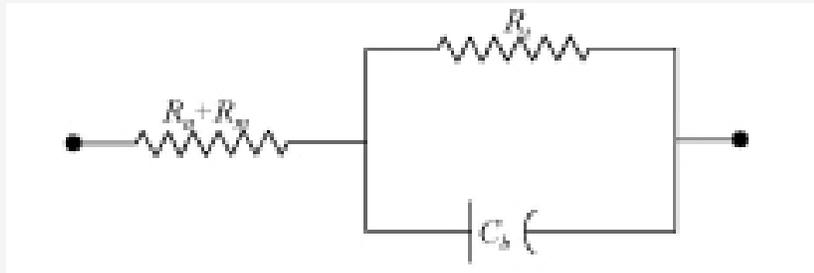


Figura 5. Circuito equivalente de una celda (o batería). R_a es la resistencia del camino electroquímico incluyendo el electrolito y el separador. R_m es la resistencia del camino metálico a través de la celda incluyendo los terminales, electrodos e interconectores. R_i es la resistencia contacto entre electrodo y electrolito. C_b es la capacitancia de los electrodos que forman la celda.

El voltaje viene dado por la ecuación 21 [24]:

$$E_{\text{cel}} = E_{\text{cel}}^{\text{eq}} - \eta_{\text{act}} - \eta_{\text{con}} - \eta_{\text{ohm}} - \eta_{\text{dc}} \quad (21)$$

Donde: ($E_{\text{cel}}^{\text{eq}}$ es el voltaje reversible a circuito abierto (VCA). η_{act} es el sobrepotencial de activación. η_{con} es el sobrepotencial de concentración. η_{ohm} es la caída ohmica. η_{dc} es el sobrepotencial debido a efectos de doble capa

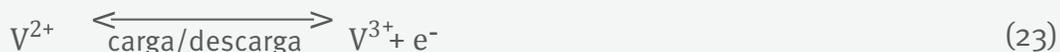
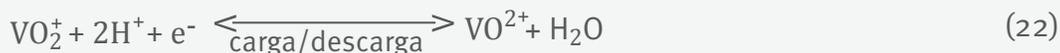
Celda de vanadio con flujo

Las celdas y baterías redox recargables y con flujo, están actualmente bajo intenso desarrollo, características que las hacen apropiadas para conversión, almacenamiento y suministro de energía, cuando esta es requerida. Entre esas características tenemos: Alimentación desde cualquier fuente energética, renovable y no renovable. Simplicidad en su diseño y construcción. Sencillez y reversibilidad de las reacciones electroquímicas. Operación a bajas temperaturas. Largo ciclo de vida. Alta eficiencia energética. Alto número de ciclos de carga y descarga. Poca contaminación. Costo razonable. Adicionalmente, la potencia y capacidad energética del sistema están separadas, la potencia del sistema está determinada por el número de celdas en el arreglo y el tamaño de los electrodos, mientras que la capacidad de almacenamiento de energía está determinada por la concentración y el volumen del electrolito, ello es importante para aplicaciones en zonas remotas y aisladas.

En la celda de Vanadio, los electrodos, actualmente de grafito, son separados por una membrana de intercambio iónico, y los reactivos (V^{2+}/V^{3+} ; V^{4+}/V^{5+}), contenidos en tanques separados, son recirculados en los compartimientos de la celda, donde las reacciones electroquímicas tienen lugar. Los potenciales redox de las especies, oxidada y reducida, deben estar lo más alejadas posible y la reacción en los compartimientos debe ser reversible. La membrana debe ser selectiva al transporte de protones en medio ácido, tener baja resistencia, larga vida, bajo costo, fácil manufactura y fácil manipulación. La solución electrolítica tiene larga vida y solo eventualmente la celda requiere el reemplazo de componentes mecánicos. La recarga instantánea de la celda es posible mediante la simple incorporación de nuevo medio electrolítico. La capacidad del sistema se incrementa con el solo incremento en el volumen de solución. El estado de carga del sistema es posible estimarlo, de la simple observación visual del medio electrolítico.

Esta batería es amigable al ambiente. De hecho, la celda redox de vanadio puede funcionar como celda de combustible en la medida en que los electrolitos sean alimentados en forma permanente pues tendríamos de vuelta un suministro también permanente de energía.

En el proceso, las reacciones electroquímicas de carga y descarga, en el electrodo positivo y negativo son respectivamente:



El valor de voltaje de celda a circuito abierto (1,26 V) puede ser superior (1,35 V) bajo condiciones de operación.

Una reacción colateral, en este proceso de carga, es la reacción de desprendimiento de oxígeno, sobre el electrodo positivo (ec. 24).



y la reacción de desprendimiento de hidrógeno, en el proceso de carga, en medio ácido, sobre el electrodo negativo (ec. 25).

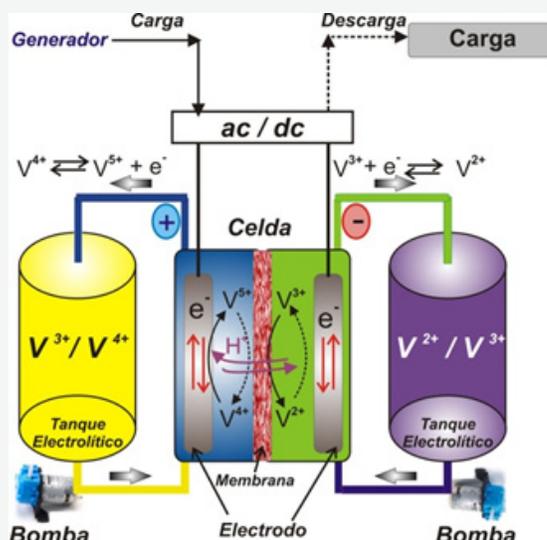


Figura 6. Diagrama de celda redox de vanadio con flujo de electrolito y recarga

El montaje experimental del sistema completo, utilizado en nuestro laboratorio, se presenta en la figura 6, este incorpora una celda de platos paralelos, dos reservorios para anólito y católito, dos bombas de flujo, dos flujímetros para control, brazos laterales para retorno y trampas de desahogo para evitar sobrepresión.

La experimentación fue realizada bajo condiciones de flujo laminar y atmósfera inerte (Ar , N_2). La celda fue diseñada con flujos separados por una membrana intercambiadora de protones, con reciclado de electrolitos y distribución uniforme de flujo sobre los electrodos de grafito.

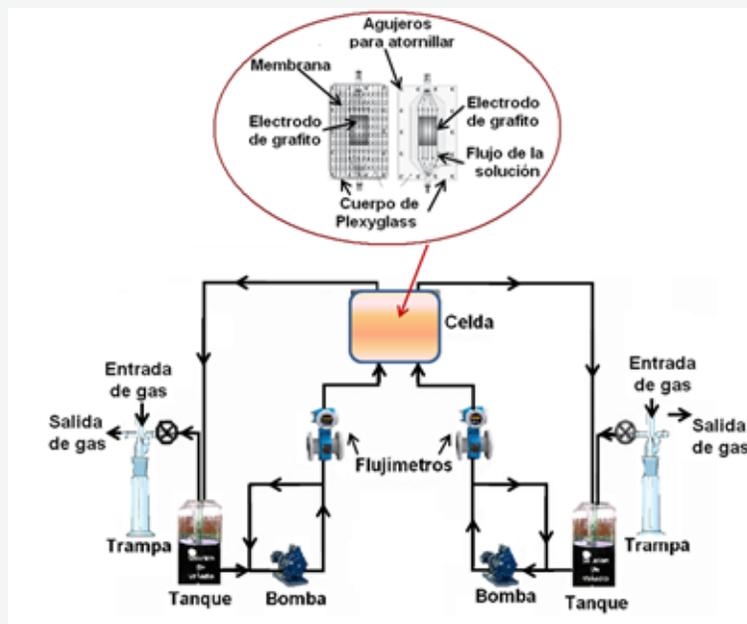


Figura 7. Montaje experimental del sistema redox de vanadio con flujo y recarga

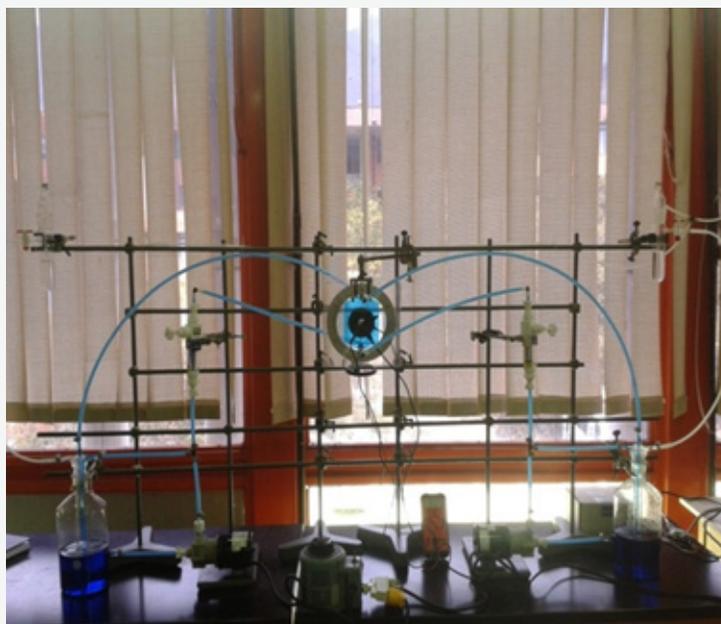


Figura 8. Síntesis del medio electrolítico a partir de sulfato de vanadilo
Sistema de celda de flujo al inicio de la electrolisis (Laguna A. EQ ULA [27])

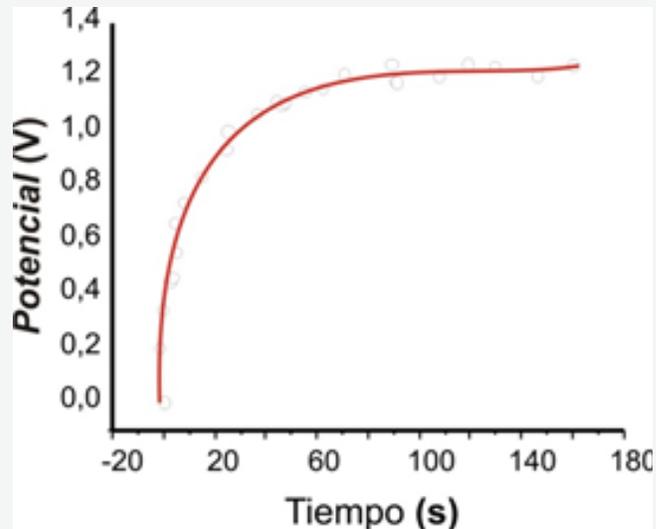


Figura 9. Síntesis del electrolito redox de vanadio

En otro estudio, los autores Luo X et al [21] prepararon una membrana poly (vinylidene fluoride)-graft-poly (styrene sulfuric acid) denominada (PVDF-g-PSSA).

En estas condiciones la celda redox de vanadio, con esta relativamente económica membrana, alcanzó una eficiencia en energía

de 75,8% a una densidad de corriente de 30 mA cm⁻².

