

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, JUNIO 2019, NÚMERO 26

ISSN: 2007-8196



"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

"La ciencia no cesa"

Sigue aportando avances en metodologías mediante el desarrollo de estudios que permitan un análisis orientado a encontrar mejores técnicas y aplicaciones en microbiología y micro arreglos de identificación en pro de facilitar conclusiones y respuestas eficaces de interés.

INVESTIGACIÓN

- Sobre cadenas de Markov y su potencial en las aplicaciones.
- Análisis y diseño de mejora de desempeño estructural de pérgolas.
- Contribución al conocimiento de especies apibotánicas en dos regiones de Mezquital, Dgo., Mex..

DESDE LA ACADEMIA

- Microarreglos de ADN: aplicaciones en la microbiología.
- Electroforésis: fundamentos, avances y aplicaciones.

CTS EPISTEMUS

- Habitabilidad de pertenencia.
- "Vivienda y patrimonio edificado en el Estado de Sonora".

Indexada en:



DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS



Red
Iberoamericana
de Innovación y
Conocimiento
Científico

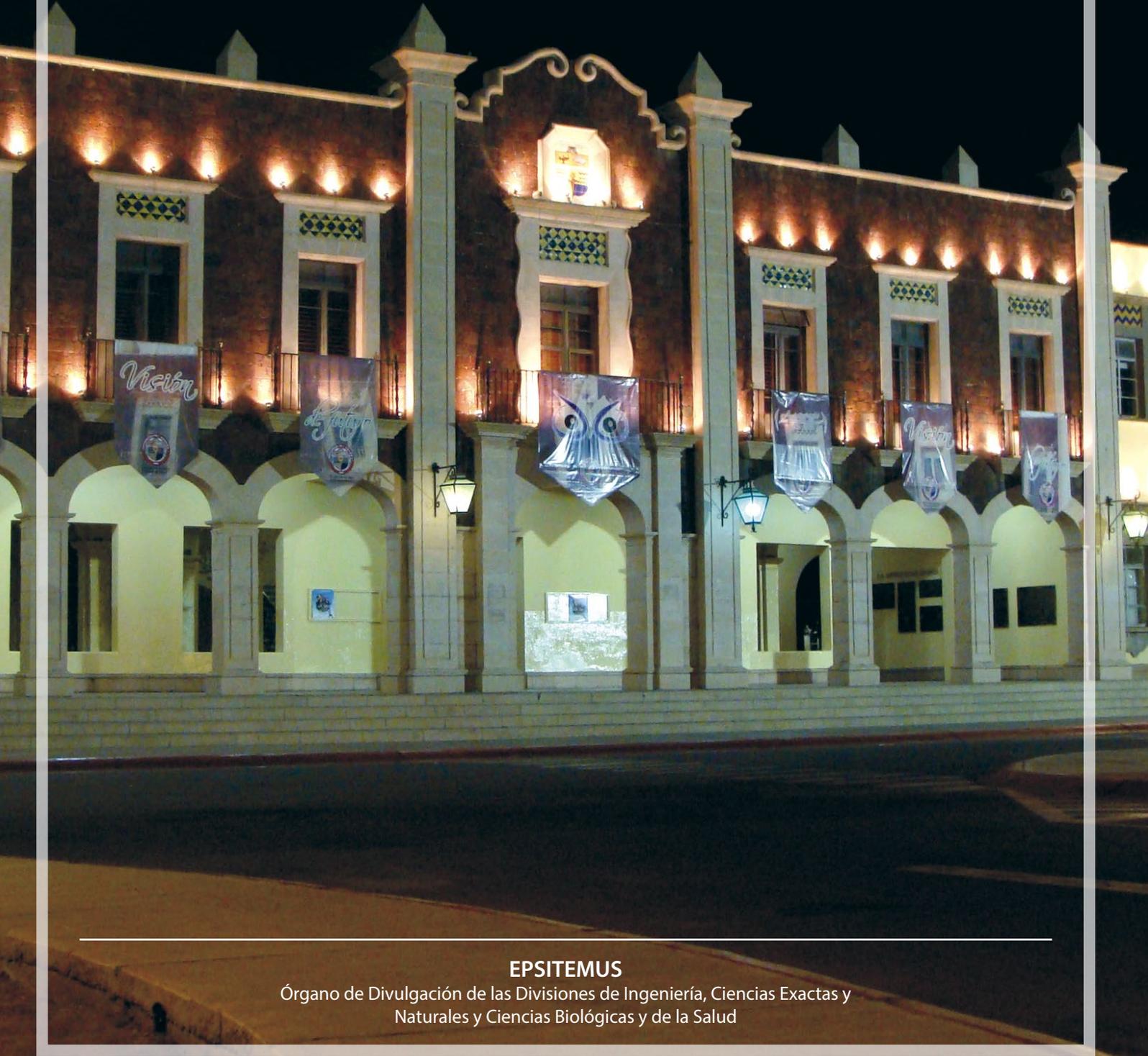


PERIÓDICA





“El saber de mis hijos
hará mi grandeza”



EPSITEMUS

Órgano de Divulgación de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud



CONTENIDO

CONTENIDO	1
DIRECTORIO	2
EDITORIAL	3
BASES	4

INVESTIGACIÓN



SOBRE CADENAS DE MARKOV Y SU POTENCIAL EN LAS APLICACIONES	7
LUZ DEL CARMEN ROSAS ROSAS JOVAN ISRAEL SEGUNDO ROSAS	



ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEJORA DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PÉRGOLAS	13
DRA. GEMA KARINA IBARRA TORÚA, M.I. DAVID RUIZ AGUIRRE, DR. DAGOBERTO BURGOS FLORES, ILSE IRENE YEPIS OSUNA	



CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE ESPECIES APIBOTÁNICAS EN DOS REGIONES DE MEZQUITAL, DGO., MEX.	22
DAVID RAMÍREZ NOYA MARÍA P. GONZÁLEZ CASTILLO	



PREDICCIÓN DEL NÚMERO DE PAROS DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENSAMBLE	29
GILBERTO ORRANTIA-DANIEL, JAIME SÁNCHEZ-LEAL, JORGE DE LA RIVA-RODRÍGUEZ, MANUEL RODRÍGUEZ-MEDINA, ROSA MARÍA REYES-MARTÍNEZ	



CRISPR/CAS: EL FUTURO DE LA EDICIÓN GENÉTICA	36
DANIEL MAYBOCA PADILLA DANIEL FLORES RUIZ	

DESDE LA ACADEMIA



MICROARREGLOS DE ADN: APLICACIONES EN LA MICROBIOLOGÍA	42
MANUEL EVERARDO REYNA MURRIETA JOSÉ FRANCISCO VALENZUELA SÁNCHEZ	



ELECTROFORÉISIS: FUNDAMENTOS, AVANCES Y APLICACIONES	48
MONTALVO NAVARRO CARLOS ANTONIO LUGO FLORES MARCO ANTONIO	



IDENTIFICACIÓN DEL GEN MECA POR PCR Y PCR-RT DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS	55
PATRICIA PALAFOX RIVERA MICHEL PALAFOX FÉLIX JORGE ALBERTO PERALTA MENDOZA	



CONTENIDO INTERACTIVO CON H5P	59
SERGIO RAMÓN ROSSETTI LÓPEZ MA. TERESA GARCÍA RAMÍREZ ISAAC SHAMIR ROJAS RODRIGUEZ ADELINA MORITA ALEXANDER ALBERTO OLGUÍN MORENO	



SIMULACIÓN DE DISTRIBUCIONES MUESTRALES	63
VÍCTOR A. NORIEGA ORTIZ	

CTS-EPISTEMUS



HABILABILIDAD DE PERTENENCIA	71
CARLOS VICENTE TOSTADO COSÍO	



“VIVIENDA Y PATRIMONIO EDIFICADO EN EL ESTADO DE SONORA”	84
LUIS ANTONIO URÍAS DE LA VEGA	

EPISTEMUS

UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 13, No. 26, enero-junio 2019, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592105, (662)2592183 ext. 2650, www.epistemus.uson.mx, revista.epistemus@correom.uson.mx. Editor ejecutivo: M.A. Jesús Fernando García Arvizu. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-101809564100-203. ISSN: 2007-8196 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número; Dirección de Informática de la Universidad de Sonora; fecha de la última modificación 28 de junio del 2019.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la presente publicación siempre y cuando se cite plenamente la fuente.

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662)2592155, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx. uson.mx, At'n. M.A. Jesús Fernando García Arvizu, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en el Directory of Open Access Journal (DOAJ), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (Biblat).

REVISTA EPISTEMUS

Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 2592155.
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Atn. Dr. Jesús Fernando García Arvizu
Editor Ejecutivo



UNIVERSIDAD DE SONORA

Dr. Enrique F. Velázquez Contreras
Rector

Dra. Arminda Guadalupe García de León Peñúñuri
Secretaria General Académica

Dra. Rosa María Montesinos Cisneros
Secretaria General Administrativa

Dra. María Rita Plancarte Martínez
Vicerrectora de la Unidad Regional Centro

Dr. Rodolfo Basurto Álvarez
Director de Vinculación y Difusión

DIRECCIÓN GENERAL

Dr. Martín Antonio Encinas Romero
Dr. Juan Carlos Gálvez Ruíz
Dr. Rodrigo Melendrez Amavizca

EDITOR EJECUTIVO

M.A. Jesús Fernando García Arvizu
revista.epistemus@correom.uson.mx

COMITÉ EDITORIAL

Dr. José Luis Ochoa Hernández
Secretario del Comité Editorial

Dra. Erica Silva Campa

Dr. Raúl Sánchez Seferino
División de Ciencias Exactas y Naturales

M.A. Jesús Fernando García Arvizu
División de Ingeniería

Dr. José Manuel Galván Moroyoqui

Dr. Felipe Medrano Valenzuela
División de Ciencias Biológicas y de la Salud

CORRECCIÓN DE ESTILO

M.C. Fermín González Gaxiola
Depto. de Letras y Lingüística
Universidad de Sonora

DISEÑO

L.D.G. José Benito Montaña Dórame

IMPRESIÓN

COLOR EXPRESS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
12 de octubre No. 130, C.P. 83190
Col. San Benito, Hermosillo, Sonora, México

PÁGINA WEB

<http://www.epistemus.uson.mx/>

Hace ya casi cuatro años que aceptamos la responsabilidad del proceso de edición de la Revista *Epistemus. Ciencia, Tecnología y Salud*. Confiamos entonces, en apoyarnos en la tradición académica lograda por la revista, tradición que se había logrado, gracias sobre todo a sus autores, evaluadores y lectores, pero también al trabajo continuo de los comités editoriales que nos precedieron. Desde el primer momento también se formó un Comité Editorial comprometido y una comunidad científica de árbitros, que realiza un trabajo muy poco reconocido, y que sostienen el funcionamiento no sólo de esta revista sino también el de otras publicaciones universitarias basadas en la evaluación por pares.

Gracias a ellos, ha sido posible que *Epistemus* no sólo haya mantenido su presencia en la comunidad académica, sino que haya sido capaz de, conservar su identidad, adaptarse a los requerimientos progresivos de la producción científica y a sus nuevas formas. Estamos seguros de que el nuevo equipo editorial, pronto seguirá con el proceso de transformar la gestión editorial de *Epistemus* al tiempo que mantendrá su identidad académica, con el objetivo de seguir siendo, como todos estos años, un espacio privilegiado para divulgar el conocimiento que se genera y enseña en nuestra Universidad y otras Instituciones de Educación Superior en el ámbito de la comunidad Mexicana y Latinoamericana.

Desde que asumimos la gestión de la revista en 2013, hasta este volumen, se realizaron cambios que han mantenido una relación estrecha con el funcionamiento de la revista. En primer lugar, como muy

bien saben los autores y evaluadores, todo el proceso editorial de recepción y evaluación de originales, pasó por un proceso de cambio. En segundo lugar, durante estos años la revista, ha logrado ingresar a bases de datos internacionales relevantes, como LATINDEX, DOAJ y REDIB y se encuentra a través de estas bases referenciada en otras como el *Open Access Infrastructure for Research in Europe* (OPeAire), y en la *Red de Universidades de Iberoamérica* (Universia), por mencionar dos de importancia, lo que le da una amplia visibilidad y al mismo tiempo un reconocimiento a su relevancia científica aunque, también representa un reto para, no sólo mantenerla, sino, aumentar en lo posible el índice de impacto.

En este momento de transición hacemos un reconocimiento a los Directores de las Divisiones de Ciencias Exactas y Naturales, de Ingeniería, y de Ciencias Biológicas y de la Salud que hacen posible con su apoyo y financiamiento el proceso de edición. Señalamos también, que la revista es y debe seguir siendo parte de la comunidad académica, y es a esa comunidad a quién le corresponde, proponer nuevas líneas editoriales que ayuden a conservar la trayectoria de *Epistemus*.

Sólo nos resta exhortar a los autores para que contribuyan a este empeño, con el envío de contribuciones cada vez mejores, así como a los lectores para que hagan llegar al Comité Editorial sus valiosas sugerencias. Por último esperamos que el nuevo comité disfrute tanto como nosotros la excitante tarea de la edición de la revista.

Atentamente
Comité Editorial



POLÍTICA EDITORIAL

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas como pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país; por eso es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distingue a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento y su impacto en la sociedad. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crearon el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer las investigaciones realizadas o en proceso, las actividades académicas, las reflexiones en torno a la ciencia, la tecnología y la salud.

OBJETIVO

Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno.

DIRIGIDA A

Está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de las Ingenierías, las Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y la Salud, y a todos aquellos profesionales que desarrollan la ciencia y la aplican en estas áreas.

SECCIONES DE LA REVISTA

La revista publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, en las siguientes secciones:

Investigación

Incluye resultados de proyectos de investigación y quiere mostrar la metodología del caso.

Divulgación

- **Desde la academia.** Comprende los temas relacionados con el quehacer académico, ensayos, reseñas, desarrollo de problemas, temas de la vida académica y su relación con el entorno.
- **Políticas de Ciencia y Tecnología.** Incluye temas que tienen que ver con el análisis de las políticas en materia de ciencia y tecnología, la relación entre la investigación y el desarrollo, la innovación y las políticas públicas.
- **Ciencia, Tecnología y Sociedad.** Se trata de promover una cultura científica, tecnológica, de la salud y de la sociedad, abordando diversos temas específicos que inviten a la reflexión, y/o al análisis para comprender el conocimiento.

ARBITRAJE

Cada trabajo será revisado por integrantes del Comité Editorial, y una vez que el trabajo sea considerado pertinente, se someterá al proceso de revisión en doble ciego por al menos dos especialistas en el área al que corresponde el artículo. Estos pares académicos deben ser de una institución diferente a la(s) institución(es) de origen del artículo. En caso de que los dictámenes de los especialistas sean contradictorios, el artículo se someterá al Consejo Editorial, o bien se solicitará una evaluación adicional.

- **La decisión podrá ser:** Aceptado, Condicionado o Rechazado.

El dictamen, será comunicado por escrito exclusivamente al autor corresponsal, en un plazo no mayor a tres meses, a partir de la fecha de recepción del original.

EXCLUSIVIDAD

Todos los textos deberán ser originales e inéditos, enviando declaratoria de originalidad (http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Carta_originalidad.docx) y de no presentarse en paralelo para otras publicaciones. Se deberá asumir la responsabilidad si se detecta falsificación de datos y falta de autenticidad en la publicación.

DERECHOS DE AUTOR

La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos sólo para difusión sin ningún fin de lucro, sin menoscabo de los propios derechos de autoría.

Los autores son los legítimos titulares de los derechos de propiedad intelectual de sus respectivos artículos, y en tal calidad, al enviar sus textos expresan su deseo de colaborar con la Revista Epistemus, editada semestralmente por la Universidad de Sonora.

Por lo anterior, de manera libre, voluntaria y a título gratuito, una vez aceptado el artículo para su publicación, ceden sus derechos a la Universidad de Sonora para que la Universidad de Sonora edite, publique, distribuya y ponga a disposición a través de intranets, internet o CD dicha obra, sin limitación alguna de forma o tiempo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y con la obligación expresa de respetar y mencionar el crédito que corresponde a los autores en cualquier utilización que se haga del mismo.

Queda entendido que esta autorización no es una cesión o transmisión de alguno de sus derechos patrimoniales en favor de la mencionada institución. La Universidad de Sonora le garantiza el derecho de reproducir la contribución por cualquier medio en el cual usted sea el autor, sujeto a que se otorgue el crédito correspondiente a la publicación original de la contribución en Epistemus.

Salvo indicación contraria, todos los contenidos de la edición electrónica se distribuyen bajo una licencia de uso

y Creative Commons — Attribution-NonCommercial 4.0 International — CC BY-NC 4.0. Puede consultar desde aquí la versión informativa y el texto legal de la licencia. Esta circunstancia ha de hacerse constar expresamente de esta forma cuando sea necesario.

FORMATO GENERAL

- 1. Título:** de la colaboración, máximo de 12 palabras. Escrito en los idiomas Español e Inglés. Debe representar el contenido del artículo y permitir al lector situarse en el contexto específico que aborda.
- 2. Nombre(s) de los autores:** en mayúsculas, separados por una coma, sin grados. Máximo 5 autores.
- 3. Resumen:** Aproximadamente de 100 a 150 palabras, colocado después de los autores del artículo. Debe contener información concisa de principales resultados, métodos y conclusiones.
- 4. Palabras clave:** Mínimo 3 y máximo 5.
- 5. Abstract:** La traducción al inglés del resumen es responsabilidad del autor.
- 6. Keywords:** Mínimo 3 y máximo 5. La traducción al inglés es responsabilidad del autor.
- 7. Nombre(es) de los autores:** ámbito disciplinar, institución académica, dirección de correo electrónico de autor(es).
- 8. Estructura deseable para artículos de investigación** (Extensión máxima de 3500 palabras y hasta 20 cuartillas):
 - A. Introducción.
 - B. Objetivo.
 - C. Planteamiento del problema.
 - D. Método de trabajo.
 - E. Resultados.
 - F. Discusión.
 - G. Conclusiones.
- 9. Estructura deseable para artículos de divulgación** (Extensión máxima de 3000 palabras y hasta 15 cuartillas):
 - A. Introducción.
 - B. Desarrollo.
 - C. Conclusiones.
- 10. Citas y referencias:** Preferentemente de los últimos 5 años; deben seguir el formato IEEE (http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Biography_IEEE.pdf) e ir al final de la colaboración.
- 11. Contenido:** Elaborado en Microsoft Word de Windows. Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. Para las expresiones matemáticas debe usarse un editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.
- 12. Tablas, fotos y gráficos:** Se deben incluir en archivos separados. Incluir el título (como nombre Figura1.ext).

Fotos y gráficos en formato jpg o tif con una resolución (en puntos por pulgada) de 300 ppp para imágenes a escala de grises o color, 600 ppp para combinaciones imagen texto o 1,200 ppp para imágenes a línea; las tablas en Excel. Las imágenes deben ser originales o de licencia creative commons (libres de regalías).

- 13.** Bajar la plantilla con el formato general para el documento: Para desarrollar el artículo se encuentra una plantilla establecida de acuerdo a las características de los artículos. En la liga http://www.epistemus.uson.mx/cartas/Plantilla_Epistemus.docx se puede encontrar la plantilla en Word para la publicación de los trabajos.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO

Esta revista proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.

Esta revista no aplica ningún cargo económico ni en la entrega de artículos ni para la producción editorial de los artículos.

CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Comité Editorial de la publicación. Las imágenes son responsabilidad de los autores y o de la imprenta que realiza el diseño. El Comité Editorial declina toda responsabilidad por los derechos que pudieran derivarse de ellas.

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

Los artículos se reciben durante todo el año de manera electrónica en el correo:

revista.epistemus@correom.uson.mx

- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

MAYORES INFORMES AL CORREO Y PÁGINA WEB

revista.epistemus@correom.uson.mx

www.epistemus.uson.mx

Dr. Enrique Fernando Velázquez Contreras

Rector de la Universidad de Sonora

2017 – 2021



Originario de Hermosillo, Sonora, el Dr. Enrique F. Velázquez Contreras cursó sus estudios de licenciatura en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas dentro de la carrera de Químico Biólogo con especialidad en Análisis Clínicos, para posteriormente cursar sus estudios de maestría y doctorado en el Programa de Posgrado en Ciencias de Materiales, Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales.

A desarrollado diversas actividades académicas, entre ellas como auxiliar de laboratorio y profesor de asignatura en el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica, y dentro de la Universidad de Sonora incluye participación como Profesor de Asignatura y posteriormente de tiempo completo en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas (1985 – 1992), y a partir de 1992 como Investigador de Tiempo Completo, del Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales formando parte del Cuerpo Académico “Química Supramolecular”, reconocido como Cuerpo Académico Consolidado por PROMEP.

Ha dirigido 8 tesis de licenciatura, 3 de maestría y 2 de doctorado, participando asimismo en 16 jurado de tesis de posgrado, incluyendo 3 como sinodal externo en el Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Tijuana y 3 en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Como producto de su trabajo académico y de investigación, el Dr. Velázquez Contreras cuenta con más de 17 artículos científicos publicados en revistas indexadas de circulación internacional, con 113 citas independientes a sus publicaciones. Lo anterior le ha hecho merecedor de distinciones tales como el Reconocimiento de Profesor con Perfil Deseable otorgado por la Subsecretaría de Educación Superior e Investigación

Científica (SESI), y ser miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1998, contando actualmente con el nivel 1.

En el ámbito administrativo y colegiado, fungió como miembro de los Comités de Evaluación de los Programas Integrantes de Fortalecimiento Institucional (PIFI) de la SESIC, como miembro de los Comités de Evaluación de los Programas Integrales de Fortalecimiento del Posgrado (PIFOP) de CONACyT, así como miembro del jurado del Premio Nacional de Química “Andrés Manuel del Río”, otorgado por la Sociedad de Química de México. A la fecha, es miembro activo del Comité de Ciencias Naturales y Exactas de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIIES), participa como evaluador del Comité de Ingeniería y Tecnología de los CIIES, así como evaluador del Comité de Biología y Química de CONACyT.

Cuenta también con experiencia en Administración Académica dentro de la Universidad de Sonora, ejerciendo diversos cargos entre ellos, Secretario Administrativo del Departamento de Ciencias Químico Biológicas (1987 – 1991), Secretario Académico del Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales (1992 – 1995), Director de la División de Ingeniería (1995 – 1999), Coordinador de los Programas de Posgrado en Ciencia de Materiales (2000 – 2001), y como Secretario General Académico (2001 – 2017).

En Junio de 2017, la Junta Universitaria lo elige por mayoría de votos como rector de la máxima casa de estudios del estado de Sonora, por el periodo comprendido del 16 de junio de 2017 al 15 de junio de 2021.

SOBRE CADENAS DE MARKOV Y SU POTENCIAL EN LAS APLICACIONES

On Markov chains and their potential in applications

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Luz del Carmen Rosas Rosas¹
Jovan Israel Segundo Rosas²

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
Luz del Carmen Rosas Rosas
Correo: lcrosas@mat.uson.mx

Resumen

En este artículo se presenta una muestra sobre la relevante herramienta proporcionada por la teoría de probabilidad, específicamente a través de las cadenas de Markov. Considerando la importancia de dicho concepto matemático, el propósito fundamental de este trabajo es el de ofrecer un breve panorama en el que se contemplan, tanto los elementos generales que caracterizan a tales procesos, concretamente en el caso de tiempo discreto, así como la inclusión de algunos ejemplos ilustrativos de su amplia gama de aplicaciones.

Palabras clave: Cadena de Markov, Espacio de estados, Probabilidad de Transición, Matriz de transición, Distribución inicial.

Abstract

In this paper we present a sample about the relevance of the tool provided by probability theory, specifically through the Markov chains. According to the importance of this mathematical concept, the main purpose of this work is to offer a brief overview of the general elements that characterize such processes in the specific case of discrete time, as well as include some examples of their wide range of applications.

Keywords: Markov chain, States space, Transition probability, Transition matrix, Initial distribution.