Batería de vanadio

La batería de Vanadio la conforma un conjunto de celdas tal como la mostrada en la figura 10 [28]

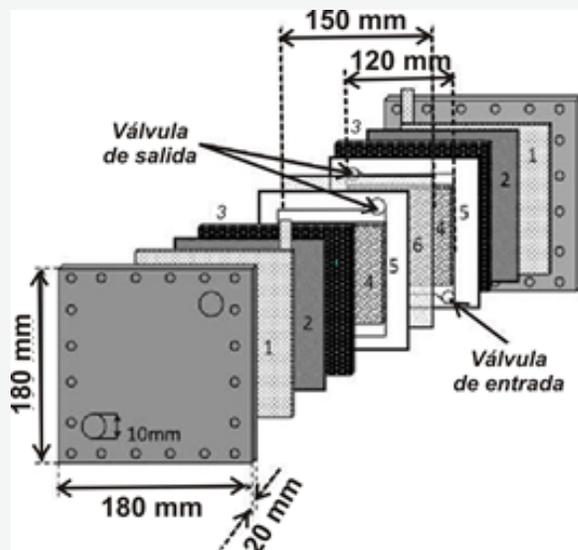


Figura 10. Celda unitaria de la batería redox de vanadio con flujo. Los electrodos (4) son de felpa de carbón soportados en marco de PTFE (5) y separados por membrana de Nafion (6). Los otros componentes (3,y1) es carbón embebido en plástico sobre placa de grafito y soporte de cobre respectivamente, para permitir el paso de electrones mientras el fluido del electrolito permanece dentro. Las caras externas están formadas por cloruro de vinilo.

La figura 11 muestra una batería redox de cuatro celdas y se muestra la distribución del medio electrolítico para su ingreso en celdas. En este caso se incorporan electrodos bipolares para simplificación del arreglo.

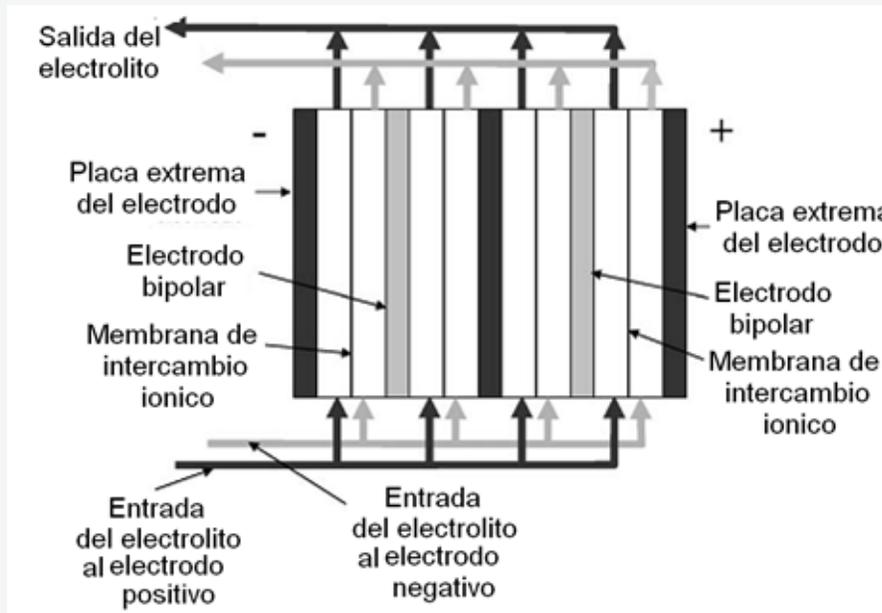


Figura 11. Batería redox (4 celdas con electrodos bipolares y flujo de electrolito) [9]

Algunos requerimientos para componentes de la celda son [29,30]:

- En consideración a pérdidas de presión durante flujo y conductividad eléctrica, se utilizan como electrodos felpa de carbón con superficie activada.
- Para garantizar el aislamiento eléctrico y de iones vanadio, una alta conductividad protónica y membrana separadora de nafión son utilizadas.
- Para permitir solamente el paso de electrones mientras el fluido electrolítico permanece dentro, un plástico (impermeable) hecho conductor con carbón absorbido, son utilizados conjuntamente con una placa de cobre.
- Son utilizados Marcos de cloruro de vinilo (por el costo).
- Adicionalmente se requiere una baja resistencia interna, baja pérdida de presión durante el bombeo de electrolito, bajas

pérdidas de corriente por auto descarga en tuberías.

Resumen de propiedades y aplicaciones

- Las baterías redox de vanadio tienen potencialidad como almacenadoras de energía en el rango de varios cientos de megavatios y varias horas de funcionamiento.
- Utiliza materiales accesibles
- No incorpora metales pesados tales como plomo, níquel, cinc y cadmio.
- Se puede incorporar a cualquier fuente energética, eólica, hídrica, solar, etc.
- Los electrolitos utilizados tienen vida indefinida. Son reutilizables y no desechables.
- Las celdas cargadas son muy estables.
- No se degradan con los ciclos de carga y descarga.

- Si son sobrecargadas no pierden su funcionalidad.

- Son de rápido cargado eléctrico e hidráulico.

- Su capacidad de almacenamiento está determinada por la cantidad de electrolito.

- El almacenamiento está determinado en términos de energía y transferencia de potencia.

La VRB almacena energía durante tiempos de baja demanda. –La VRB suministra energía cuando es requerida.

- La VRB es apropiada para ser usada en sistemas UPS: Hospitales Y Clínicas (Teatro de operaciones y sistemas vitales). Sistemas de emisión, retransmisión y difusión. Sistemas de control de tráfico aéreo. Sistemas de defensa y seguridad Nacional. Como fuente de alimentación en equipos variados.

- La potencia VRB es fácilmente regulada y controlada, no está sujeta a variaciones de voltaje y es relativamente económica.

- Por economía, se carga la batería en horas nocturnas o de bajo consumo de energía.

- Las ventajas técnicas y ambientales hacen la VRB atractiva para aplicaciones en telecomunicaciones, particularmente en áreas remotas.

- La VRB puede ser utilizada para almacenar energía desde cualquier fuente energética. Suministra una potencia fija. Es ambientalmente amigable, ideal para áreas remotas.

Nuevas investigaciones

Otros estudios son requeridos para mejoras en la celda y sus componentes, electrodos catalizadores, membranas estables y selectivas, mejoras en el tiempo de vida de los componentes, stock de baterías, sistemas inteligentes para el manejo y control del sistema redox, escalado del sistema redox y acoplamiento con otros sistemas energéticos [9].

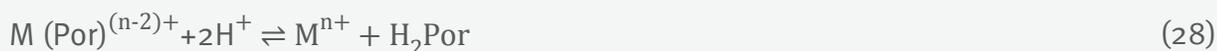
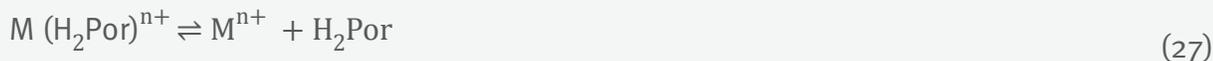
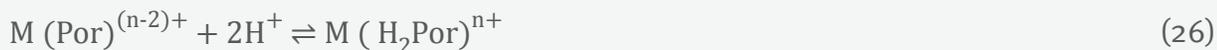
Vanadio en Venezuela

En los crudos pesados y extrapesados se encuentran presentes metales tales como Vanadio, Níquel, Hierro, Cobre, Aluminio, Magnesio y Calcio, formando compuestos porfirínicos y no porfirínicos. En compuestos porfirínicos predominan el Vanadio y en una menor extensión el Níquel, Hierro y Cobre. La desmetalización de crudos es necesaria como protección a catalizadores, al ambiente y para mejorar crudos. Adicionalmente se podrían comercializar metales y compuestos porfirínicos naturales.

El vanadio es un metal considerado estratégico, por sus aplicaciones en la preparación de aceros, aleaciones, catalizadores y más recientemente en baterías, de modo que la desvanadización química de crudos y electroquímica, nos suministraría materia prima indispensable para la preparación de dispositivos con gran aplicabilidad. Estudios por EDX de la superficie electródica, luego de las electrólisis, muestran que alguna parte del vanadio removido queda depositado sobre ella. El análisis de los productos de electrólisis por ^1H -RMN, RMN, UV-Vis., FTIR y Voltametría de Pulso Diferencial indican la extracción del vanadio y disminución del contenido de compuestos aromáticos en los extractos, lo que evidencia un mejoramiento en los crudos, lo cual es uno de los objetivos de nuestra industria petrolera.

En nuestro laboratorio se separaron los compuestos porfirínicos del crudo y posteriormente se realizó la desmetalización electroquímica en una celda con electrodos de trabajo de carbón vítreo (CV, 3cm^2) y platino (Pt, 3cm^2), en presencia de MeOH (20%) y HClO_4 (0,5%), se obtuvo como resultado un 66,44% y 64,10% de desmetalización respectivamente. En electrólisis (90min) de muestras directas de crudo se obtuvo 31,2 mg/Kg (V), 65,0 mg/Kg (Fe), 6,3 mg/Kg (Ni) de desmetalización sobre carbón vítreo (CV, 3cm^2) [31].

Proceso de Desmetalización



Agradecimientos: Los autores agradecen al FONACIT-Venezuela (Proyectos 2011001392, 2011001099 y CFI-00460), por su apoyo para la realización de este trabajo.

Referencias

- Skyllas-Kazacos M, Rychick M, Robins RG, Fane AG, Green MA. (1986).. New allvanadium redox flow cell J Electrochem Soc., 133:1057-1058,
- Skyllas-Kazacos M, Grossmith F. (1987). Efficient vanadium redox flow cell. Electrochem Soc., 134,:2950 2953 2953
- Skyllas-Kazacos M, Rychick M, Robins RG. (1988). All vanadium redox battery., USA patent, US 4786567
- Price A. Flow cells for energy storage. Proc Inst Civil Eng Civil Eng, 158:52 -59
- Weber AZ, Mench MM, Meyers JP, Ross PN, Gostick JT, Liu Q. (2011). Redox flow batteries: a review., J Appl Electrochem., 41: 1137-1164
- Sumitomo Electric Industries, Ltd. (2008).Vanadium redox-flow battery VRB for a variety of applications. <http://www.electricitystorage.org>. accessed July 12
- Winafrique energy solutions for tomorrow. (2010). <http://www.winafrique.com/>, accessed July 14
- EESAT, (1998). Proceeding International Conference, Electrical energy storage systems Applications and Technologies, Chester – UK, June
- Ponce de León C, Frías-Ferrer A, González-García J, Szánto DA, Walsh FC. (2006). Redox flow cells for energy conversion. J of Power Sources.,160:716-732
- Spellman K, Stiles K, Little I. (2013). Economic Report on Vanadium Redox Flow Battery with Optimization of Flow Rate. University of Tennessee Honors Thesis Projects
- Zhou HT, Zhang HM, Zhao P, Yi BL. (2006). A comparative study of carbon felt and activated carbon based electrodes for sodium polysulfide/bromine redox flow battery Electrochim Acta., 51:6304 - 6312