¹ Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora, México. Correo: lcrosas@mat.uson.mx

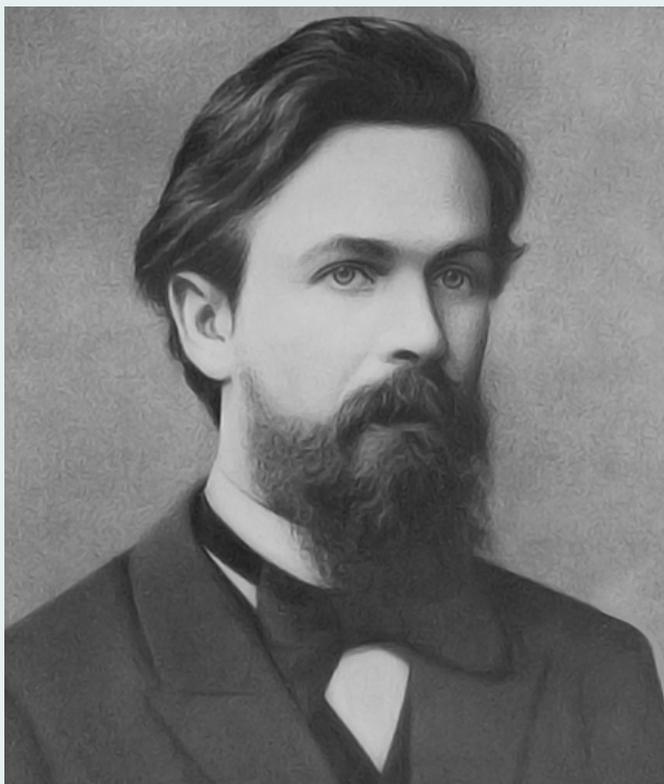
² Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora, México. Correo: jovan.kakashi@gmail.com



INTRODUCCIÓN

En el análisis de diversos fenómenos reales que de alguna forma se ven impactados por la incertidumbre, con frecuencia se requiere trabajar un esquema de variables aleatorias (v.a.'s) que dependen del tiempo, como podría ser por ejemplo:

- ▶ la demanda semanal de una clase específica de artículo,
- ▶ el número de pólizas reclamadas anualmente ante cierta aseguradora,
- ▶ la concentración diaria de un contaminante dado en determinado acuífero,
- ▶ el número de denuncias mensuales por violencia de género registradas en cierta región,
- ▶ el estado del tiempo en determinada región diariamente,
- ▶ el número de niñas que reciben la dosis correspondiente de la vacuna de VPH por año, entre otros. De hecho, en nuestro caso particular las cadenas de Markov proporcionan modelos estocásticos de gran utilidad para el análisis y la predicción del comportamiento a corto o a largo plazo, para cierta clase de sistemas que evolucionan en el tiempo de forma no determinista, en torno por supuesto a un conjunto de estados fijo y a lo más numerable.



Andrei A. Markov 1856-1922

Con fundamento en lo publicado por J. J. O'Connor y E. F. Robertson [1], cabe destacar que alrededor de 1905

el matemático de origen ruso Andrei Andreyevich Markov (1856-1922) desarrolló la teoría formal de cadenas de Markov desde un punto de vista matemático, lo cual dio pie a una nueva rama de la probabilidad, originándose así la teoría de procesos estocásticos, tal como lo comenta L. Rincón [2]. Y de hecho, las cadenas de Markov pueden aplicarse al estudio y resolución de problemas asociados a fenómenos aleatorios reales que surgen de áreas tan diversas como Economía, Meteorología, Epidemiología, Genética e Ingenierías, etc. Por otra parte, en un terreno menos informal podemos decir que las cadenas de Markov forman una clase de procesos estocásticos cuyo espacio de estados es numerable, y que como todo proceso de Markov, poseen la característica general de que la probabilidad del futuro, dado el presente y el pasado, depende únicamente de la información su el estado presente.

DESCRIPCIÓN

Preliminares

Básicamente, un proceso estocástico (PE) consiste de una familia $\{X_t: t \in T\}$ de v.a.'s parametrizadas por el factor tiempo y definidas en un espacio de probabilidad común (Ω, \mathcal{F}, P) fijo, tal como lo presentan Z. Brzezniak y T. Zastawniak [3], de manera que toman valores en un conjunto común S llamado *espacio de estados* del PE, tal como lo define O. Hernández-Lerma [4]. A fin de ilustrar este útil concepto podríamos citar por ejemplo, la clase de sistemas dinámicos en que intervienen elementos aleatorios cuyo propósito consiste en representar cierto tipo de incertidumbre, misma que influye de forma determinante en el comportamiento del sistema en cuestión; o bien, algunos problemas relacionados con la toma secuencial de decisiones en diversas etapas, las cuales dependen de que ocurran o no eventos aleatorios específicos durante el desarrollo del proceso en el tiempo, situación que hace evidente su relación con el factor incertidumbre. Tal es el caso por ejemplo, en: predicciones de contextos económicos, patrones de compra por parte de la clientela, estimación de indicadores, pronósticos de votaciones, administración de inventarios, proyecciones demográficas, solo por mencionar algunos escenarios que admiten dicha clase de ambiente.

De hecho, para el estudio de ese tipo de procesos es conveniente clasificarlos, ya sea dependiendo de su espacio de estados, o bien, de su conjunto de parámetros (generalmente el tiempo en que se observa), etc. En particular, aquí consideramos cadenas de Markov a tiempo discreto, como es el caso que incluye O. Hernández-Lerma [5], y que no es más que una clase de PE's de la forma

$$\mathbf{X} := \{X_n: n \in \mathbb{N}_0\}, \quad \mathbb{N}_0 := \{0, 1, \dots\}, \quad (1)$$

con espacio de estados discreto dado por $S := \{x_0, x_1, \dots\}$ y, tal que se caracteriza por registrar una *memoria a corto plazo* llamada propiedad de Markov, esto es, para cada colección de estados $x_0, \dots, x_{n-1}, x, y \in S$ se verifica la

siguiente identidad entre probabilidades condicionales

$$P(X_{n+1}=y | X_n = x, X_{n-1} = x_{n-1}, \dots, X_0 = x_0) = P(X_{n+1} = y | X_n = x) \quad \forall n \in \mathbb{N}_0. \quad (2)$$

De hecho, $X_n = x$ significa que al tiempo de la n -ésima etapa el estado del sistema es x . Además, se dice que la cadena de Markov \mathbf{X} es finita siempre que \mathbb{S} sea finito.

Elementos de una cadena de Markov

Dada una cadena de Markov \mathbf{X} a tiempo discretos, para cada pareja de estados $x, y \in \mathbb{S}$, la probabilidad condicional

$$P(x, y) := P(X_{n+1} = y | X_n = x)$$

denota la (función de) **probabilidad de transición** de ir de x a y **en un paso**. En general, las probabilidades de transición no sólo dependen de los estados sino también del instante en el cual se efectúa la transición misma; no obstante, en adelante trataremos únicamente con cadenas de Markov **homogéneas** (en el tiempo), de modo que

$$P(X_{n+1} = y | X_n = x) = P(X_1 = y | X_0 = x) \quad \forall n \in \mathbb{N}_0;$$

luego, si todas las probabilidades de transición son de este tipo diremos que la cadena de Markov (CM) respectiva es **homogénea**.

Definición 1. Se define la **matriz de transición (en un paso)** de la CM \mathbf{X} , como

$$\mathbf{P} := [P(x, y)] := \begin{matrix} & \begin{matrix} x_0 & x_1 & \dots \end{matrix} \\ \begin{matrix} x_0 \\ x_1 \\ \vdots \end{matrix} & \begin{bmatrix} P(x_0, x_0) & P(x_0, x_1) & \dots \\ P(x_1, x_0) & P(x_1, x_1) & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Observación 1. De lo anterior se desprenden las propiedades siguientes:

$$P(x, y) \geq 0 \quad \forall x, y \in \mathbb{S}.$$

$\sum_{y \in \mathbb{S}} P(x, y) = 1 \quad \forall x \in \mathbb{S}$, es decir, cada fila representa una distribución de probabilidad.

En caso de que \mathbb{S} sea finito por contener únicamente k estados ($k \in \mathbb{N} := \mathbb{N}_0 - \{0\}$), entonces \mathbf{P} es una matriz cuadrada de orden k , esto es, con k filas y k columnas.

A manera de visualización supongamos que día a día en determinada región del país para el pronóstico del tiempo solamente se manejan dos estados de interés: *mayormente soleado* (H) siempre que el sol únicamente luce radiante al menos 8 horas al día, o bien, en caso contrario como *nublado* (N), de manera que $\mathbb{S} := \{H, N\}$ y, para lo cual asumiremos que: *i*) en cualquier día el estado del tiempo para el día siguiente depende exclusivamente de las condiciones de hoy, tal como la propiedad (2); *y*, *ii*) para constantes fijas $p, q \in (0,1)$, la matriz de transición y la representación gráfica correspondientes están dadas como sigue

$$\mathbf{P} = \begin{matrix} & \begin{matrix} H & N \end{matrix} \\ \begin{matrix} H \\ N \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1-p & p \\ q & 1-q \end{bmatrix} \end{matrix}$$

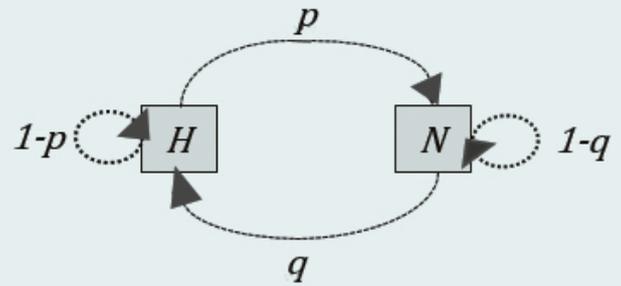


Figura2.

Si para cada $n \in \mathbb{N}_0$, X_n representa el estado del tiempo al n -ésimo día, nótese que:

$$P(X_{n+1} = N | X_n = H) = p = 1 - P(X_{n+1} = H | X_n = H) \quad y$$

$$P(X_{n+1} = H | X_n = N) = q = 1 - P(X_{n+1} = N | X_n = N)$$

Por otra parte, cuando se requiere determinar probabilidades tales como las conjuntas o quizá las marginales, de acuerdo al Teorema de Probabilidad Total así como al de Multiplicación de Probabilidades en su caso, resultan imprescindibles tanto el concepto de probabilidad de transición en n pasos, como el de distribución inicial. De modo que, para una CM \mathbf{X} (a tiempo discreto), específicamente la **probabilidad de transición en n etapas** de ir de x a y (justo después de realizar n transiciones) denotada por $P_n(x, y)$ para cada par de estados $x, y \in \mathbb{S}$ queda definida por

$$P_n(x, y) := P(X_n = y | X_0 = x) \quad \forall n \in \mathbb{N}_0$$

bajo las dos restricciones: $P_1(x, y) = P(x, y)$ y $P_0(x, y) := \delta(x, y)$, donde

$$\delta(x, y) := \begin{cases} 1 & \text{si } y = x, \\ \dots & \\ 0 & \text{si } y \neq x. \end{cases}$$

Asimismo, la suposición sobre homogeneidad sustenta que para cada $x, y \in \mathbb{S}$

$$P_n(x, y) := P(X_{n+m} = y | X_m = x) \quad \forall n, m \in \mathbb{N}_0,$$

y en tal contexto, la **matriz de transición en n pasos** queda expresada como

$$\mathbf{P}_n := [P_n(x, y)] \quad \forall n \in \mathbb{N}_0,$$

donde \mathbf{P}_0 coincide con la matriz identidad ($\mathbf{P}_0 := I$), mientras que, $\mathbf{P}_1 \equiv \mathbf{P}$. Y en consecuencia, como lo presenta por ejemplo M.E. Caballero [6], para cada $n, m \in \mathbb{N}_0$ sin mayor dificultad se obtiene la relación $\mathbf{P}_{n+m} = \mathbf{P}_n \cdot \mathbf{P}_m$, generando un valioso resultado conocido como **ecuaciones de Chapman-Kolmogorov** y cuya expresión detallada (término a término) establece que

$$P_{n+m}(x, y) = \sum_{z \in \mathbb{S}} P_n(x, z) P_m(z, y) \quad \forall x, y \in \mathbb{S}; \quad n, m \in \mathbb{N}_0,$$

de donde, \mathbf{P}_n coincide con \mathbf{P}^n (n -ésima potencia de \mathbf{P}). Por otra parte, para cada $n \in \mathbb{N}$ el vector-renglón $\boldsymbol{\pi}^{(n)} := \{\pi_n(x), x \in \mathbb{S}\}$ representa la distribución en la n -ésima etapa, ya que

$$\pi_n(x) := P(X_n = x), x \in \mathbb{S};$$

de lo cual, para cada $n \in \mathbb{N}$ se desprende que $\sum_{x \in \mathbb{S}} \pi_n(x) = 1$ y $\pi_n(x) \geq 0, x \in \mathbb{S}$. Y en particular, $\boldsymbol{\pi}^{(0)}$ representa la **distribución inicial** para la mencionada CMX. De modo que, tal como lo muestra por ejemplo O. Hernández-Lerma [5], o bien, Sh. M. Ross [7], la evolución de dicha CM está determinada completamente por su matriz de transición y su distribución inicial, denotado esto por CM $(\boldsymbol{\pi}^{(0)}, \mathbf{P})$ Presentamos en la siguiente proposición el resultado correspondiente, y cuya demostración se enmarca en un proceso inductivo (sobre n), con sustento en el Teorema de Multiplicación de Probabilidades y la propiedad de Markov (2) por parte de \mathbf{X} .

Proposición 1. Un PE $\mathbf{X} := \{X_n: n \in \mathbb{N}_0\}$ es una CM $(\boldsymbol{\pi}^{(0)}, \mathbf{P})$ si y solo si para cada $n \in \mathbb{N}_0$ y para cada n estados $x_0, x_1, \dots, x_n \in \mathbb{S}$ se satisface la identidad siguiente

$$P(X_0 = x_0, X_1 = x_1, \dots, X_n = x_n) = \pi_0(x_0)P(x_0, x_1) \cdots P(x_{n-1}, x_n)$$

Siendo un resultado que permite conocer la distribución conjunta de las k ($k \in \mathbb{N} - \{1\}$) v.a.'s incluidas en el vector (X_0, X_1, \dots, X_k) . Además, otra consecuencia útil incluida es la siguiente.

Proposición 2. $\boldsymbol{\pi}^{(n)} = \boldsymbol{\pi}^{(0)} \mathbf{P}^n$.

Clasificación de estados

Sean dos estados $x, y \in \mathbb{S}$ se dice que x se comunica con y si para algún $n \in \mathbb{N}_0, P_n(x, y) > 0$, lo cual se denota por $x \rightarrow y$, y que están intercomunicados si además es posible la comunicación recíproca, en cuyo caso se simboliza por $x \leftrightarrow y$. De hecho, tal como lo presenta por ejemplo L. Rincón [2], no es difícil demostrar que dicho concepto de intercomunicación constituye una relación de equivalencia, de donde puede observarse que las clases de equivalencia entre estados que ella genera, son precisamente los subconjuntos de estados (en \mathbb{S}) que se comunican entre sí. Y entonces en particular, una CM con solo una clase es aquella en la que todos sus estados están intercomunicados, en cuyo caso a tal CM se le llama **irreducible**. Por otra parte, a un estado $x \in \mathbb{S}$ se le denomina **absorbente**, si $P(x, x) = 1$, nótese que en tal situación x forma una sola clase.

Definición 2. Para cada estado $x \in \mathbb{S}$ se define su período, denotado por $\delta(x)$, mediante

$$\delta(x) := \text{mcd}\{n \in \mathbb{N}_0: P_n(x, x) > 0\}$$

(mcd =máximo común divisor). Y se dice que x es **aperiódico** si en particular $\delta(x) = 1$.

Observación 2. De lo anterior es posible notar que:

$$x \leftrightarrow y \Rightarrow \delta(x) = \delta(y).$$

Todos los estados intercomunicados tienen el mismo período.

Definición 3. Se dice que un estado $x \in \mathbb{S}$ es **recurrente** si para algún $n \in \mathbb{N}$ ocurre que $P_n(x, x) = 1$, mientras que, en caso contrario se le llama estado **transitorio**.

Para cada $x, y \in \mathbb{S}$ y $n \in \mathbb{N}$, sea $f_{xy}^n := P(X_n = y, X_{n-1} \neq y, \dots, X_2 \neq y, X_1 \neq y | X_0 = x)$

Entonces, la probabilidad de que partiendo del estado x la CM visite alguna vez el estado y está dada por

$$f_{xy} := \sum_{n=1}^{\infty} f_{xy}^n.$$

A consecuencia de lo anterior se obtienen dos caracterizaciones: (i) $x \in \mathbb{S}$ es recurrente si y solo si $f_{xx} = 1$, y (ii) $x \in \mathbb{S}$ es transitorio si y solo si $f_{xx} < 1$. Además, para cada estado recurrente $x \in \mathbb{S}$ suele ser de interés analizar su **tiempo medio de recurrencia** (o de retorno) denotado por μ_x (número promedio de transiciones para regresar a x) y expresado por

$$\mu_x = \sum_{n=1}^{\infty} n f_{xx}^n.$$

Por otra parte, un estado $y \in \mathbb{S}$ se llama recurrente positivo si $\mu_y < \infty$, y en caso contrario se le conoce como nulo. Cabe señalar que, específicamente se clasifica como **ergódico** a todo estado aperiódico recurrente positivo, y como CM **ergódica** a aquella tal que todos sus estados son de ese tipo. En ese sentido el resultado a continuación proporciona una importante herramienta.

Proposición 3. Sea una CM ergódica irreducible \mathbf{X} con matriz de transición \mathbf{P} . Entonces, independientemente de $x \in \mathbb{S}$,

$$\pi(y) := \lim_{n \rightarrow \infty} P_n(x, y)$$

existe, y constituye la única solución no negativa del sistema de ecuaciones definido por las expresiones

$$\pi(y) = \sum_{x \in \mathbb{S}} \pi(x) P(x, y), x \in \mathbb{S}$$

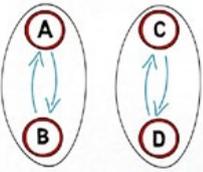
$$\text{y} \quad \sum_{y \in \mathbb{S}} \pi(y) = 1.$$

Modelos ilustrativos

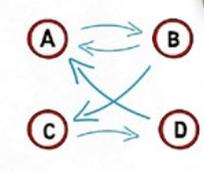
Caminata aleatoria. Como antecedente, considérese una sucesión $\{Z_n: n \in \mathbb{N}_0\}$ de v.a.'s independientes e idénticamente distribuidas (i.i.d.), cuya función de probabilidad para alguna constante dada $p \in (0,1)$ establece que $P(Z_j = +1) = p = 1 - P(Z_j = -1)$. Tal como en particular lo describe R. Romera [8], el PE (1) se le llama caminata

6. Cadena de Markov irreducible: Es cuando la cadena solo se compone de una clase comunicante

EJEMPLO 1: NO ES IRREDUCIBLE YA QUE HAY DOS CLASES COMUNICANTES



EJEMPLO 2: ES IRREDUCIBLE YA QUE HAY UNA CLASE COMUNICANTE



aleatoria siempre y cuando la v.a. X_n se defina como $X_0 := 0$, y para cada $n \in \mathbb{N}$ mediante la expresión

$$X_n := \sum_{j=0}^n Z_j \quad (1)$$

De donde es posible observar que su espacio de estados está dado por $\mathbb{S} = \mathbb{Z}$ (los enteros), y además que para cada $n \in \mathbb{N}_0$ satisface la relación $X_{n+1} = X_n + Z_{n+1}$, lo cual implica que la v.a. X_{n+1} es independiente de la información histórica X_0, \dots, X_{n-1} para cada $n \in \mathbb{N}_0$, ya que depende únicamente de X_n de acuerdo al desarrollo siguiente

$$\begin{aligned} P(X_{n+1} = y | X_n = x, X_{n-1} = x_{n-1}, \dots, X_1 = x_1, X_0 = x_0) \\ &= P(X_n + Z_{n+1} = y | X_n = x, X_{n-1} = x_{n-1}, \dots, X_1 = x_1, X_0 = x_0) \\ &= P(X_n + Z_{n+1} = y | X_n = x) = P(Z_{n+1} = y - x), \end{aligned}$$

de donde por (2) el PE $\mathbf{X} := \{X_n : n \in \mathbb{N}_0\}$ en (3) es una CM ($\mathbb{S} \equiv \mathbb{Z}$), tal que para cada $x, y \in \mathbb{S}$

$$P(x, y) = \begin{cases} p & \text{si } y = x + 1 \\ 1 - p & \text{si } y = x - 1 \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Modelo de Enrhenfest (Difusión de moléculas de fluido a través de una membrana). Se consideran $h \in \mathbb{N}$ esferas (idénticas) etiquetadas de 1 a h y distribuidas aleatoriamente entre dos urnas A y B como incluye L. Rincón [2] (véase pág. 36). Luego se elige al azar un número entre 1 y h , acto seguido se observa en qué urna está la esfera correspondiente y se cambia de urna, de modo que la v.a. de interés se define como X_n : número de esferas contenidas en A en la etapa n ; de aquí, cada selección genera una transición del proceso, y entonces se trata de una caminata aleatoria como (3), pero con espacio de estado finito $\mathbb{S} = \{0, 1, \dots, h-1, h\}$, tal que $P(0, 1) = 1 = P(h, h-1)$, en cuyo caso 0 y h se llaman estados reflejantes, mientras que

$$P(x, y) = \begin{cases} \frac{x}{h} & \text{si } x > 0, y = x - 1, \\ \frac{h-x}{h} & \text{si } x < h, y = x + 1, \\ 0 & \text{en otro caso.} \end{cases}$$

Por otra parte y dado que, como es el caso en

muchos de los escenarios, las CM's suelen implementarse para modelar sistemas dinámicos (estocásticos) que evolucionan en el tiempo, resulta entonces importante señalar que entre los rubros de interés sobresalientes en el ambiente de las aplicaciones se encuentran por ejemplo, pronosticar el estado en el que con mayor probabilidad el sistema se encontrará en determinada etapa futura, así como también, conocer acerca del comportamiento límite del sistema cuando aumenta el número de etapas a observar, es decir, si $n \rightarrow \infty$; o bien, para la posible toma de decisiones por etapa, averiguar ya sea:

- ▶ la probabilidad de que en un tiempo finito el sistema alcance algún estado particular, como pudiera ser, la probabilidad de extinción para alguna población dada, por ejemplo;
- ▶ el tiempo promedio transcurrido hasta que el sistema alcance algún estado específico;
- ▶ el número de visitas promedio que el sistema hace a determinado estado, entre otros posibles.

COMENTARIOS

Entre las diversas publicaciones sobre trabajos que se apoyan en la teoría de CM's aplicadas a otras áreas, podemos mencionar por ejemplo: el trabajo doctoral con el que, en 2013, M. Jiménez-López [9] modeló el comportamiento del cáncer de mama mediante una CM a tiempo discreto considerando 3 estados: sin recaída (1), recaída (2), y muerte (3); siendo 1 el estado inicial para todo paciente justo después de la cirugía, mientras que 3 se caracteriza por ser absorbente; asimismo, enfatizamos aquí la interesante y novedosa estrategia que recién (en el año en curso) E. Delgado-Moya y A. Marrero-Severo [10] acaban de proponer sobre control en lo que corresponde a la dinámica de transmisión del dengue, basada precisamente en una CM que incluyó 5 estados: susceptible (S), infectado (I), inmune (R), muerte por dengue (E) y muerte por causas naturales (M). Por otra parte, resulta notable la aplicación que para efecto de predicción, en cuanto a la dinámica del comportamiento de pacientes ingresados a una unidad cardiológica de cuidado intensivo, publicaron en 2006 V. Albornoz V, M. Hinrichsen, P. Miranda y P. Peña [11], considerando para ello una CM con un total de 5 estados: riesgo bajo (A), riesgo medio (B), riesgo alto (C), riesgo grave (D) y el paciente abandonó la unidad (E); asimismo, es imposible dejar de citar a M. Paegelow, T. Camacho y J. Menor [12], quienes dedicados al mundo del paisajismo, en 2003 publicaron resultados obtenidos al analizar de forma paralela las series cronológicas de usos de suelo respectivas para dos regiones europeas, Valle de los Garrotxes y Alta Alpujarra, donde como parte de su herramienta de trabajo implementaron la teoría de CM's asumiendo 8 y 10 estados, respectivamente, y teniendo como objetivo, tanto el reconstruir la evolución correspondiente, como de precisar las tendencias de cambio o de estabilidad paisajística a futuro; siendo esto solo una pequeña muestra, ya que



también los hay en Genética, Ciencias Computacionales, Movilidad Humana, etc..

CONCLUSIONES

De acuerdo a los múltiples trabajos sustentados en CM's que al momento han sido publicados, es posible constatar que, de hecho, éstas estructuras proporcionan una ingeniosa y elegante herramienta matemática que ha venido facilitando el manejo de información acumulada, apoyando con ello la formulación de políticas dirigidas a resolver problemas reales en tan diversas áreas ajenas a las Matemáticas, lo cual enfatiza el potencial de dicho instrumento.