- Skyllas-Kazacos M, Kasherman D, Hong DR, Kazacos M. (1991). Characteristics and performance of 1 kW UNSW vanadium redox battery. *J Power Sources* 35:399 - 404
- Haddadi-Asl V, Kazacos M, Skyllas-Kazacos M. (1995). Conductive carbon-polypropylene composite electrodes for vanadium redox battery, *J Appl. Electrochem.* 25 (1):29- 33
- Chen H, Cong TN, Yang W, Tan C, Li Y, Ding Y. (2009). Progress in electrical energy storage system: A critical review, *Prog. Nat. Sci.*, 19 (3) 291– 312
- Hennessy TDJ. (2007). Telecommunication system incorporating a vanadium redox battery energy storage system. Patent US7181183.
- Zhao P, Zhang H, Zhou H, Chen J, Gao S, Yi B. (2006). Characteristics and performance of 10 kW class all-vanadium redox-flow battery stack. *J Power Sources* 162:1416-1420
- Skyllas-Kazacos M, Menictas C. (1997). Vanadium redox battery for emergency back-up applications. In proceedings, Melbourne INTELEC, International Telecommunications Energy Conference (Proceedings), pp. 463 - 471.
- The VRB energy storage system. (2007). The multiple benefits of integrating the VRB-ESS with wind energy. Technical report, VRB Power Systems Inc.
- G. Colt, J. Márquez, O. Márquez. (2010). Evaluación de una celda redox de vanadio. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 14, 56:183-188
- Sum E, Skyllas-Kazacos M. (1985). A study of the V(II)/V(III) redox couple for redox flow cell applications. *J Power Source.* 15:179-190
- Luo X, Lu Z, Xi J. (2005). Influences of permeation of vanadium ions through PVDF-g-PSSA membranes on performances of vanadium redox flow batteries. *J Phys Chem B* 109:20310-20314
- Shah AA, Watt-Smith MJ, Walsh FC. (2008). A dynamic performance model for redox-flow batteries involving soluble species. *Electrochim Acta.* 53:8087-8100
- Sutanto D, Chang HL. (2000). New dynamical models of lead–acid batteries. *IEEE Trans. on Energy conversion* 7: 442–446
- Pathapati PR, Xue XJ Tang. (2005). A new dynamic model for predicting transient phenomena in a PEM fuel cell system. *Renew. Energy.* 30:1-22
- Skyllas-Kazacos M. J (2003). Novel vanadium chloride/polyhalide redox flow battery. *J. Power Sources.* 124:299 - 302
- Márquez K, Márquez OP, Márquez J. (2014). Diseño de celda redox de vanadio con flujo de electrolito. *Observador del conocimiento* 2(6):111-118
- Márquez OP, Laguna A, Márquez K, Márquez J. (2013). Informe II a Fonacit: Construcción de una Celda Redox de Vanadio para Suministro de Energía Eléctrica en forma continua a Comunidades Rurales y/o Remotas. Grupo de Electroquímica, ULA-Venezuela
- Al-Fetlawi H. Modelling and Simulation of All-Vanadium Redox Flow Batteries. PhD Thesis, University of Southampton, School of Engineering (2010).

- Tsuda I, Nozaki K, Sakuta K, Kurokawa K. (1997). Improvement of Performance in Redox Flow Batteries for PV Systems. *J Solar Energy Materials and Solar Cells* 47:101-107.
- Tokuda N, Kanno T, Hara T, Shigematsu T, Tsutsni Y, Ikeuchi A. Itou T, Kumamoto T. (2000). Development of a Redox Flow Batter System, *SEI Technical Review* 50:88-94
- Welter K, Salazar E, Balladores Y, Márquez OP, Márquez J, Martínez Y. (2009). Electrochemical removal of metals from crude oil samples. *Fuel Procc. Technology*. 90:212-222

EFFECTO CATALÍTICO DE UN ELECTRODO MODIFICADO SOBRE LA REACCIÓN DE OXIDACIÓN DEL ÁCIDO ASCÓRBICO

CATALYTIC EFFECT OF A MODIFIED ELECTRODE FOR THE OXIDATION REACTION OF ASCORBIC ACID

Amable Molina, Yris Martínez*, Ricardo Hernández
Olga Márquez, Jairo Márquez, Miguel Díaz

Lab. de Electroquímica,
Departamento de Química.
Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes.
Mérida, Venezuela.
e-mail: ymartin@ula.ve

Recibido: 19-12-17
Aceptado: 15-02-18

Resumen

El comportamiento electroquímico del ácido ascórbico es de gran interés en los estudios neuroquímicos por encontrarse en altas concentraciones en el tejido cerebral e interferir en la detección electroquímica de las catecolaminas debido a que cataliza la oxidación de las mismas. En el presente estudio se optimizaron los parámetros electroquímicos para la síntesis de la poli (2,5-dimetoxianilina) (PDMA) sobre electrodos de platino (Pt) y carbón vítreo (CV); así como para la posterior incorporación del heteropolianión (HPA) tipo Keggin $H_4PMo_{11}VO_{40}$ sobre la matriz polimérica. Se encontró que los sistemas CV/PDMA CV/PDMA/HPA son estables en H_2SO_4 . Los estudios de microscopia, demuestran que la PDMA presenta una morfología uniforme y porosa con crecimiento fibrilar, la cual no se ve afectada significativamente con la incorporación del HPA. La actividad catalítica de los sistemas involucrados en este estudio se llevó a cabo utilizando para ello la reacción de oxidación del ácido ascórbico. La determinación del AA en el sistema CV/PDMA por Voltametría de barrido lineal (VL), mostró linealidad entre 1,42 y 100 mM con un coeficiente de correlación de 0,9990, límite de detección de 0,42 mM y límite de cuantificación de 1,42 mM, por su parte el sistema CV/PDMA/HPA presentó linealidad entre 1,13 y 100 mM, coeficiente de correlación de 0,9993, límite de detección 0,34 mM y límite de cuantificación de 1,13 mM. Por voltametría de pulso diferencial (VPD), el sistema CV/PDMA, mostró un intervalo entre 6,74 y 100 mM con coeficiente de correlación de 0,9950, límite de detección de 2,02 mM y límite de cuantificación de 6,74 mM, mientras el sistema CV/PDMA/HPA fue lineal entre 6,40 y 100 mM, coeficiente de correlación de 0,9936, límite de detección 1,92 mM y límite de cuantificación de 6,40. Estos resultados permiten proponer el uso de los sistemas modificados en la determinación de AA a nivel de fármacos.

Palabra clave: Ácido Ascórbico, Electroodos modificados, Electrocatálisis

Abstract

The electrochemical behavior of ascorbic acid (AA) is of great interest for neurochemical studies, since it is found in high concentrations in the brain tissue, interfering in the electrochemical detection of catecholamines, being AA a good catalyst for their oxidation. In this work, electrochemical parameters have been optimized for the performance of the electrosynthesis of poly (2,5-dimethoxyaniline, PDMA) on platinum (Pt) electrode and Glassy Carbon (GC), as well as for the further incorporation of the Kegging type heteropolyanion (HPA) $H_4PMo_{11}VO_{40}$ on the polymeric matrix. It was found that the systems GC/PDMA/HPA are stable in H_2SO_4 .

Microscopic studies show that PDMA exhibits a uniform porous morphology followed by fibrillar growth which is not significantly affected with incorporation of HPA. The catalytic

activity of the systems involved in this study was tested by following the oxidation of AA. Determination of AA in GC/PDMA using Linear sweep voltammetry (LSV), showed linearity within 1.42 and 100 mM with a correlation coefficient of 0.9990, a detection limit of 0.42 mM and quantification limit of 1.42 mM. The system GC/PDMA/HPA showed linearity between 1.13 and 100 mM. a correlation coefficient of 0.9993, detection limit of 0.34 mM and quantification limit of 1.13 mM. By Differential Pulse Voltammetry (DPV), the system GC/PDMA showed linearity between 6.74 and 100 mM with a correlation coefficient of 0.9950, detection limit of 2.02 mM and a quantification limit of 6.74 mM, while the system GC/PDMA/HPA was linear within 6.40 and 100 mM with a correlation coefficient of 0.9936, detection limit of 1.92 mM and quantification limit of 6.40 mM.

These results allow suggesting the use of the modified systems to detect AA at the level of medical drugs.

Keywords: Ascorbic acid, Modified Electrodes, Electrocatalysis

Amable Molina: Lcdo. en Química. Liceo Bolivariano Nacional Dr. José María Vargas, Los Pozones vía Santa Bárbara del Zulia. Mérida 5101, Venezuela. e-mail: amablemolin70@gmail.com/**Yris Martínez:** Dra. En Electroquímica. Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela. e-mail: ymartin@ula.ve/**Ricardo Hernández:** Dr. En Electroquímica. Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela. e-mail: rmhr@ula.ve/ **Olga P. Márquez:** Ph.D en Electroquímica. Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela. e-mail: olgamq@ula.ve/**Jairo Márquez:** Ph.D en Electroquímica. Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida 5101, Venezuela. Teléfono: 0274-2401391. e-mail: jamar@ula.ve/**Miguel Díaz:** Lcdo. en Química. Laboratorio Plusandex C.A. Zona Industrial, El Vigía. , Mérida 5101, Venezuela. e-mail: migueldiaz.com@gmail.com

Introducción

La oxidación electroquímica del AA sobre un electrodo involucra la transferencia de dos electrones y la liberación de dos protones para formar el ácido deshidroascórbico (fig. 1), el cual presenta una onda redox irreversible, a un potencial formal de 0,058 V vs. RHE en una solución a pH neutro [1].

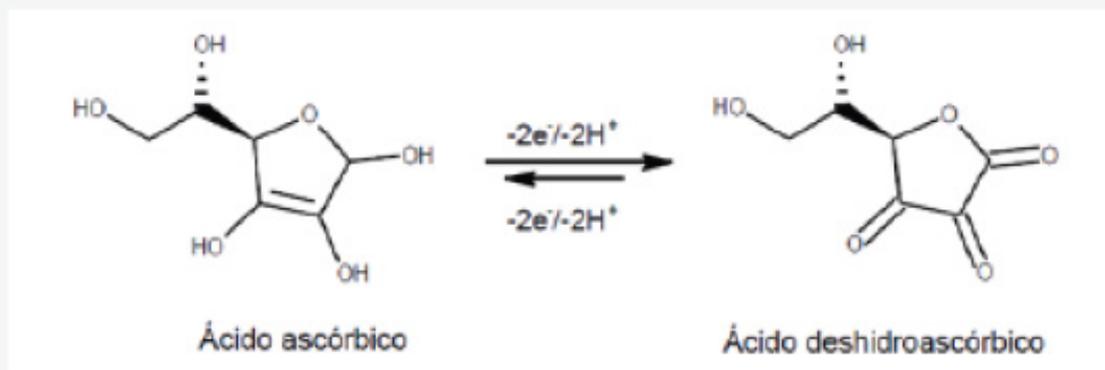


Figura 1.- Reacción de oxidación del ácido ascórbico

Actualmente, se ha dedicado un esfuerzo considerable al desarrollo de métodos voltamétricos para la determinación de ácido ascórbico en muestra biológicas, ya que estudios clínicos han demostrado que el contenido de ácido ascórbico en fluidos biológicos puede ser utilizado para evaluar la cantidad de estrés oxidativo en el metabolismo de seres humanos [2]. El estrés excesivo se ha relacionado con el cáncer, la diabetes Mellitus [3] y enfermedades hepáticas [4].

Por otro lado, su presencia en fluidos extracelulares representa un problema, ya que su concentración es tres órdenes de magnitud mayor que otros compuestos presentes (neurotransmisores), ocasionando serias interferencias en la determinación de estos fundamentalmente, porque el potencial de oxidación es igual o similar.

Existe un gran interés en la comunidad científica centrado en el uso de electrodos modificados con compuestos que sean capaces de catalizar la oxidación electroquímica del AA. La oxidación directa del AA sobre un electrodo metálico o de carbón, sin modificación muestra la

pasivación del electrodo por los productos de oxidación, lo que traen como consecuencia una baja reproducibilidad, selectividad y sensibilidad [5]. Para evitar, o disminuir estos problemas, es necesario modificar la superficie de los electrodos. Un ejemplo clásico es el uso de películas poliméricas, que permiten solventar estos problemas e incrementar la catálisis en la determinación de dicho compuesto.

Zhang y Dong [6] demostraron que electrodos de platino recubiertos con una película compuesta por polianilina/ácido canforsulfónico resultan ser buenos catalizadores para la reacción de oxidación del ácido ascórbico en solución amortiguadora de fosfato a pH=7,0. El potencial de pico anódico se desplaza hacia potenciales más negativos (de 0,63 V en el electrodo desnudo a 0,34 V en electrodo modificado) y con un incremento en la corriente. El pico de corriente anódico es linealmente dependiente de la concentración de AA en el intervalo de 5 a 50 mM, con un coeficiente de correlación de 0,998.