BIBLIOGRAFÍA

[1] J. J. O'Connor, E. F. Robertson. Mac Tutor History of Mathematics Archive. <http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Markov.html> [Último acceso: 2018]

[2] L. Rincón. Introducción a los Procesos Estocásticos. Facultad de Ciencias, UNAM. <http://lya.fciencias.unam.mx/lars/libros/procesos2012.pdf>; [Último acceso: 2018]

[3] Z. Brzezniak, T. Zastawniak. Basic Stochastic Processes: A Course Through Exercises. 4ta. ed. Springer Undergraduated Mathematics Series ISSN 1615-2085, Edit. Springer-Verlag London Berlin Heidelberg, año 2002.

[4] O. Hernández-Lerma. Probabilidad y Procesos Estocásticos. Vol. I; Departamento de Matemáticas-CINVESTAV, IPN; año 2005.

[5] O. Hernández-Lerma. Probabilidad y Procesos Estocásticos. Vol. II; Departamento de Matemáticas-CINVESTAV, IPN; año 2005.

[6] M.E. Caballero. Procesos Estocásticos I: Cadenas de Markov. Serie: Vínculos Matemáticos, Núm. 224; Publicaciones Matemáticas, Facultad de Ciencias, UNAM; año 1999.

[7] Sh. M. Ross. Introduction to Probability Models, 10a. edic., Edit. Academic Press, Elsevier; Oxford, UK; pp. 191-290; año 2010.

[8] R. Romera. Cadenas de Markov con Parámetro Discreto. Año 2009. http://ocw.uc3m.es/estadistica/procesos-estocasticos-con-aplicaciones-al-ambito-empresarial/lecturas/Tema2_Cadenas_de_Markov_de_parametro_discreto.pdf [Último acceso: 2018]

[9] M Jiménez López. Procesos de Markov discretos en supervivencia: estudio del cáncer de mama. (Tesis Máster) Depto. de Estadíst. e Investig. Operativa, Univ. de Granada; año 2013. http://masteres.ugr.es/moea/pages/tfm-1213/tfm_jimenezlopezmnieves/I, [Último acceso: 2018]

[10] E. Delgado-Moya, A. Marrero-Severo. Estudio estocástico con el uso de cadenas de Markov para la transmisión del dengue. Rev. UNICIENCIA Vol. 32, No. 1, pp. 108-117; año 2018. ISSN: 2215-3470 DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/ru.32-1-7>, año 2018. [Último acceso: 2018]

[11] V. Albornoz, M. Hinrichsen, P. Miranda, P. Peña. Uso de cadenas de Markov para la predicción de la dinámica del comportamiento de pacientes en una unidad de cuidado intensivo cardiológica. Ingeniare - Revista Chilena de Ingeniería, 14:2 pp. 153-158, año 2016. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052006000100009 [Último acceso: 2018]

[12] M. Paegelow, T. Camacho, J. Menor. Cadenas de Markov, evaluación multicriterio y evaluación multiobjetivo para la modelización prospectiva del paisaje. GeoFocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, Núm. 3, p.22-44, ISSN: 1578-5157, año 2003. http://geofocus.rediris.es/docPDF/Articulo2_2003.pdf [Último acceso: 2018]

ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEJORA DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PÉRGOLAS

Analysis and design of improvement of structural performance of pergolas

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Gema Karina Ibarra Torúa¹
David Ruiz Aguirre²
Dagoberto Burgos Flores³
Ilse Irene Yepis Osuna⁴

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
Dra. Gema Karina Ibarra Torúa
Correo: gema.ibarra@unison.mx

Resumen

Este artículo expone la problemática de un sistema estructural de soporte para viñedos llamado pérgola, el cual se busca tenga un mejor desempeño estructural con respecto a la sección actual. Éste, lleva a cabo la revisión de capacidades estructurales mediante ensayos experimentales, modelos numéricos de barras y con elementos sólidos bajo el rango elástico lineal, teniendo como finalidad el análisis y diseño de una propuesta de sección transversal de larguero.

Palabras clave: Desempeño Estructural, diseño estructural, sección transversal.

Abstract

This paper exposes the problematic of a structural support system for vineyards called pérgola, with this is sought to have a better structural performance with respect to the current section. This one, carries out the revision of structural capacities by means of experimental tests, numerical models of bars and with solid elements under the linear elastic rank, having like purpose the analysis and design of a proposal of stringer beam cross section.

Keywords: Structural Performance, structural design, cross section.

¹ Universidad de Sonora. Correo: gema.ibarra@unison.mx

² Universidad de Sonora. Correo: david.ruiz@unison.mx

³ Universidad de Sonora. Correo: dagoberto.burgos@unison.mx

⁴ Universidad de Sonora. Correo: a215204922@alumnos.unison.mx



INTRODUCCIÓN

El estudio presentado se elabora teniendo como finalidad el análisis y diseño de una propuesta de sección transversal de larguero (perfil estructural de pared delgada) elemento componente del sistema estructural de soporte para viñedos llamado pérgola el cual se busca tenga un mejor desempeño estructural con respecto a la sección actual, esto bajo las mismas condiciones de apoyo y geométricas globales. Este, lleva a cabo la revisión de capacidades estructurales mediante ensayos experimentales, modelos numéricos de barras y con elementos sólidos bajo el rango elástico lineal. Para garantizar la correcta simulación de las cargas externas a las que se somete el perfil de manera cotidiana se analiza bajo cargas gravitacionales y laterales críticas (por ejemplo, viento).

El sistema estructural de soporte (pérgola) en estudio está compuesto por los siguientes elementos:

1. Larguero (izquierdo y derecho).
2. Cruceta,
3. Tutor o poste

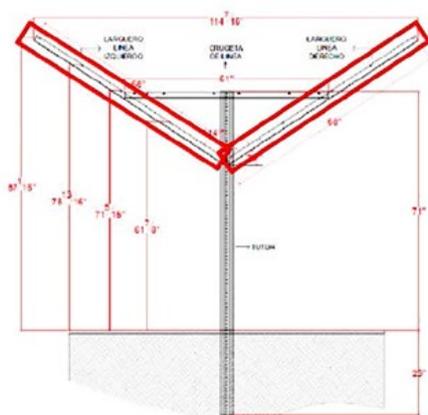


Imagen 1. Pérgola tipo

Tal como se puede observar se compone de un poste empotrado en el suelo al cual se unen los elementos principales de carga y objeto de estudio de este documento, los largueros, los cuales por cuestiones de estabilidad están unidos al poste y entre sí mediante un elemento llamado cruceta.



Pérgolas de línea 61" x 68"

Larguero línea derecha y línea izquierda: Longitud 68". Ángulo de 33° con respecto a la horizontal; 114° entre larguero izquierdo y derecho. Distancia de extremo del larguero izquierdo y derecho 114 7"/16. Cruceta de línea: Longitud 61". Tutor: Longitud 96". 25" de empotramiento.

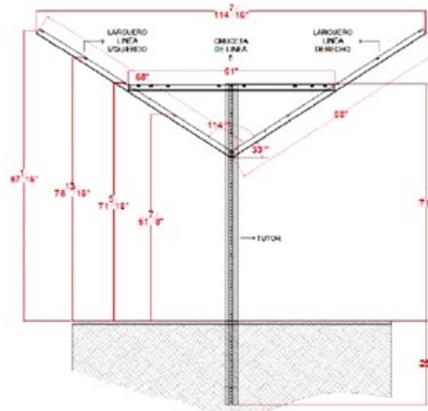


Imagen 1.1. Pérgola 61" x 68"

Pérgolas de línea 36" x 60"

Larguero línea derecha y línea izquierda: Longitud 60". Ángulo de 25° con respecto a la horizontal. 131° entre larguero izquierdo y derecho. Distancia de extremo del larguero izquierdo y derecho 109 7/16". Cruceta de línea: Longitud 36". Tutor: Longitud 96", 25" de empotramiento.

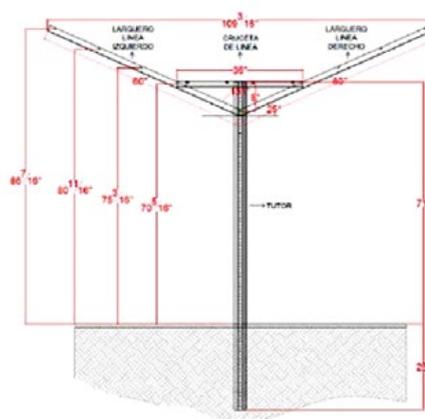


Imagen 1.2. Pérgola 36" x 60"

OBJETIVO

Diseñar una propuesta de sección transversal de larguero, elemento componente del sistema estructural de soporte para viñedos llamado pérgola el cual se busca tenga un mejor desempeño estructural con respecto a la sección actual.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio realizado surge ante la inquietud de un cliente, al presentar un problema en un sistema estructural de soporte de viñedos, llamado pérgola, el cual no cumplía con las especificaciones y capacidades necesarias para soportar el sistema de cargas que lo regían.

METODO DE TRABAJO

Como parte de este estudio se realiza una comparativa de tres diferentes diseños de larguero, todos con un desarrollo o ancho de placa de $2\frac{1}{2}$ " los cuales se describen a continuación:



Imagen 2. Diseño de Larguero tipo.

En general el larguero tiene las siguientes dimensiones, sin embargo, el cambio será en su sección transversal.

DISEÑO A, el cual se propone para mejorar la capacidad de carga en el eje fuerte del perfil, sin embargo, se observa una falla prematura por pandeo lateral (eje débil).

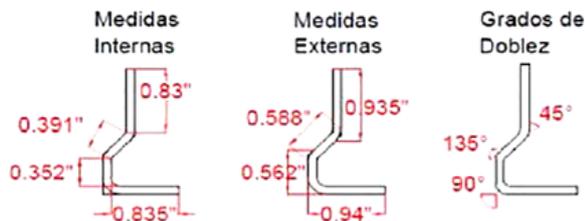


Imagen 2.1. Diseño de Larguero "A".

DISEÑO L, sección transversal de uso común la cual se pretende mejorar mediante los cambios en su geometría.

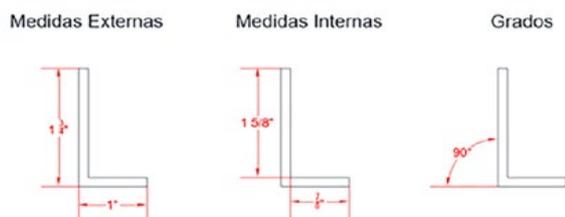


Imagen 2.2. Diseño de Larguero "L".

DISEÑO A'', el cual se propone para mejorar la capacidad de carga en el eje fuerte del perfil, con aumento en su capacidad de carga lateral (eje débil), esto mediante un labio atiesador en el patín.

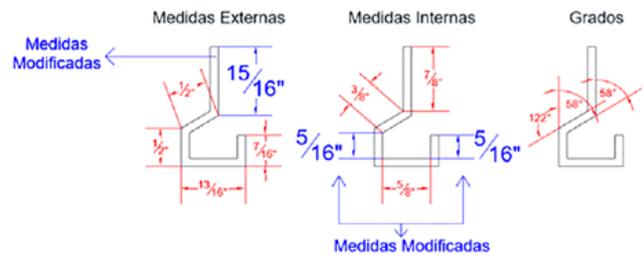


Imagen 2.3. Diseño de Larguero "A''.

ANÁLISIS

El análisis general de la estructura será elástico usando métodos matriciales.

Se toman en cuenta en el análisis las actividades que llevan a la determinación de la respuesta de la estructura entre las diferentes acciones exteriores que pueden afectarla.

La respuesta de la estructura está representada por el conjunto de parámetros físicos que describen su comportamiento ante las acciones que le son aplicadas.

Para que el sistema estructural cumpla con las funciones para las cuales está siendo diseñado, es necesario que la respuesta de la estructura se mantenga dentro de los límites que no afecten su correcto funcionamiento ni su estabilidad. Para tomar en cuenta todos estos aspectos se requiere de lo siguiente:

a) Modelar la estructura. Idealizar la estructura real por medio de un modelo teórico factible de ser analizado con los procedimientos de cálculo disponibles.

- 1) Modelo de Barras (MEF)
- 2) Modelo de Solidos (MEF)

** Validados por ensayos experimentales de tensión y flexión.

b) Determinar las acciones de diseño. Particularmente para este estudio las acciones de diseño no están determinadas por códigos o reglamentos, por otro lado, las cargas (gravitacionales y laterales) definidas se toman como aquellas que conducen a un estado límite de falla al elemento estructural.

c) Determinar los efectos de las acciones. En esta etapa, que constituye el análisis propiamente dicho, se determinan las fuerzas internas (momentos flexionantes y de torsión, fuerzas axiales, cortantes, esfuerzos, etc.) así como las flechas y deformaciones de la misma. Los métodos

de análisis suponen en general un comportamiento elástico lineal.

PROGRAMAS DE DISEÑO

Para realizar el análisis y revisión de las propuestas se utilizó el software SOLIDWORKS (Modelos sólidos) y SAP2000 V16 (Modelos de barras), la mayor parte del análisis y revisión se realizó por medio de la modelación numérica en estos softwares, por tanto, nos referiremos constantemente al modelo y a sus gráficas para justificar los resultados, todo esto con la debida validación mediante los ensayos experimentales.

CARGAS

Las cargas aplicadas a los modelos numéricos obedecen a las cargas a la falla obtenidas en los ensayos experimentales, así como a las resistencias nominales obtenidas analíticamente mediante las expresiones para resistencia a flexión del ANSI/AISC 360-10. El nivel de

cargas es variable de acuerdo al tipo de modelo, pero sobre todo a las condiciones de apoyo del elemento en estudio, por lo que se mostraran niveles de carga distintos manteniendo valores similares cuando las condiciones antes mencionadas sean similares, la razón del por qué se consideraron distintas condiciones de apoyo se explicará en el siguiente capítulo.

A continuación, se muestran las cargas aplicadas en los modelos y ensayos experimentales.

Batería de cargas monótonas (hasta llevar a la falla) correspondientes a los ensayos experimentales. Cabe señalar que todos los especímenes se cargaron hasta la falla con la misma velocidad de aplicación de carga.

Para evaluar la capacidad de los distintos perfiles de mejora y de línea, las cargas se aplicaron en los planos ortogonales de pandeo (eje fuerte y débil del perfil), añadiendo la variable de las perforaciones en la sección en tres tipos barrenada, muesca y sin perforación.

Tabla 1. Primera batería de pruebas (40 elementos ensayados) a perfiles a flexión con apoyo simple con carga puntual al centro.

CORRIDA 1

Perfil	Modo de ensaye	Espesor (mm)			Tipo de Hueco	Carga Final (kgf)
		A	B	C		
A"	V	2.74	2.72	2.71	M	580
A"	V	2.71	2.75	2.7	B	692
A"	H	2.72	2.74	2.72	B	432
A"	H	2.74	2.71	2.74	M	420
L	V	2.74	2.71	2.73	M	540
A	V	2.73	2.71	2.71	M	532
A	V	2.68	2.69	2.7	B	744
L	V	2.78		2.78	B	732
L	V	2.76		2.76	L	989
A	H	2.74	2.74	2.74	M	308
L	H	2.76		2.74	L	292
L	H	2.77		2.74	M	304
A	H	2.72		2.71	L	388
A	H	2.72		2.72	B	348
A	V	2.72		2.74	L	828
L	H	2.75		2.76	B	368

V = Vertical (Eje fuerte, posición comun de carga del perfil)

H = Horizontal (Eje debil, posición normal a cargas laterales)

M = Muesca

B = Barreno

L = Sin perforaciones

Tabla 2. Segunda batería de pruebas (14 elementos ensayados) a perfiles a flexión con apoyo simple con carga puntual al centro.

CORRIDA 2

Perfil	Modo de ensaye	Espesor			Tipo de Hueco	Carga Final
		A	B	C		
A"	V	2.74		2.74	L	920
A"	V	2.78		2.76	B	740
A"	V	2.78		2.78	M	564
A"	H	2.77		2.78	B	456
A"	H	2.78		2.76	M	356
A"	H	2.78		2.78	L	408
A"	H	2.78		2.78	M	428

V = Vertical (Eje fuerte, posición comun de carga del perfil)

H = Horizontal (Eje debil, posición normal a cargas laterales)

M = Muesca

B = Barreno

L = Sin perforaciones

A continuación, se muestran las cargas aplicadas en los modelos sólidos.

Liso Con Carga En Cara Vertical

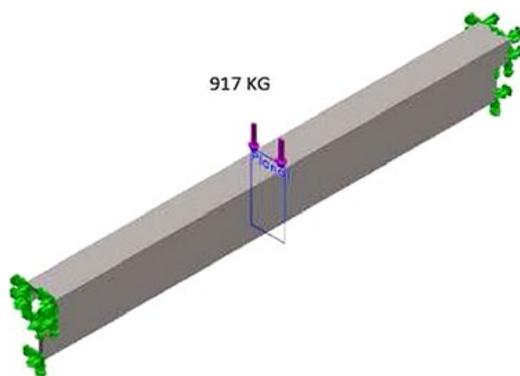
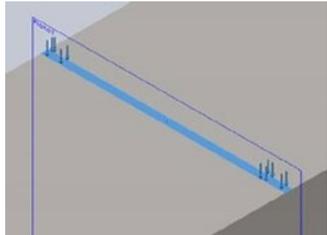


Imagen 3. Carga aplicada en el sentido del eje fuerte para elementos con carga al centro y apoyo simple, esto con la intención de validar con condiciones de ensayos experimentales.

Tabla 3. Valor típico de carga en el sentido del eje fuerte de la sección.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 9000 N





Barreno Con Carga Lateral

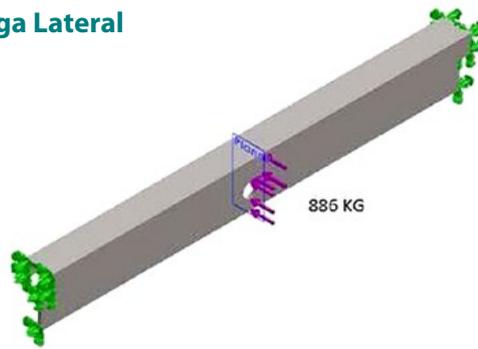


Imagen 3.1. Carga aplicada en el sentido del eje débil para elementos con carga al centro y apoyo simple, esto con la intención de validar con condiciones de ensayos experimentales.

Muesca Con Carga En Cara Vertical

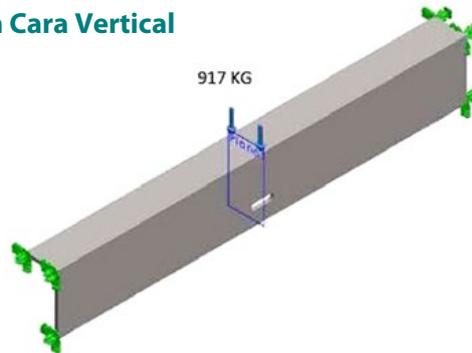
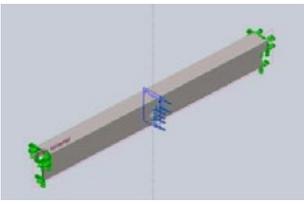
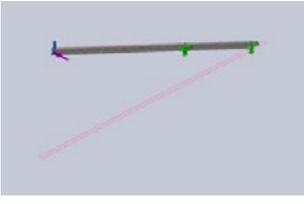


Imagen 3.2. Carga aplicada en el sentido del eje fuerte para elementos con carga al centro y apoyo simple, esto con la intención de validar con condiciones de ensayos experimentales.

Tabla 4. Valor típico de carga en el sentido del eje débil de la sección.

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-3		Entidades: 4 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -8828 N
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s), 1 Referencia: plano(s) Tipo: Planta Valores: Aplicar fuerza ---, ---, -421.83 N
Fuerza-4		Entidades: 1 cara(s), 1 plano(s) Referencia: Vista lateral Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, ---, -421.83 N

A continuación se muestran las cargas aplicadas en los modelos de barras.

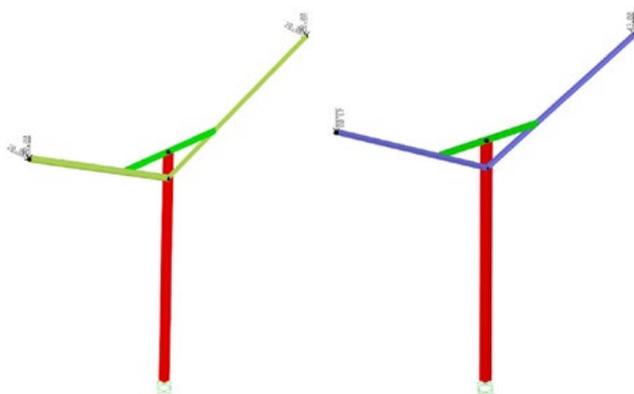


Imagen 3.3. Valor típico de carga gravitacional (43 kgf) en arreglo completo de pérgola. Y Valor típico de carga gravitacional y lateral simultáneas (20 kgf) en arreglo completo de pérgola.

RESULTADOS

A continuación se muestran resultados de los ensayos experimentales para los cuales su protocolo de carga fue monótono a la falla con una velocidad constante para todos los especímenes de 40 kg/s, con apoyo simple con longitud entre apoyos de 305 mm con dos posiciones del perfil para su aplicación de carga (eje fuerte y eje débil) y tres condiciones de reducción de la sección transversal para cada sección, siendo estas, sin perforaciones, con muesca y con barreno, las cuales se situaron al centro, es decir, justo debajo del punto de aplicación de carga esto para inducir la falla en el punto crítico y observar su comportamiento.



Imagen 4.1. Muestra de ensaye en Perfil tipo A" Barreno



Imagen 4.2. Muestra de ensaye en Perfil tipo A Muesca.



Imagen 4.3. Muestra de ensaye en Perfil tipo L Liso.

CONCLUSIONES

El análisis y propuesta de perfil componente del sistema de pérgola para soporte de viñedos, sustenta los resultados en cuatro puntos de análisis los cuales consisten en modelado por método de elementos finitos del arreglo general en barras (MEF BARRA), modelado por método de elementos finitos del elemento en solido con condiciones de apoyo reales y condiciones de apoyo de ensaye por flexión (MEF SOLIDO A y MEF SOLIDO S) y por ultimo para validar modelos numéricos resultados de ensaye experimental a flexión.

Por otra parte, las comparativas de perfiles propuestas toman en cuenta la condición más crítica en la sección transversal, es decir, aquella que la reduce por medio de perforaciones, teniendo sección con barreno, con muesca (orificio alargado y corte) y sección sin perforaciones.

Además de ensayar los perfiles en su eje fuerte sobre el cual actuaran las cargas gravitacionales y de uso común,

como también en su eje débil sobre el cual actuarán cargas extraordinarias accidentales, como por ejemplo viento.

A continuación, se resume el comportamiento de los perfiles y sus condiciones críticas con respecto a los cuatro puntos antes mencionados.

Ensayo experimental a flexión simple (apoyo simple con carga puntual al centro)

Tal como se puede observar en los gráficos en cuanto a la capacidad de carga a la falla en el eje fuerte es muy similar para los tres perfiles, sin embargo, es importante recalcar que las condiciones de apoyo en la pérgola son distintas y el estado limite gobernante es pandeo lateral inelástico, es decir, que juega un papel muy importante el eje débil del perfil pues entre mayor sea su capacidad mayor resistencia tendrá y podrá desarrollar mejor su capacidad plena. En cuanto a su capacidad a flexión en el eje débil el perfil A'' exhibió sin duda un mejor comportamiento que los otros dos perfiles.



Modelo de Análisis Solido

Se observa que el perfil A'' desarrolla un menor esfuerzo para carga vertical esto significa que muestra mayor resistencia ante la carga aplicada, y exhibe también mayor rigidez a flexión esto lo podemos corroborar en el nivel de desplazamiento en el cual es mucho menor que los otros perfiles.

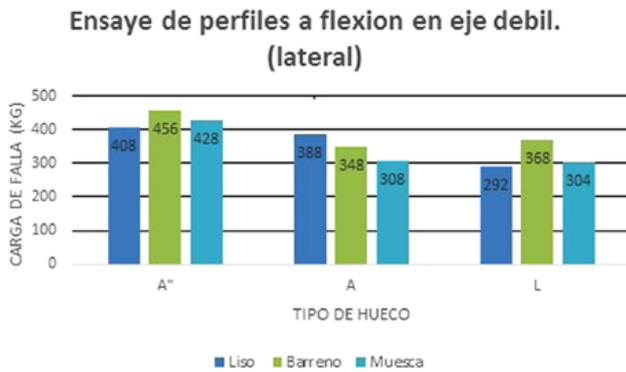


Tabla 6. Ensayo de perfiles eje débil (Carga).

En términos de las deformaciones exhibidas a la falla en el eje fuerte se presentan deformaciones muy similares, sin embargo, en el eje débil también es muy marcada la diferencia del perfil A'' con respecto a los otros dos, pues muestra un comportamiento más rígido deformándose mucho menos para un mayor nivel de carga.