Hu y colaboradores [7] prepararon películas de polianilina dopadas con polisulfuro sobre electrodos de platino, reportando una buena

actividad electrocatalítica para la oxidación del AA sobre este sistema. La oxidación del AA seguida por voltimetría cíclica refleja un potencial de pico anódico en 210 mV para el electrodo modificado evidenciando una disminución de sobrepotencial, en comparación con electrodo de platino desnudo. Del mismo modo se muestra que el pico de corriente anódica guarda una relación lineal con la concentración de AA en un intervalo de 10-50 mM.

En 2007 Zhang y Lian [5] estudiaron la oxidación del ácido ascórbico sobre películas de poli (anilina-co-o-aminofenol) (PAN-OAP) en diferentes proporciones, depositadas sobre electrodos de carbón vítreo. Sus resultados muestran que el copolímero en la proporción 20:1 (AN: OAP) no tiene ninguna función electrocatalítica para la oxidación de AA, mientras que la película obtenida en proporción 10:1 (AN: OAP) muestra buena actividad catalítica para su oxidación en solución amortiguadora de fosfato a pH 6,8, además de una excelente estabilidad y reproducibilidad. Por otro lado, reportan una dependencia lineal entre la corriente anódica y la concentración del AA en un intervalo de concentraciones de 5×10^{-4} a $1,65 \times 10^{-2}$ mol/L, con un coeficiente de correlación de 0,9998.

Jureviciute y colaboradores [8,9] reportaron la fabricación de sensores amperométricos de ácido ascórbico basados en polímeros conductores, específicamente de poli(N-metilánilina) y polianilina. Encontrando que a pH neutro la PANI no posee propiedades conductoras. Sin embargo, los autores señalan que la PANI puede transformarse en una especie activa electroquímicamente, gracias a la liberación de un protón durante la electrooxidación del anión ascorbato, facilitando así la protonación de la película polimérica que le confiere conductividad a la misma, permitiéndole la oxidación del ascorbato bajo estas condiciones en la determinación de ascorbato dentro de un intervalo de pH entre 5,5 y 7,2, en una ventana de potencial comprendida entre 0,1 y -0,3 V vs. Ag/AgCl, mostrando un intervalo lineal de respuesta a partir de 0,6 mM y un límite de detección de 0,05 mM. En contraste la poli(N-metilánilina)

posee una buena actividad redox en soluciones a pH neutro, y como resultado, se observa una respuesta rápida de corriente en la oxidación del AA.

Ragupathy y colaboradores [10] modificaron un electrodo de carbón vítreo alternando capas de poli (2,5-dimetoxianilina) (PDMA) con un heteropolianión (HPA) tipo Keggin $H_3PW_{12}O_{40}$. Esta película exhibe una excelente actividad frente a la oxidación del AA con desplazamiento negativo en el potencial de pico anódico (200 mV) y un sustancial aumento en la corriente, comparado con el electrodo de carbón vítreo sin ninguna modificación, el cual produce una amplia onda de oxidación más allá de 320 mV.

Bahsas [11], probó la actividad catalítica del sistema Pt/PDMA/HPA, en la oxidación del ácido ascórbico. Encontrando que la oxidación del AA en el electrodo doblemente modificado ocurre a un potencial menor (0,38 V) que en el electrodo de Pt desnudo (0,7 V), presentando además un sustancial aumento en la corriente de pico.

La determinación electroquímica del AA por voltimetría de pulso diferencial en buffer sulfato pH 2,04 sobre los sistemas CV/PANI y CV/PANI/ $H_4PMO_{12}VO_{40}$ fue realizada por Vásquez [12]. Reportando el siguiente orden creciente de catálisis para dicha reacción, CV/PANI > CV/PANI/ $H_6PMO_{12}VO_{40}$ > CV. La curva de calibración sencilla para el sistema CV/PANI mostro un intervalo lineal de respuesta entre 8 y 30 mM, con un coeficiente de correlación de 0,9925 V, límite de detección 0,646 y límite de cuantificación 2,156 mM, mientras que el sistema CV/PANI/HPA arrojo un intervalo lineal de respuesta entre 8 y 40 mM con un coeficiente de correlación igual a 0,9999, límites de detección 1,240 mM y de cuantificación 4,134 mM. Díaz [13] señaló que la oxidación de AA sobre electrodos de CV/PANI y CV/PANI/ $H_6PMO_9O_{40}$ ocurre a potenciales menores (0,442 y 0,502 V vs. Ag/AgCl respectivamente) comparando cuando se trabaja con el electrodo de carbón vítreo desnudo (0,601 V). Observando además un considerable aumento en la corriente de pico en ambos sistemas. Los resultados de la curva calibración para el sistema

doblemente modificado, utilizando la técnica de voltametría de pulso diferencial indican que el límite de detección es de 2,4 mM y el de cuantificación 8,0 mM, en un intervalo lineal de 3 a 30 mM de AA.

Los estudios reportados en la literatura demuestran que la incorporación de heteropolianiones de tipo Keggin dentro de matrices poliméricas, en particular de la poli(2,5-dimetoxianilina), conlleva a un incremento sustancial en la actividad catalítica del sistema modificado. En este trabajo, se toma en consideración el sistema doblemente modificado con PDMA/HPA, donde utilizó el $H_4PMO_{11}VO_{40}$. La actividad electrocatalítica para la reacción de oxidación del ácido ascórbico, de estos electrodos modificados debe estar enlazado con una remarcable estabilidad de los mismos, parámetros fundamentales para aplicaciones prácticas.

Parte experimental

Celda electroquímica y electrodos

Todos los estudios electroquímicos se realizaron en una celda de vidrio tipo h y tres electrodos; como electrodo de trabajo, un disco de carbón vítreo con un área geométrica de 0,075 cm². Como contraelectrodo se empleó una malla de platino y como referencia se utilizó un electrodo de Ag/AgCl (KCl sat.).

Previo a cada experimento las superficies de los electrodos de trabajo fueron pulidos a espejo con alúmina de diferentes diámetros 1, 0,3 y 0,05 μ m y sometidos posteriormente a ultrasonido por 5 minutos. Purgando el con nitrógeno durante 5 minutos antes de cada estudio.

Todas las soluciones se prepararon con agua ultrapura obtenida de un sistema Millipore Milli QTM (18 μ Ω/cm). Los experimentos se realizaron utilizando reactivos y gases de alta pureza (grado analítico), sin tratamiento previo, a excepción de la 2,5-dimetoxianilina la cual fue sublimada antes de su uso.

Instrumentación

Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo con ayuda de un Potenciostato/Galvanostato modelo 273A

de la EG&G Princeton Applied Research, acoplado a un sistema computarizado con el software M270 para el registro y el procesamiento de datos.

Las medidas potenciométricas se llevaron a cabo con un pH-metro de la serie 500 OAKTON. Los estudios espectroscópicos por FT-IR se realizaron usando un espectrofotómetro Perkin Elmer System 2000.

Los estudios de UV-Visible se realizaron utilizando un espectrofotómetro UV-visible Lambda 25 Perkin Elmer, con una celda de cuarzo con un camino óptico de 1 cm.

Los estudios microscópicos se realizaron en un microscopio óptico Nikon tipo 108 DIAPHOT 300 con cámara a color TK1085U y un microscopio electrónico Nikon 10577.

Síntesis del heteropolianión tipo Keggin $H_4PMO_{11}VO_{40}$

La síntesis del HPA se llevó a cabo por el método descrito por Tsigdinos y Hallada [14]. Basado fundamentalmente en que la acidificación de mezclas de vanadato, molibdato y fosfato en condiciones estequiométricas, conduce a la obtención del ácido heteropolimolibdovanadiofosfórico ($H_4PMO_{11}VO_{40}$). La reacción se llevó a cabo utilizando 0,0033 moles de fosfato disódico disueltos en 17 mL de agua, mezclados con 0,0084 moles de metavanadato de sodio previamente disueltos en 20 mL de agua a ebullición. Dejando enfriar la solución resultante para luego adicionar 1 mL de H₂SO₄ concentrado. A esta solución coloreada, se le adicionaron 0,0477 moles de molibdato de sodio disueltos en 35 mL de agua. Posteriormente a la mezcla de reacción se le añadieron, lentamente y con agitación vigorosa, 14 mL de H₂SO₄ concentrado obteniéndose una solución rojo claro. Finalmente se hicieron 4 extracciones con 20 mL de éter etílico cada una. Al final se obtiene un sólido naranja que corresponde al $H_4PMO_{11}VO_{40}$ con un rendimiento de reacción del 83,5108 %. La caracterización del HPA fue realizada por titulación potenciométrica ya que esta técnica nos permite obtener información acerca del

número de hidrógenos reemplazables en la estructura del ácido y de la carga del anión. El anión molibdovanadiofosforico posee la estructura Keggin, por lo tanto, el número total de átomos de oxígeno en ésta es 40. Dado que el estado de oxidación de cada elemento en el anión es conocido (Mo^{VI} y V^{V}), la carga del anión sería -4 [14]. La titulación potenciométrica del ácido libre $\text{H}_4\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$ mostró dos puntos de inflexión. El primer punto de inflexión corresponde a la degradación completa del anión por la base y, el consumo de 4,04 moles de base por mol de ácido, confirma la presencia de los cuatro iones de hidrógeno reemplazables. El

de los enlaces P-O y Mo=O que deberían aparecer en 1080 y 996 cm^{-1} respectivamente, se desplazan hacia menores longitudes de onda debido a una reducción de la simetría de la estructura [16], en el FT-IR del HPA en estudio estas señales están desplazadas a 1062 y 962 cm^{-1} respectivamente, lo que nos sugiere la presencia de vanadio (V) en el HPA sintetizado.

El espectro UV-vis tomado al HPA, mostró las bandas de absorbancia intensas entre 200 y 260 nm, las cuales son características en estructuras tipo Keggin y que son asignadas a las transiciones de transferencia de carga metal-ligando entre



segundo punto de inflexión (alrededor de pH 8,7), corresponde a las especies de molibdato y fosfato presentes como MoO_4^{2-} y HPO_4^{2-} , respectivamente. Las especies de vanadato están presentes como iones de HVO_4^{2-} [14]:

En el espectro FT-IR del $\text{H}_4\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$, se observaron cuatro bandas características, centradas en 1062, 962, 866 y 778 cm^{-1} , las cuales son atribuidas a las vibraciones de estiramiento de los enlaces P-Oi, Mo=Ot, Mo-Oe-Mo y Mo-Ov-Mo, respectivamente [15,16,18,19]. Los átomos de oxígeno en la estructura tipo Keggin se clasifican en cuatro clases con simetría equivalentes: átomos de oxígeno interno (P-Oi) común al tetraedro central PO_4 y aun grupo trimetalico, oxígenos de esquina (Mo-Oe-Mo), que conectan dos unidades de Mo_3O_{13} , oxígenos de vértice (Mo-Ov-Mo) que conectan dos unidades MoO_6 y oxígenos terminales (Mo-Ot) unidos a un metal [17]. Cuando un átomo de vanadio sustituye un átomo de molibdeno en la estructura primaria del heteropolianión $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$, las señales

los oxígenos terminales y de puente a los átomos metálicos ($\text{Mo}^{6+} \rightarrow \text{O}^{2-}$ y $\text{V}^{5+} \rightarrow \text{O}^{2-}$). A 310 nm se ubica una banda menos intensa, característica de los HPA tipo Keggin ($\text{H}_{(3+X)}[\text{PMo}_{(12-X)}\text{V}_X\text{O}_{40}]$) para X > 0 asignada a la especie de vanadio [15].