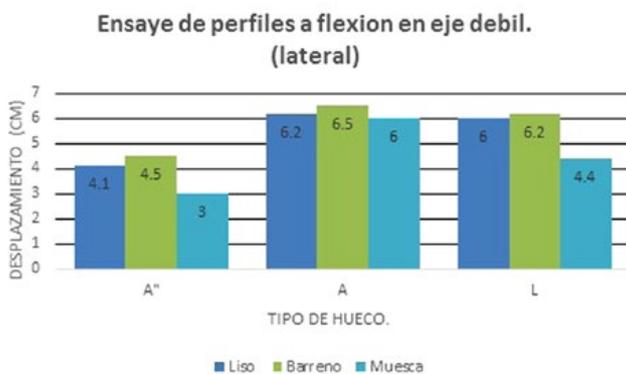


Tabla 6.1. Ensayo de perfiles eje débil (Desplazamiento).

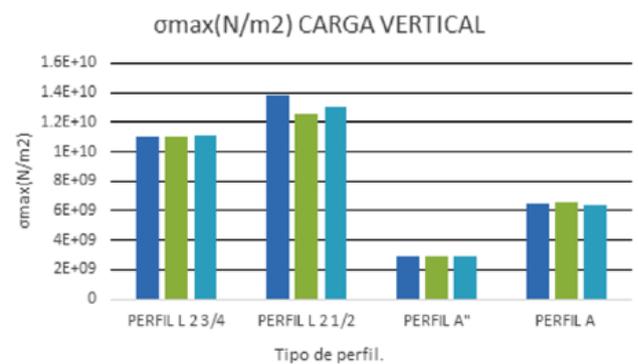


Tabla 6.2. σ_{max} Carga Vertical por tipo de perfil.

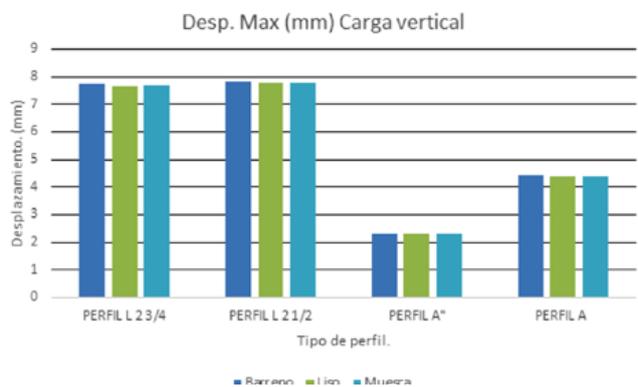


Tabla 6.3. Desplazamiento máximo por tipo de perfil.

En el modelo de sólido en el cual simula de manera aproximada las condiciones de apoyo reales de la pérgola, se observa que los porcentajes de eficiencia, basados en

el comportamiento obtenido mediante los esfuerzos y desplazamientos máximos, tomando en cuenta el perfil A" como referencia, tiene un desempeño estructural satisfactorio con respecto a los demás perfiles modelados.

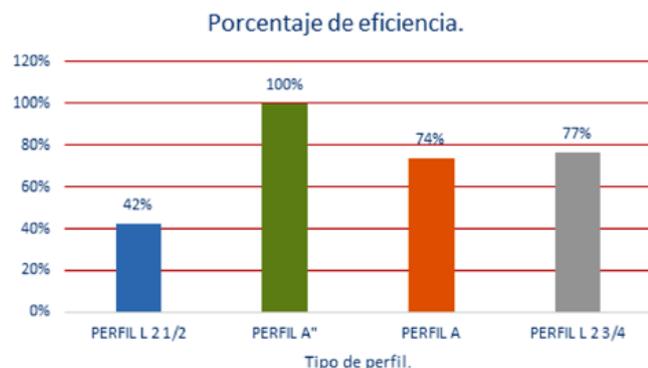


Tabla 6.4. Porcentaje de Eficiencia según el tipo de perfil.

Modelo de Análisis de barras

En cuanto a los resultados obtenidos en el modelo de barras, para el cual se analizaron además para el perfil A" los calibres 13 y 14, en términos de deformaciones tanto para el modelo realizado ante carga gravitacional, así como el de cargas gravitacional y lateral simultáneas, se logra observar que el valor obtenido es menor que el de los otros perfiles, por lo cual, se con este modelo de análisis se refuerza lo obtenido en los anteriores, que el perfil A" exhibe un mejor comportamiento estructural, comportándose más rígido a flexión.

Eficiencias de los perfiles con respecto a la deformación(solo carga gravitacional)					Relacion de def. entre Ejes X y Y
Perfil	Def. Eje X	Def. Eje Y	Eficiencia-Eje X(%)	Eficiencia-Eje Y(%)	
L1.75"X1"	-1.7341	-1.38			1.257
Tipo A	-0.4428	-1.2252	3.9	1.1	0.361
Tipo A" UNISON	-0.0291	-1.6633	59.6	0.8	0.017
Tipo A" Mod. Cal.12	-0.0175	-1.2577	99.1	1.1	0.014
Tipo A" Mod. Cal.13	-0.0228	-1.4448	76.1	1.0	0.016
Tipo A" Mod. Cal.14	0.0297	-1.7064	-58.4	0.8	-0.017

Tabla 6.5. Eficiencias de los perfiles con respecto a la deformación (Carga Gravitacional).

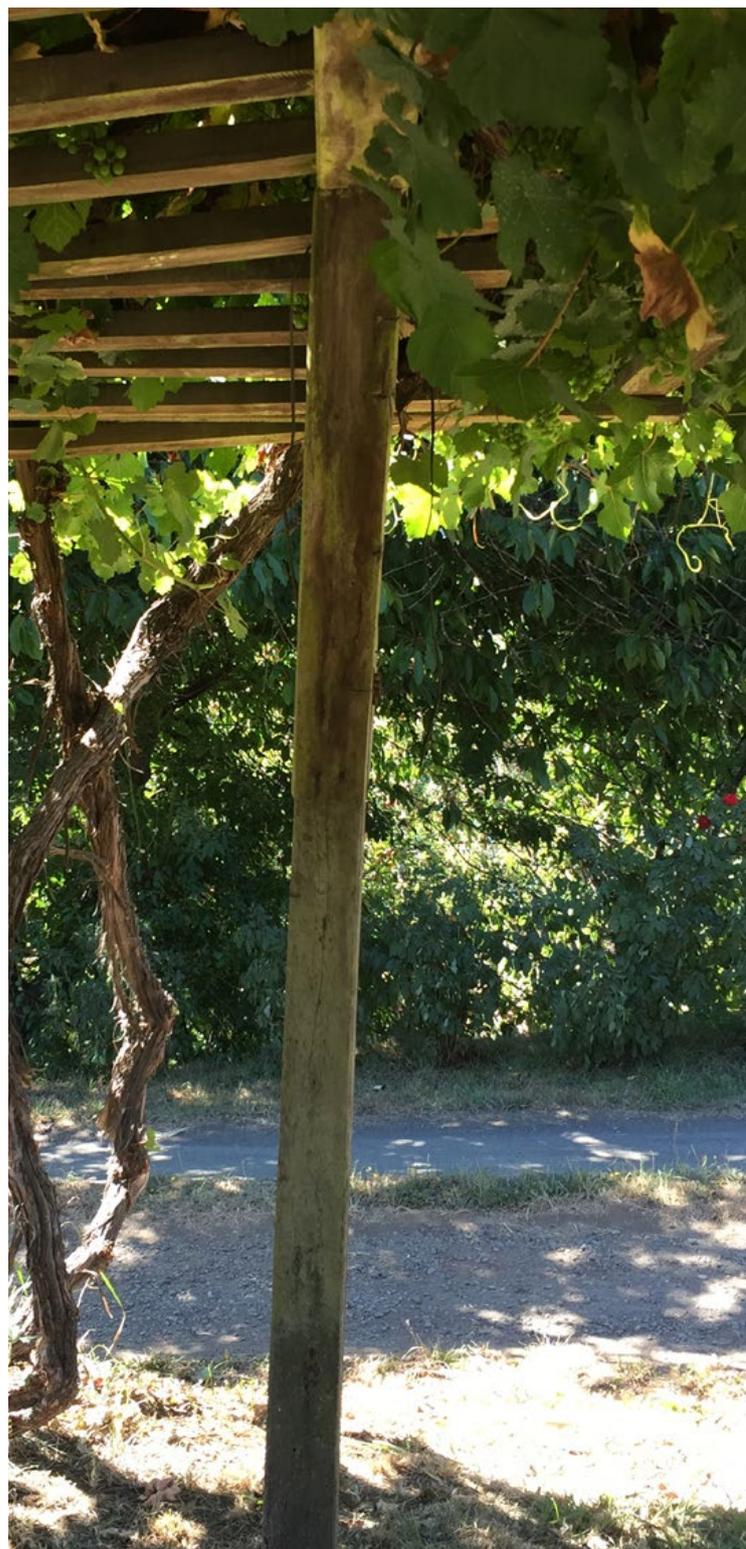
Eficiencias de los perfiles con respecto a la deformación(carga gravitacional y lateral)					Relacion de def. entre Ejes X y Y
Perfil	Def. Eje X	Def. Eje Y	Eficiencia-Eje X(%)	Eficiencia-Eje Y(%)	
L1.75"X1"	-11.9013	-3.0537			0.257
Tipo A	-11.756	-1.6518	1.0	1.8	0.141
Tipo A" UNISON	-9.5266	-1.9611	1.2	1.6	0.206
Tipo A" Mod. Cal.12	-10.0932	-1.2406	1.2	2.5	0.123
Tipo A" Mod. Cal.13	-11.33	-1.4226	1.1	2.1	0.126
Tipo A" Mod. Cal.14	-13.0422	-1.6774	0.9	1.8	0.129

Tabla 6.6. Eficiencias de los perfiles con respecto a la deformación (Carga Gravitacional y lateral).

Por lo anteriormente expuesto se recomienda el uso del perfil A", debido a las cualidades estructurales exhibidas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] American Institute of Steel Construction. (2016). ANSI/AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings. Chicago, Illinois: 130 East Randolph Street.
- [2] ASTM International. (2013). E8/E8M Tension Testing of Metallic Materials. United States.



CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE ESPECIES APIBOTÁNICAS EN DOS REGIONES DE MEZQUITAL, DGO., MEX.

*Contribution to species knowledge
apibotanics in two regions of Mezquital, Dgo., Mex.*

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

David Ramírez Noya ¹

María P. González Castillo ²

Recibido: 14 de octubre de 2016,

Aceptado: 13 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:

M. en C. DAVID RAMÍREZ NOYA

Correo: davidnoya@yahoo.com.mx

Resumen

Se reportan 115 especies, en 98 géneros de 38 familias botánicas que son fuente de alimento para las abejas (*Apis mellifera* L.), presentes en dos regiones del municipio del Mezquital, Dgo. y una descripción breve del tipo de vegetación en relación a las especies dominantes, en las localidades donde se realizó el estudio.

Palabras clave: Flora apícola, bosque tropical caducifolio.

Abstract

*A preliminary checklist of 115 species (belonging to 98 genera and 38 families) like food resource (nectar and/or pollen) for honey bee (*Apis mellifera* L.) of two regions of Durango state, is presented. And dominant species in vegetation communities presents in studio area, are cited.*

Keywords: apibotanics species, tropical deciduous forest.

¹ Departamento de Gestión de Proyectos, Universidad de las Ciencias Informáticas. {abp, robertodv}@uci.cu

² Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador. gilberto.castro@cu.ucsg.edu.ec

INTRODUCCIÓN

La exploración botánica en el área geográfica del Mezquital, Dgo., se inician en el siglo XIX con el recorrido realizado por Berthold Carl Seemann, en enero de 1850, en su trayecto de la cd de Durango hacia el Estado de Nayarit. Posteriormente J. N. Rose y E. A. Goldman el año de 1897, hacen recolecciones principalmente en los alrededores de Huazamota, Mezquital, Dgo. [1]. Pero los estudios respecto a plantas de importancia para *Apis mellifera* L., en el estado de Durango, inician hasta mediados del siglo XX [2]. Siendo más específico, para el municipio de Mezquital, Dgo., los trabajos referentes a la flora de importancia apícola, se reinician en años recientes [3], incluyendo análisis polínico en muestras de miel para hacer una caracterización de las mismas [4]; además se aplica un análisis de la composición química del polen de las especies apibotánicas, con el fin de determinar, según la especie vegetal, el valor nutricional que representa para las abejas [5]; por otra parte se aplican los sistemas de información geográfica, con el fin de hacer una representación espacial de las especies pertenecientes a las dos familias de fanerógamas más importantes para la apicultura [6]. Finalmente, mediante un análisis ecológico estima la diversidad de árboles y arbustos que son fuente de alimento para las abejas, en dos localidades del municipio del Mezquital, Dgo. [7]. Por lo que en el presente trabajo se pretende dar continuidad al conocimiento de la diversidad de los recursos néctar-polínicos utilizados por *Apis mellifera*, en el Mezquital, Durango.