Modificación de las superficies electródicas

La síntesis de poli(2,5-dimetoxianilina) se llevó a cabo por voltametría cíclica partiendo de una solución 5×10^{-2} M del monómero en 0,5 M de H_2SO_4 , a una velocidad de barrido de 50 mV/s, ciclando el electrodo de carbón vítreo, 30 veces en una ventana de potenciales entre -0,2 y 0,8 V para el electrodo de carbón vítreo. La incorporación del heteropolianión [$\text{H}_4\text{PMo}_{11}\text{VO}_{40}$] sobre la matriz polimérica, fue realizada por voltametría cíclica a 50 mV/s durante 30 barridos consecutivos de potencial entre -0,2 y 0,8 V, a partir de una solución 1×10^{-3} M del HPA en 0,5 M de H_2SO_4 .

Estudios de estabilidad

La estabilidad del electrodo CV/PDMA al igual que para el electrodo CV/PDMA/HPA fue evaluada por voltametría cíclica en diferentes medios ácidos 0,5 M (H_2SO_4 , HCl y HNO_3), durante 100 ciclos consecutivos a una velocidad de barrido de 50 mV/s en una ventana de potencial entre -0,2 y 0,8 V. El electrolito soporte donde se observó mayor estabilidad fue el H_2SO_4 0,5 M, por lo tanto, fue seleccionado para estudios posteriores.

Resultados

Modificación electroquímica del electrodo de carbón vítreo con poli(2,5-dimetoxianilina) (PDMA)

Inicialmente se evaluó la ventana de potencial por voltametría cíclica, sumergiendo el electrodo de trabajo en una solución 0,5 M de H_2SO_4 , con la finalidad de seleccionar la ventana adecuada para nuestros estudios y de la misma manera observar posibles señales atribuibles a procesos que ocurren sobre la superficie del electrodo y a la descomposición del medio electrolítico. Las corrientes generadas por los blancos son de poca intensidad lo cual representa una ventaja para la realización de nuestros estudios en presencia de la 2,5-dimetoxianilina (DMA).

La figura 2 muestran la respuesta voltamétrica de un electrodo de carbón vítreo, sumergido en una solución 5×10^{-2} M de DMA luego de 100 ciclos consecutivos

De acuerdo al mecanismo de polimerización reportado en la literatura [20,21,22], este proceso se inicia con la oxidación del monómero (2,5-dimetoxianilina) formando la especie catión radical 2,5-dimetoxianilinio cuya señal (1er ciclo) va disminuyendo en intensidad de corriente al aumentar el número de ciclos, hasta desaparecer.

A medida que el monómero es oxidado la concentración del catión radical en la cercanía del electrodo es mayor que la del monómero neutro, lo que implica que un catión radical estará rodeado de más especies de su tipo (o sea más cationes radicales), propiciando que la propagación sea mediante acoplamiento radical-radical. Esta recombinación de dos especies radicales produce la pérdida de dos protones para generar los dímeros p-aminodifenilamina (PADA) si el acoplamiento es cabeza-cola (N-C₄), la bencidina si el acoplamiento es cola-cola (C₄-C₄'), o el hidrazobenceno si el acoplamiento es cabeza-cabeza (N-N'), siendo la PADA el intermediario dominante [22,23].

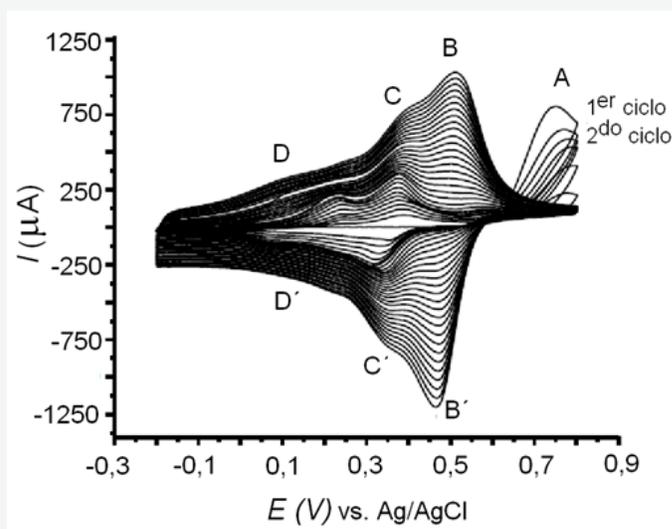


Figura 2.- Crecimiento de la PDMA sobre carbón vítreo (30 ciclos). $v = 50$ mV/s

Una vez formados los intermediarios (dímeros), estas especies se oxidan e incorporan DMA oxidada a su cadena; la cadena resultante es nuevamente oxidada electroquímica para incorporar más monómero oxidado desde la solución. Como evidencia a estos procesos, se observan tres pares de ondas o picos bien definidos (fig. 2), a potenciales menos positivos que el potencial de oxidación del monómero (pico A), los cuales son formados gradualmente e incrementan su intensidad de corriente tanto catódica como anódica a medida que aumente el número de ciclos [20]. Este incremento de corriente en los picos refleja el crecimiento de la película polimérica sobre las superficies electródicas, el cual es similar en ambos sistemas, aunque las corrientes varían debido a la diferencia en el área de los electrodos. El pico B es asignado a la oxidación del polímero para formar el estado dicatión o dicatión-

diradical (bipolarón) del polímero y el pico B' corresponde a la reducción del mismo. El pico D se asigna a la oxidación de la forma reducida del polímero al estado catión radical (polarón) y el pico D' a la reducción de este [20, 22,24]. Por su parte la cupla C/C' son asociadas por algunos autores a productos de descomposición oxidativa de p-aminodifenilamina (PADA) y especies de benzoquinona/quinona [22,23,25], mientras que otros autores las asignan a defectos de la estructura del polímero (enlaces cola-cola y cabeza-cabeza) [20].

La figura 3 muestra el voltagrama cíclico del carbón vítreo modificado con la PDMA sumergidos en una solución 0,5 M de H₂SO₄, el comportamiento es similar al mostrado durante el crecimiento de la película. Tres pares de picos puede ser observado y representan los distintos estados de oxidación de la PDMA.

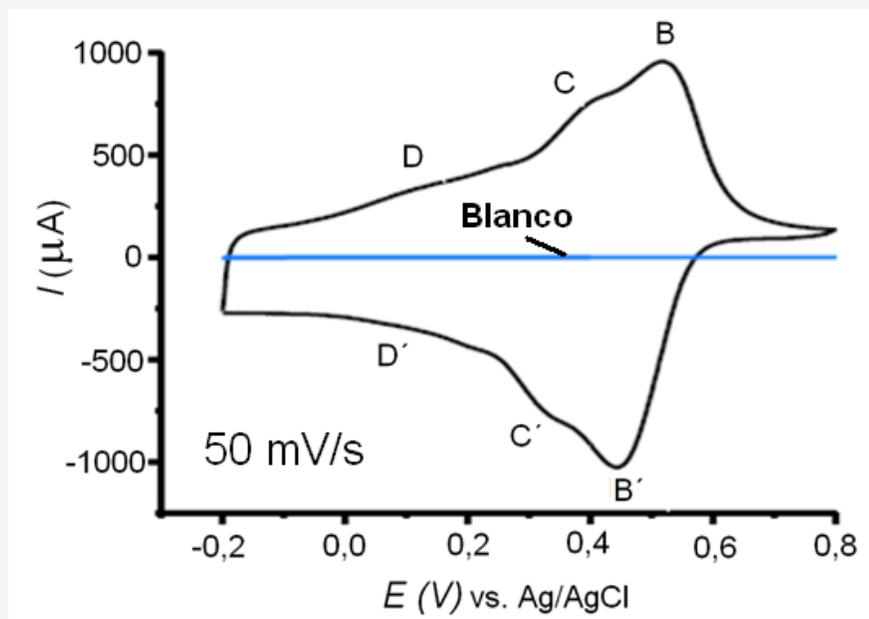


Figura 3.- Respuesta del sistema CV/PDMA en H₂SO₄ 0,5 M

Muchos autores [13,26,27,28] toman como base cuatro anillos de la cadena polimérica para asignar estos procesos. La cupla D/D' es atribuida a la oxidación de la forma reducida del polímero, leucoemeraldina a emeraldina. La cupla B/B' se asigna a la total oxidación de la especie emeraldina a pernigranilina. Por su parte la cupla C/C' a sido asociada en algunos casos a productos de descomposición oxidativa de p-aminodifenilamina (PADA) [22, 23,25], en otros casos es atribuida a defectos de la estructura del polímero (formación de enlaces cola-cola y cabeza-cabeza) [20]. Estos distintos estados de oxidación le confieren un efecto electrocrómico al polímero, la leucoemeraldina es incolora, la emeraldina es verde y la pernigranilina azul.

Incorporación del HPA ($H_4PMo_{11}VO_{40}$) en la matriz polimérica

Una vez sintetizada la PDMA sobre los diferentes sustratos se procedió a incorporar el HPA en la matriz polimérica. Para ello se colocaron los electrodos modificados en una solución 1×10^{-3} M de

$H_4PMo_{11}VO_{40}$ disuelto en 0,5 M de H_2SO_4 . La figura 4 muestra la respuesta voltamétrica del sistema luego de 30 ciclos consecutivos a 50 mV/s, al superponer estos resultados (curva negra) con la respuesta obtenida para la PDMA en ausencia del HPA (curva azul), podemos observar la aparición clara de tres nuevas cuplas redox cuya intensidad de corriente se incrementa con el número de ciclos (correspondientes al comportamiento redox del HPA incorporado a la matriz de PDMA). Algunos autores han reportado la inmovilización de estas especies en polímeros tales como polianilina [29] y polipirrol [30,31], los cuales quedan atrapados en su red durante el proceso de dopaje debido al gran tamaño y alta carga de sus aniones, apantallado a su vez la respuesta del polímero. Al oxidar la PDMA, se generan cargas positivas (polarones y bipolarones) a lo largo de la cadena polimérica; la presencia de estas cargas positivas favorece la repulsión entre cadenas y la apertura de canales, y por consiguiente la penetración de contraiones en el interior de la película [32].

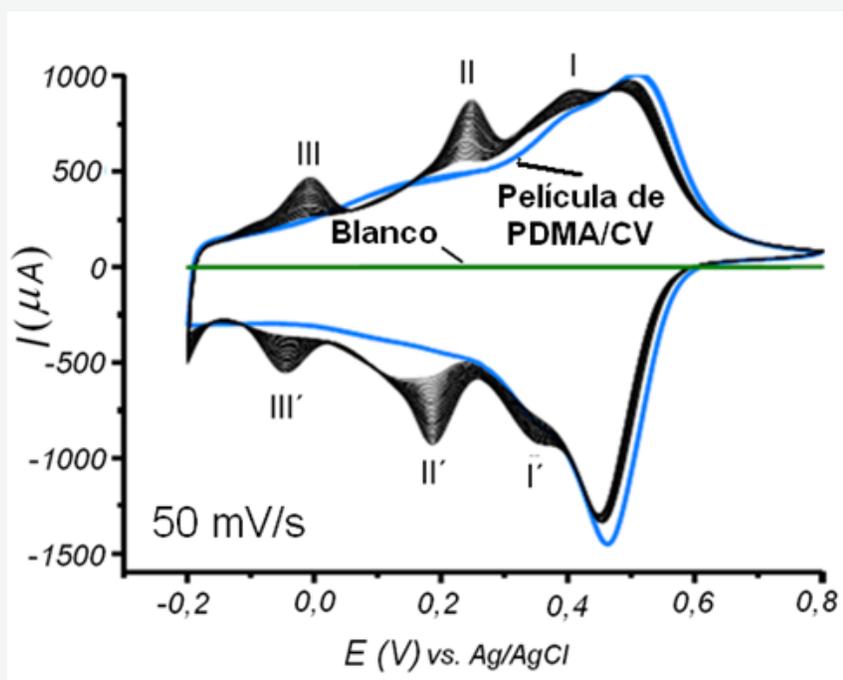


Figura 4.- Respuesta de la PDMA en solución de HPA 1×10^{-3} M en H_2SO_4 , 0,5 M

La figura 5 muestra la respuesta voltamétrica de los sistemas PDMA/HPA en solución 0,5 M de H_2SO_4 . Tres cuplas redox se aprecian claramente, la cupla I/I' corresponde a procesos redox del vanadio (V^{IV}/V^V) que involucra la transferencia de $1e^-$, mientras que las cuplas II/II' y III/III' son asignadas a procesos redox del molibdeno (Mo^V/Mo^{VI} y Mo^{VI}/Mo^V) que involucran la transferencia de $2e^-$ [12, 13, 30, 33]. Las reacciones asociadas a estos procesos vienen dadas por:

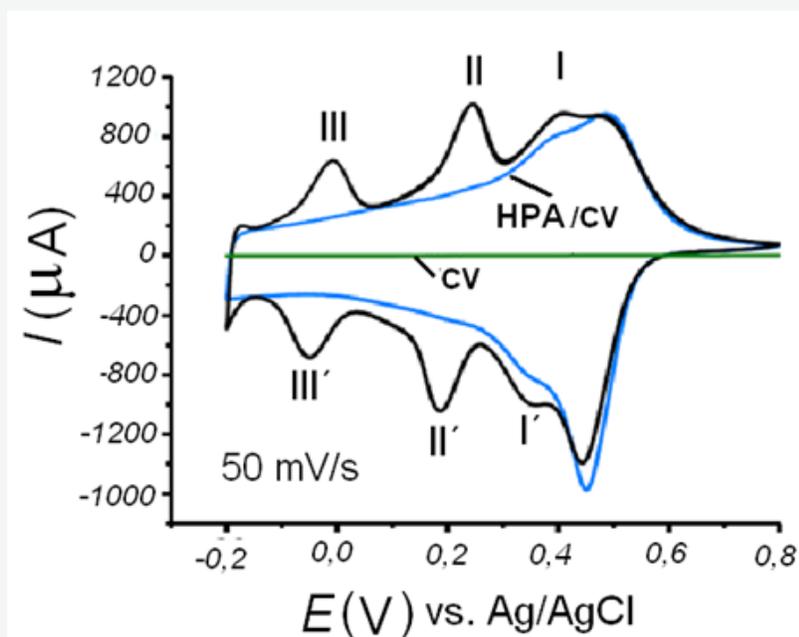
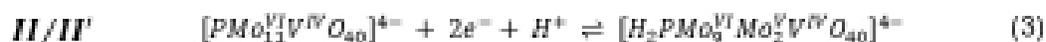


Figura 5.- Respuesta del sistema PDMA/HPA/CV en H_2SO_4 0,5 Mw

Evaluación morfológica de las películas de PDMA y PDMA/HPA

Por microscopía electrónica (fig. 6), se observa que las películas de PDMA sintetizada bajo las condiciones descritas anteriormente, se deposita de forma fibrilar y uniformemente sobre el electrodo, mientras

que la película resultante de la doble modificación (PDMA/HPA) es más fibrosa, debido a los aglomerados de HPA formados entre los poros del polímero, generando en consecuencia una película más compacta.

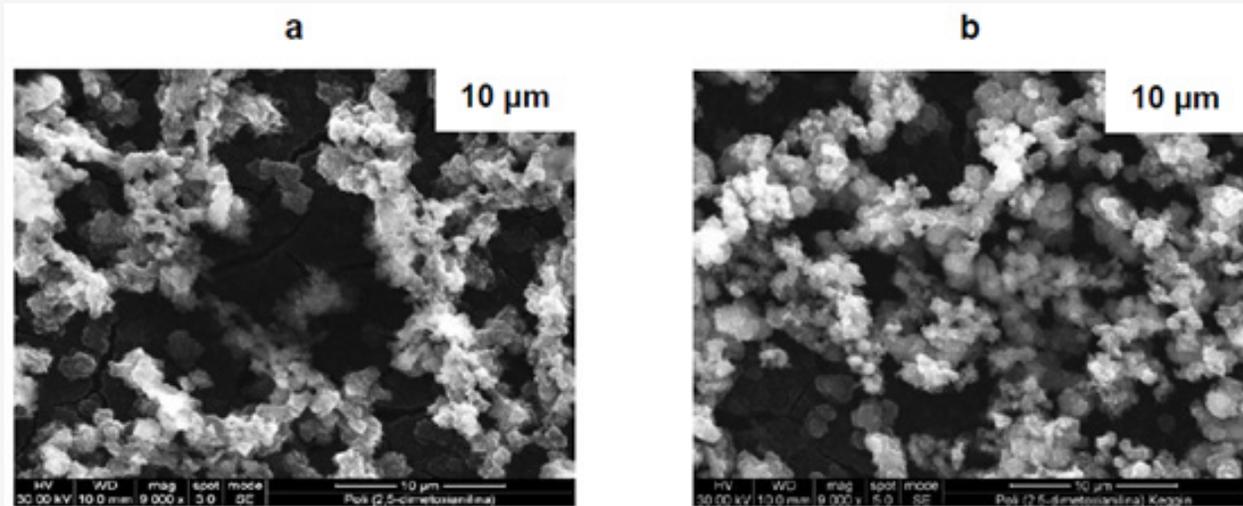
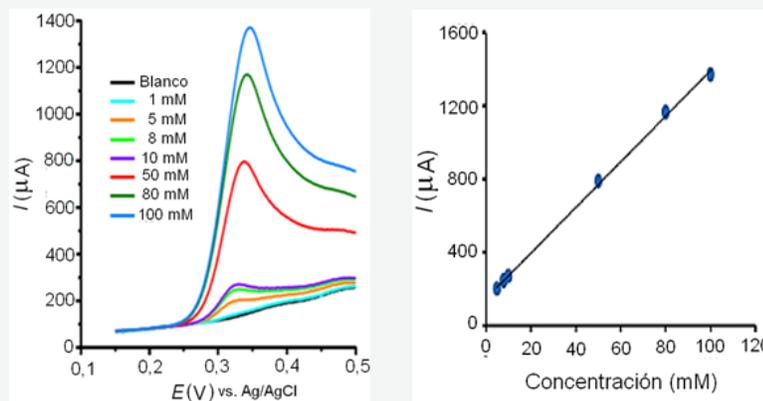


Figura 6.- Depósitos de a) PDMA y b) PDMA/HPA sobre electrodos de carbón vítreo.

Determinación de los parámetros electroanalíticos correspondiente a la oxidación del AA sobre el sistema CV/PDMA y CV/PDMA/HPA

El rango dinámico de linealidad para la oxidación del ácido ascórbico sobre los distintos electrodos modificados fue estudiado variando la concentración de éste en un intervalo de 1 a 100 mM, puesto que a concentraciones menores los sistemas no mostraron respuesta cuantificable. Las medidas fueron realizadas por triplicado utilizando H₂SO₄ 0,5 M como medio electrolítico, en una ventana de potenciales entre 0,15 a 0,5 V y a una velocidad de barrido de 10 mV/s. La figura 7 muestra la respuesta por voltametría lineal (VL) para los electrodos modificados con CV/PDMA (fig. 7A) y CV/PDMA/HPA (fig. 7B), respectivamente, sumergidos en soluciones de AA a diferentes concentraciones.



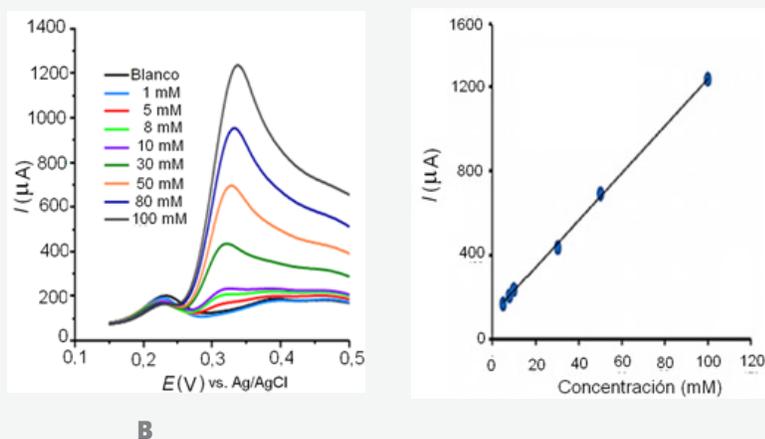


Figura 7.- Respuesta voltamétrica de los electrodos **A**) CV/DPMA y **B**) CV/DPMA/HPA en soluciones de AA a diferentes concentraciones por VL. $U = 10$ mV/s. Y la Influencia de la concentración de AA en la corriente de pico, I_p , para los electrodos en estudio

En todos los casos la corriente de pico anódico es linealmente dependiente con la concentración de ácido ascórbico en el intervalo de concentraciones de 5 a 100 mM, con coeficientes de correlación en el orden de 0,999. A partir de la ecuación de la recta se procedió a calcular los parámetros electroanalíticos, cuyos resultados se reportan en la tabla 1.

Tabla 1: Parámetros electroanalíticos de los sistemas estudiados para la oxidación de AA

Sistema	Rango lineal (mM)	Coefficiente de correlación	Pendiente m	Desviación Estándar σ	LD (mM)	LQ (mM)
CV/DPMA	1.42-100	0.9990	12.48	1.77	0.42	1.42
CV/DPMA/HPA	1.13-100	0.9993	11.22	1.27	0.34	1.13

Oxidación electrocatalítica de una mezcla de ácido ascórbico y dopamina

La dopamina (DA) es un neurotransmisor que juega un papel muy importante en el sistema nervioso central y se encuentra en cantidades alrededor de 50 nmol/g en una región del cerebro conocida como el “núcleo caudado”. La muy baja concentración de DA ofrecen un gran desafío para su determinación en fluidos biológicos [91].

La DA coexiste con el AA en fluidos extracelulares, donde la concentración de AA es generalmente mucho mayor que la de DA (100 a 1000 veces). Dado que ambos tienen un potencial de oxidación similar en

la mayoría de los electrodos sólidos (platino, carbón vítreo, oro), la determinación por separado de estas especies es un gran problema debido a la superposición de sus señales [92].

La oxidación electroquímica de la dopamina en solución acuosa involucra la transferencia de dos electrones y la pérdida de dos protones para generar la o-dopaminoquinona [93]. Con la finalidad de evaluar la sensibilidad y la selectividad del sistema CV/DPMA/HPA respecto a la oxidación de DA en presencia de AA y su utilidad analítica, se realizó un estudio

exploratorio. Evaluando la oxidación del AA a una concentración fija de AA en presencia de concentraciones crecientes de DA. La figura 8 muestra los registros por voltametría lineal para el aumento de la concentración de dopamina (intervalo 1 a 100 mM) en presencia de AA 10 mM. Como se puede apreciar, la corriente de pico para la oxidación de DA aumenta linealmente con su concentración en el intervalo de 6 a 100 mM, con un coeficiente

de correlación de 0,9909, sin cambios en el pico atribuido a la oxidación del AA. Estos resultados sugieren que la presencia de AA no interfiere en la determinación de DA y que el electrodo de Pt/PDMA/HPA puede ser utilizado para la determinación de estos compuestos por separado, pero dado que el rango de concentraciones es muy elevado este sistema podría ser utilizado sólo en la determinación de DA a nivel de fármacos al igual que en el caso de AA.

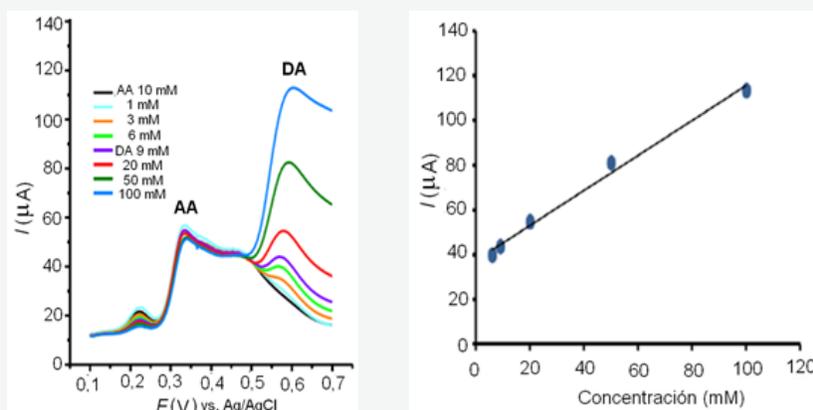


Figura 8.- Respuesta voltamétrica del electrodo de CV/PDMA/HPA en soluciones de DA a diferentes concentraciones en presencia de AA 10 mM. $U = 5$ mV/s. Y la influencia de la concentración de DA en la corriente de pico.

Conclusiones

La síntesis mediante voltametría cíclica de la PDMA sobre los electrodos de carbón vítreo, así como la incorporación del HPA en la matriz polimérica (PDMA) se llevó a cabo satisfactoriamente, resultando muy estables en H_2SO_4 .

La incorporación sobre la matriz polimérica mediante voltametría cíclica del HPA, es compleja e interesante. Se recomienda realizar estudios electroquímicos que permitan determinar de qué forma se incorpora el mismo a la matriz del polímero. Los estudios de microscopia, demuestran que la morfología de la PDMA morfología no se ve afectada de manera significativa con la incorporación del HPA manteniéndose uniforme, porosa, de color verde y fibrilar.

Los sistemas CV/PDMA y CV/PDMA/HPA, resultaron ser electroactivos para la oxidación del ácido ascórbico (AA). La determinación del AA en el sistema CV/PDMA, mediante voltametría lineal mostró linealidad entre 1,42 y 100 mM con un coeficiente de correlación de $r_2 = 0,9990$, límite de detección de 0,42 mM y límite de cuantificación de 1,42 mM, mientras que para el sistema CV/PDMA/HPA el intervalo lineal de respuesta se observó entre 1,13 y 100 mM coeficiente de correlación $r_2 = 0,9993$, límite de detección 0,34 mM y el límite de cuantificación de 1,13 mM.

Los estudios preliminares de la oxidación de dopamina utilizando estos sistemas indican que los electrodos modificados pueden ser utilizados para la determinación de esta especie en presencia del ácido ascórbico.

Los resultados de los estudios electroanalíticos nos permiten proponer el uso de los sistemas modificados en la determinación de AA y de la DA a nivel de fármacos.

Para mejorar los parámetros electroanalíticos es decir bajar los límites de detección y cuantificación en la determinación del AA y la DA, es necesario optimizar la incorporación de la PDMA y el HPA (disminuyendo el número de ciclos para la deposición de la matriz polimérica y la incorporación del HPA), ya que de esta manera se disminuye la intensidad en corriente de las señales redox propias de los sistemas en estudio.

Referencias

- A. Malinuskas, R. Garjonté, R. Mazeikine, I. Jureviciute. (2005) "Electrooxidation of ascorbic acid on polyaniline and its implications to fuel cells". *Journal of Powers Source* 145(1): 16-20.
- I. Koshiishi, T. Imanari (1997). "Measurement of ascorbate and dehydroascorbate contents in biological fluids". *Analytical Chemistry* 69(2): 216-220.
- S. Som, S. Basu, D. Mukherjee, S. Db, P. Roy Choudhury, S. Mukherjee, S.N. Chatterjee, I.B. Chatterjee (1981). "Ascorbic acid metabolism in diabetes mellitus". *Metabolism*; 30(6): 572-577.
- J. Martesson, A. Meister (1992). "Glutathione deficiency increases hepatic ascorbic acid synthesis in adult mice". *Proceeding of the National Academy of Sciences of the U.S.A*; 89(23): 11566-11568.
- L. Zhang, J. Lian (2007). "Electrochemical synthesis of copolymer of aniline and o-aminophenol and its use to the electrocatalytic oxidation of ascorbic acid". *Journal of Electroanalytical Chemistry*; 611 (1-2): 51-59.
- L. Zhang, S. Dong (2004). "The electrocatalytic oxidation of ascorbic acid n polyaniline film synthesized in the presence of camphorsulfonic acid". *Journal of Electroanalytical Chemistry*; 568: 189-194.
- Z.A. Hu, X.L. Shang, Y.Y. Yang, C. Kong, H.Y. Wu (2006). "The electrochemical synthesis of polyaniline/polysulfone composite films and electrocatalytic activity for ascorbic acid oxidation". *Electrochimica Acta*; 51(16): 3351-3355.
- K. Brazdziuviene, I. Jureviciute, A. Malinauskas (2007). "Amperometric ascorbate sensor based on conducting polymer: Poly(N-methylaniline) versus polyaniline. *Electrochimica Acta*; 53(2): 785-791.
- I. Jureviciute, K. Bradziuviene, L. Bernotaite, B. Salkus, A. Malinauskas (2005). "Polyaniline-modified electrode as an amperometric ascorbate sensor". *Sensors and Actuator A: Physics*; 107: 716-721.
- D. Ragupathy, A.I. Gopalan, K.P. Lee, K.M. Manesh (2008). "Electro-assisted fabrication of layer-by-layer assembled poly (2,5-dimethoxy- ani-line)/phosphotungstic acid modified electrode and electrocatalytic oxidation of ascorbic acid". *Electrochemistry*

Communication; 10(4): 527-530.

- H.H. Bahsas (2008). "Estudios de películas de poli (2,5-dimetoxianilina) modificadas con heteropolianiones del tipo keggin". [Tesis de Licenciatura]. Mérida (Venezuela): Universidad de Los Andes;
- Vásquez R, Díaz M, Martínez Y, Hernández R, Millán E, Rojas C, Manfredy L. y Ortíz R. (2014), Determinación Electroquímica de Ácido Ascórbico sobre electrodos de carbón vítreo doblemente modificados. *Acta Bioclínica*, 4(7) 106-131
- Díaz M, Vásquez R, Martínez Y, Hernández R, Millán E, Rojas C y Ortíz R. (2013), Oxidación Electroquímica de ácido ascórbico con un sistema CV/PANI/H6[PMo9V3O40], *Acta Bioclínica*, 3(6) 77-93
- G.A. Tsigdinos, C.J. Hallada (1968). "Molybdovanadophosphoric acids and their salts. I. Investigation of methods of preparation and characterization". *Inorganic Chemistry*; 7(3) 437-441.
- X-k. Li, J. Zhao, W-J. Ji, Z-B. Zhang, Y. Chen, C-T. Au, S. Han, H. Hibst (2006). "Effect of vanadium substitution in the cesium salts of Keggin-type heteropoly-acids on propane partial oxidation". *Journal of Catalysis*; 237(1): 58-66.
- P. Villabrille, G. Romanelli, L. Gassa, P. Vázquez, C. Cáceres (2007). "Synthesis and Characterization of Fe- and Cu-doped Molybdovanadophosphoric acids and their application in catalytic oxidation". *Applied Catalysis A: General*; 324: 69-76.
- O. Benlounes, S. Mansouri, C. Rabia, S. Hocine (2008). "Direct oxidation of methane to oxygenates over heteropolyanions". *Journal of Natural Gas Chemistry*; 17(3): 309-312.
- A.M. Khenkin, P. Carl, D. Baute, A.M. Raitsimring, A.V. Astashkin, L.J.W. Shimon, D. Goldfarb, R. Neumann (2006). "Structural and EPR/ENDOR/ESEEM spectroscopic investigations of a vanadomolybdate Keggin-type polyoxometalate in organic solvent". *Inorganic Chimica Acta*; 359(9): 3072-3078.
- G. Pistoia and R. Rosati (1994). "Electrochemical synthesis of poly (2,5- di-methoxyaniline): evaluation of the equivalent circuit associated with the film and of its stability in solution". *Electrochimica Acta*; 39 (3): 333-338.
- B. Palys, A. Kudeski, A. Stankiewicz, K. Jackowska (2000). "Influence of anions on formation and electroactivity of poly-2,5dimethoxyaniline". *Synthetic Metals*; 108(2): 111-119.
- H. Yang, A.J. Bard (1992). "The application of fast scan cyclic voltammetry. Mechanistic study of the initial stage of electropolymerization of aniline in aqueous solutions". *Journal of Electroanalytical Chemistry*; 339(1-2) 423-449.
- F. Cases, F. Huerta, P. Garcés, E. Morallón, J.L. Vázquez (2001). "Voltammetric and in situ FTIR study of the electrochemical oxidation of aniline from aqueous solutions buffered at pH 5". *Journal of Electroanalytical Chemistry*; 501(1-2): 186-192.
- M.H.P Azar, B. Hbib (2007). "Electropolymerization of aniline in acid media on the bare and chemically pre-treated aluminum electrodes a comparative characterization of the polyaniline deposited electrodes". *Electrochimica Acta*; 52(12): 4222-4230.
- E. Millán, G. Ayestarán, C. Lárez, Y. Martínez (2006). "Studies of the presence of dicarboxylic

acids in the electrochemical synthesis of poly(aniline): Case poly(itaconic acid)". *Journal of Electroanalytical Chemistry*; 586(1): 128-135.

- C.H. Yang, L.W. Chong, L.M. Huang, Y.L. Lee, T.C. Wen (2005). "Novel electrochromic devices based on composite films of poly(2,5-dimethoxyaniline)-waterborne polyurethane" *Materials Chemistry and Physics*; 91(1): 154-160.
- T.C. Wen and L.M. Huang (2002). "In situ UV-Visible spectroelectrochemical studies on electrochromic behavior of poly(2,5-dimethoxyaniline). *Synthetic Metals*; 130(2): 155-163.
- R.K. Singh, A. Kumar, K. Agarwal, D. Dwivedi, K.N. Sood, R. Singh (2012). "Influence of binary oxidant (FeCl₃:APS) ratio on the spectroscopic and microscopic properties of poly(2,5-dimethoxyaniline)". *Open Journal of Polymer Chemistry*; 2: 105-112.
- M. Barth, M. Lapkowski, S. Lefrant (1999). "Electrochemical behaviour of poly-aniline film doped with heteropolyanions of Keggin structure". *Electrochimica Acta*; 44(12): 2117-2123.
- L.M. Abrantes, C.M. Cordas, E. Vieil (2002). "EQCM study of polypyrrole modified electrodes doped with Keggin-type heteropolyanion for cation detection". *Electrochimica Acta*; 47(9): 1481-1487.
- A.M. White, R.C.T. Slade (2003). "Investigation of vapour-grown conductive polymer/heteropolyacid electrodes". *Electrochimica Acta*; 48(18): 2583-2588.
- T. Fernández Otero (2003). "Polímeros conductores: síntesis, propiedades y Aplicaciones electroquímicas". *Revista Iberoamericana de Polímeros*; 4(4): 1-
- A. Safavi, N. Maleki, O. Moradlou, F. Tajabadi (2006). "Simultaneous determination of dopamine, ascorbic acid, and uric acid using carbon ionic liquid electrode". *Analytical Biochemistry*; 359(2): 224-229.
- D.R. Shankaran, K. Jimura, T. Kato (2003). "Simultaneous determination of ascorbic acid and dopamine at a sol-gel composite electrode". *Sensors and Actuators B*; 94(1): 73-80.
- N. Gray (2009). "Electrochemistry of dopamine" [Graduate Student Literature Seminar]. Universidad de Alabama, Departamento de Química

Normas para los autores

Normas para los autores

El idioma oficial de la revista es el español, aunque podría considerarse artículos en idioma inglés para que alcance una mayor audiencia, el (los) autor (es) pudiese (n) solicitar el anexo de la traducción del artículo en otro idioma diferente a los citados anteriormente.

Criterios de Evaluación

Condiciones Generales:

Las contribuciones técnicas que se publiquen deberán estar enmarcadas en los requisitos fijados por la presente norma y aceptadas por el Comité Editorial.

Los trabajos publicados en **RITE** son de su propiedad, con las excepciones que se estipulan en el Convenio de Publicación y no podrán ser reproducidas por ningún medio sin la autorización escrita del editor.

Los autores deberán indicar nombre y apellido, título académico, lugar de trabajo, cargo que desempeñan y dirección completa y correo electrónico.

Contribuciones

El comité editorial acepta siete tipos de contribuciones para publicación: artículos

técnicos, artículos de ingeniería aplicada, comunicaciones, revisiones, notas técnicas, y artículos de difusión.

Artículos Técnicos:

Son aquellas contribuciones que además de informar novedades y adelantos en las especialidades que abarca RITE, son el resultado de un trabajo de investigación, bien sea bibliográfico o experimental, en el que se han obtenido resultados, se discutieron y se llegaron a conclusiones que signifiquen un aporte significativo en Ciencia, Tecnología y Artículos de difusión.

Artículos de ingeniería aplicada y educación:

Son el resultado de trabajos de grado (Especialización, maestría y doctorado) o de investigación en el ámbito universitario e industrial, bien sea experimental y/o no experimental, que signifiquen un aporte tecnológico para la resolución de problemas específicos en el sector industrial y en educación.

Comunicaciones:

Son reportes de resultados originales de investigaciones de cualquier campo de la

educación, las ciencias básicas o aplicadas, dirigidas a una audiencia especializada. Podrá ser de hasta 6 cuartillas.

Revisiones:

Son artículos solicitados por invitación del comité editorial y comentan la literatura más reciente sobre un tema especializado en particular.

Notas técnicas:

Son aquellas contribuciones producción de investigación destinadas a informar novedades y/o adelantos en las especialidades que abarca RITE. Podrán presentarse en una extensión máxima de (10) cuartillas, incluyendo un máximo de 10 figuras y tablas, las que deberán cumplir las condiciones que para ellas se establece en el aparte 5.

Artículos de difusión:

Son aquellos que reportan una idea con hechos de actualidad, relacionada con la proyección de la revista, sin entrar en detalles.

El comité editorial se reserva el derecho de seleccionar los artículos técnicos, de educación y los de ingeniería aplicada consignados para publicación, después de consultar por lo menos a dos árbitros.

Ensayos:

Son textos que analizan, interpretan o evalúan un tema de investigación en particular. Debe presentar argumentos y opiniones sustentadas.

Los artículos remitidos para su publicación tienen que ser inéditos. No serán aceptados aquellos que contengan material que haya sido reportado en otras publicaciones o que hubieran sido ofrecidos por el autor o los autores a otros órganos de difusión nacional o internacional para su publicación.

Normas para la presentación de artículos y documentos:

Todas las contribuciones deberán

prepararse en procesador de palabras Microsoft office Word a espacio 1,5 en papel tamaño carta, tipo de letra Arial, tamaño 12, con todos los márgenes de 2,5 cm, anexando su versión digital.

Los artículos técnicos, los de educación y los de ingeniería aplicada deberán tener una extensión mínima de 20 páginas, incluyendo un máximo de 10 ilustraciones (figura + tablas)

Composición

Los artículos técnicos y de ingeniería aplicada deberán ordenarse en las siguientes secciones: título en español, nombre completo de autores, resumen en español y palabras clave, título en inglés, resumen en inglés (Abstract) y (Key words), introducción, desarrollo, conclusiones, referencias bibliográficas.

Título en español:

Debe ser breve, preciso y codificable, sin abreviaturas, paréntesis, formulas ni caracteres desconocidos, que contenga la menor cantidad de palabras que expresen el tema que trata el artículo y pueda ser registrado en índices internacionales. El autor deberá indicar también un título más breve para ser utilizado como encabezamiento de cada página.

Nombre completo de los autores:

Además de indicar nombre y apellido de los autores, en página aparte se citará título académico, lugar de trabajo, cargo y dirección completa, incluyendo teléfono y correo electrónico.

Resumen en español y palabras claves:

Señalando en forma concisa los objetivos, metodología, resultados y conclusiones más relevantes del estudio, con una extensión máxima de 200 palabras. No debe contener abreviaturas ni referencias bibliográficas y su contenido se debe poder entender sin tener que recurrir al texto, tablas y figuras. Al final del resumen incluir de 3 a 5 palabras claves que describan el tema del

trabajo, con el fin de facilitar la inclusión en los índices internacionales.

Títulos, resumen y palabras en inglés:

(*Abstract y keywords*). Es la versión en inglés de título, resumen y palabras clave en español.

Introducción:

En ella se expone el fundamento del estudio, el estado del arte en forma concisa, planteamiento del problema y objetivo del trabajo.

Desarrollo:

Se presenta en diversas secciones:

Métodos y Materiales:

Donde se describe el diseño de la investigación y se explica cómo se llevó a la práctica, las especificaciones técnicas de los materiales, cantidades y métodos de preparación.

Resultados:

Donde se presenta la información pertinente a los objetivos del estudio y los hallazgos en secuencia lógica.

Discusión de resultados:

Donde se examinarán e interpretarán los resultados que permitan sacar las conclusiones derivadas de esos resultados con los respectivos argumentos que las sustentan.

Conclusiones:

En este aparte se resume, sin los argumentos que las soportan, los logros extraídos en la discusión de los resultados, expresadas en frases cortas, sucintas.

Referencias Bibliográficas:

Debe evitarse toda referencia a comunicaciones y documentos privados de difusión limitada, no universalmente accesibles, las referencias deben ser citadas

y numeradas secuencialmente en el texto con números arábigos entre corchetes. (Sistema orden de citación), al final del artículo se indicarán las fuentes, como se expresa a continuación, en el mismo orden en que fueron citadas en el texto, según se trate de:

Libros:

Autor (es) (apellidos e iniciales de los nombres), (año), título, número de tomo o volumen (si hubiera más de uno), número de edición (2da en adelante), lugar de edición, (ciudad), nombre de la editorial, número(s) de páginas(s).

Artículos de revistas:

Autor(es) del artículo (apellido e iniciales de los nombres), año, título del artículo, nombre de la revista, número de volumen, número del ejemplar, número(s) de páginas(s).

Trabajos presentados en eventos:

Autor(es), (apellido e iniciales de los nombres), título del trabajo, nombre del evento, fecha, número(s) de página (s).

Publicaciones en medio electrónicos:

Si se trata de información consultada en internet, se consignarán todos los datos como se indica para libros, artículos de revistas y trabajos presentados en eventos, agregando página web y fecha de actualización; si se trata de otros medios electrónicos, se indicarán los datos que faciliten la localización de la publicación.

Ilustraciones:

Incluir en el texto un máximo de 12 (doce) ilustraciones (figuras y tablas).

Figuras:

Todos los gráficos, dibujos, fotografía, esquemas deberán ser llamados figuras y enumerados con números arábigos en orden correlativo, con la leyenda explicativa que no se limite a un título o a una referencia

del texto en la parte inferior y ubicadas inmediatamente después del párrafo en que se cita en el texto.

Las fotografías deben ser nitidez y bien contrastadas, sin zonas demasiado oscuras o extremadamente claras.

Tablas:

Las tablas deberán enumerarse con números arábigos y leyendas en la parte superior y ubicarse inmediatamente después del párrafo en el que se citan en el texto. Igual que para las figuras, las leyendas deberán ser explicativas y no limitarse a un título o a una referencia del texto.

Unidades:

Se recomienda usar las unidades del sistema métrico decimal, si hubiera necesidad de usar unidades del sistema anglosajón (pulgadas, libras, etc.), se deberán indicar las equivalencias en el sistema métrico decimal.

Siglas y abreviaturas:

Si se emplean siglas y abreviaturas poco conocidas, se indicará su significado la primera vez que se mencionen en el texto y en las demás menciones bastará con la sigla o la abreviatura.

Formulas y ecuaciones:

Los artículos que contengan ecuaciones y formulas en carácter arábigos deberán ser generados por editores de ecuaciones actualizados con numeración a la derecha.

Normas técnicas del diseño

Diseño y versión:

- Formato electrónica.
- Debe respetarse la diagramación establecida y los originales publicados en las ediciones de esta Revista son propiedad del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y de las Artes (CDCHTA) de la Universidad de Los Andes, siendo necesario citar la procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

Sitio Web

WebRepositorio Institucional SaberULA
(www.saber.ula.ve).

Dirección institucional

Contactos Hacienda Judibana. Kilómetro 10, Sector La Pedregosa. El Vigía - 5145- Edo. Mérida.

Contactos

Tel: 0275-8817920/0414-0078283

e-mail

riteula2017@gmail.com

Pedregosa. El Vigía-5145-Edo Mérida.

Contacto:

Tel: 0275-8817920/0414-0078283

El Consejo de Desarrollo, Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes de la ULA es el organismo encargado de promover, financiar y difundir la actividad investigativa en los campos científicos, humanísticos, sociales y tecnológicos, humanísticos y de las artes



Objetivos Generales del CDCHTA

El CDCHTA de la Universidad de Los Andes desarrolla políticas centradas en tres grandes objetivos:

- Apoyar al investigador y a su generación de relevo.
- Fomentar la investigación en todas las unidades académicas de la ULA, relacionando la docencia con la investigación.
- Vincular la investigación con las necesidades del país.

Objetivos Específicos

- Proponer políticas de investigación y de desarrollo científico, humanístico y tecnológico para la Universidad y presentarlas al Consejo Universitario para su consideración y aprobación.
- Presentar a los Consejos de Facultad y Núcleos Universitarios, a través de las comisiones respectivas, proposiciones para el desarrollo y mejoramiento de la investigación en la Universidad.
- Estimular la producción científica (publicaciones, patentes) de los investigadores, creando para ello una sección que facilite la publicación de los trabajos científicos.
- Auspiciar y organizar eventos para la promoción y evaluación de la investigación y proponer la creación de premios, menciones, certificaciones, etc., que sirvan de estímulo para la superación de los investigadores.
- Emitir opinión a solicitud del Consejo Universitario, sobre los proyectos de creación, modificación, o su presión de centros o institutos de investigación.
- Elevar opinión ante el Consejo Universitario, previa recomendación de las comisiones, sobre los proyectos de convenio con otras instituciones para propiciar el desarrollo de la investigación.

Estructura

- Vicerrector Académico, Coordinador del CDCHTA.
- Comisión Humanística y Científica.
- Comisiones Asesoras: Publicaciones, Talleres y Mantenimiento, Seminarios en el Exterior, Comité de Bioética.
- Nueve subcomisiones técnicas asesoras.

Proyectos.

- Seminarios.
- Publicaciones.
- Talleres y Mantenimiento.
- Apoyo a Unidades de Trabajo.
- Equipamiento Conjunto.
- Promoción y Difusión.
- Apoyo Directo a Grupos (ADG).
- Programa Estímulo al Investigador (PEI).
- PPI-Emeritus.
- Premio Estímulo Talleres y Mantenimiento.
- Proyectos Institucionales Cooperativos.
- Aporte Red Satelital.
- Gerencia.

*Esta versión electrónica de **La Revista de Ingeniería y Tecnología Educativa (RITE)**, realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición electrónica en el **Volúmen 1, N° 1**, publicada en el repositorio institucional saberula Universidad de Los Andes – Venezuela
www.saber.ula.ve
info@saber.ula.ve*