El municipio del Mezquital está ubicado en el extremo sur del estado de Durango, su extensión territorial es de 8,430 kilómetros cuadrados. Limita al sur, con el estado de Nayarit; al este, con el estado de Zacatecas; al norte,

con los municipios de Súchil, Nombre de Dios y Durango; y al poniente con el municipio de Pueblo Nuevo [8]. La orografía del Mezquital es intrincada y accidentada, en su extenso territorio se pueden distinguir tres diferentes zonas, la del extremo norte donde se encuentra valles que descienden desde la altas serranías, la región media, totalmente ocupada por la Sierra Madre Occidental, y finalmente la región de las quebradas, formada por los abruptos descensos de la Sierra hacia las llanuras costeras del Pacífico, en esta zona destaca la Cañada del río Huazamota [9]. La máxima altitud del estado se localiza dentro del municipio del Mezquital, el cerro Gordo con 3340msnm [10].

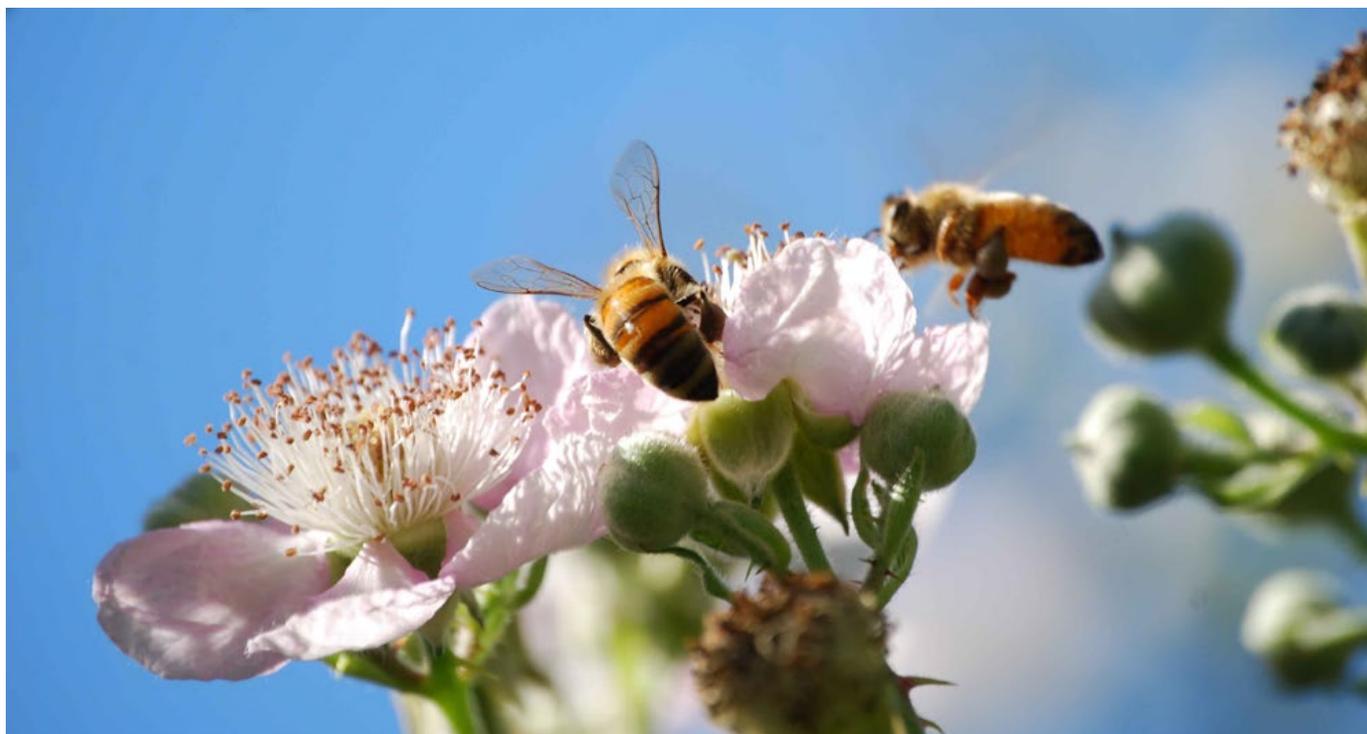
La extensión territorial total, del municipio en estudio, da idea lo complejo que sería aplicar un análisis más completo, que permitiera obtener un conocimiento más íntegro sobre los recursos naturales que ostenta esta región del estado de Durango.

OBJETIVO

Contribuir al conocimiento de la diversidad de los recursos néctar-polínicos utilizados por *Apis mellifera*, en el Mezquital, Durango.

MÉTODO DE TRABAJO

Para el muestreo de los elementos de la vegetación y el registro fotográfico de las especies de importancia a las abejas, se hicieron recorridos tanto en las proximidades a la cabecera municipal del Mezquital, Dgo., como en las cercanías de la población de Temoaya, Mezquital, Dgo. Siendo éstas, las dos localidades que circunscribieron al presente estudio. Dichas poblaciones presentan las



coordenadas 23° 28' 25" N. y 104° 23' 46" W.; 23° 17' 59" N. y 104° 30' 33" W., con altitudes de 1412 m. y 1292 msnm., respectivamente [11]. Ambas áreas geográficas del presente estudio presentan una temperatura media anual de entre 20 a 22 °C [12] y poseen clima de tipo semicálido subhúmedo (ACw) [10].

Para la descripción de la vegetación de las localidades de estudio en el presente, se tomó como referencia la clasificación descrita por S. González; M. González y M. Márquez [10]; con esta base, durante los recorridos se detectaron áreas cuyos rasgos fisonómicos de las comunidades vegetales abarcaron desde, matorral subtropical (constituido básicamente por; *Ipomoea arborescens*, *Acacia farnesiana*, *A. constricta*, *Bursera fagaroides*, *Dodonea viscosa* y *Lippia graveolens*) hasta el bosque tropical caducifolio (donde los dominantes fisonómicos son esencialmente: *Ipomoea murucoides*, *Ipomoea arborescens*, *Stenocereus montanus*, *Bursera fagaroides*, *B. multijuga*, *B. palmeri*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, *Agave vilmoriniana*, *Lonchocarpus* sp y *Lysiloma* spp.). También se visitaron parte de los ecotonos de los anteriores tipos de vegetación, con el matorral xerófilo y con bosque de *Quercus* spp. Respecto a las exploraciones realizadas en las proximidades a Temoaya, la vegetación observada solo corresponde a lo aquí es señalado para el bosque tropical caducifolio.



Para la integración del listado de las especies vegetales, se auxilió atreves del registro fotográfico y la recolección e identificación taxonómica correspondiente a las plantas visitadas por estas abejas, por ser dichos vegetales fuentes de néctar ó polen. Estos transectos se aplicaron en las proximidades de ambas localidades arriba mencionadas, durante los años del 2016 al 2018; en las cuatro estaciones del año, con un total cercano a 65 recorridos. Para la determinación taxonómica de las especies de plantas

registradas, se obtuvo mediante la técnica de herborizado descrita por A. Lot y F. Chiang [13]. Trabajando este material biológico en el Herbario **CIIDIR** del Instituto Politécnico Nacional, en Durango, Dgo.

RESULTADOS

Se estima que en el presente trabajo se exploró una superficie aproximada de 200 Km². Dicha estimación de área explorada representaría el 2.7 % del total municipal. En consecuencia se obtuvo un listado de 115 especies en 38 familias (Listado

1). Aunque estos resultados son parciales, se vislumbra una significativa diversidad de especies (de la cual las abejas hacen uso del recurso), debido a que las cantidades aquí obtenidas, son comparativamente cifras superiores al contrastar con los números obtenidos en el Municipio de Vicente Guerrero, Dgo. [14]-[15], En el cual se adquirieron 132 especies en 32 familias, para una superficie mayor de exploración (432 Km²).





En el presente trabajo las familias botánicas de mayor importancia apícola fueron las Asteraceae (22.6%) con 26 especies y Fabaceae (17.4%) con 20 especies, mientras que 14 familias de plantas presentaron una especie. Adicionalmente se presentan los nuevos registros de especies apibotánicas para el municipio del mezquital, Dgo. y que a su vez también son nuevos registros para la flora apícola del estado de Durango. (Listado 2).

DISCUSIÓN

Para un apicultor, el listado de especies vegetales aquí indicado, resulta interesante para valorar en cual región o localidad, ubicar o remover sus colmenas, por las características de su diversidad vegetal, con el fin de obtener ganancias mayores, por el tipo de miel a cosechar (o producto apícola de interés), permitiéndole con esto elaborar su programa de actividades anual. En contraste, para un botánico; de dicho listado, lo importante será conocer, cuales son los nuevos registros de especies para Durango y su diversidad biológica.

CONCLUSIÓN

Los listados que aquí se presentan, es una versión en extenso, de los resultados ya reportados [3]-[4]-[6]-[7]-[16]. Además estos mismos listados de especies permitirán avanzar en la determinación de varios de los taxa al que pertenecen algunas de las muestras, del análisis palinológico [3]-[4], en las que está pendiente la definición del género o la especie correspondiente.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo de Ciencia y Tecnología del estado de Durango y al Instituto Politécnico Nacional. Proyecto: Caracterización polínica de mieles procedentes de los valles de Durango y el Mezquital, Durango, clave: SIP-2018-RE/039 y SIP-IPN: 20161358; por el apoyo financiero para la realización de los mismos.





1.- Listado de la Flora de importancia apícola del Mezquital, Dgo., Méx

ACANTHACEAE

- ▶ *Carlwrightia serpyllifolia* A.Gray

AMARANTHACEAE

- ▶ *Amaranthus hybridus* L.

ANACARDIACEAE

- ▶ *Rhus virens* Lindh. ex A. Gray
- ▶ *Rhus terebinthifolia* Schlecht. & Cham

APOCYNACEAE

- ▶ *Asclepias linaria* Cav.

ASPARAGACEAE

- ▶ *Agave durangensis* Gentry
- ▶ *Agave vilmoriniana* A. Berger
- ▶ *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck
- ▶ *Dasyllirion durangense* Trel. .
- ▶ *Yucca* spp.

BIGNONIACEAE

- ▶ *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth

BRASSICACEAE

- ▶ *Brassica nigra* (L.) K.Koch
- ▶ *Brassica rapa* L.
- ▶ *Eruca vesicaria* (L.) Cav. subsp. *sativa* (Mill.) Thell.)

BURSERACEAE

- ▶ *Bursera palmeri* S.Watson
- ▶ *Bursera* sp.

CACTACEAE

- ▶ *Mammillaria* sp.
- ▶ *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console
- ▶ *Opuntia* sp.
- ▶ *Stenocereus montanus* (Britton & Rose) Buxb.

CAMPANULACEAE

- ▶ *Lobelia fenestralis* Cav.
- ▶ *Lobelia laxiflora* Kunth.

COMPOSITAE

- ▶ *Ageratina triniona* (McVaugh) R.M.King & H.Rob.
- ▶ *Ambrosia ambrosioides* (Cav.) W.W.Payne
- ▶ *Ambrosia canescens* A.Gray
- ▶ *Baccharis heterophylla* Kunth
- ▶ *Baccharis pteronioides* DC.
- ▶ *Baccharis salicifolia* Nutt
- ▶ *Berlandiera lyrata* Benth.
- ▶ *Bidens odorata* Coville
- ▶ *Brickellia veronicifolia* (Kunth) A.Gray
- ▶ *Chloracantha spinosa* (Benth.) G.L. Nesom
- ▶ *Flaveria trinervia* (Spreng.) C.Mohr
- ▶ *Melampodium perfoliatum* (Cav.) Kunth
- ▶ *Montanoa leucantha* (Lag.) S.F.Blake
- ▶ *Parthenium bipinnatifidum* (Ortega) Rollins
- ▶ *Pinaropappus roseus* (Less.) Less.
- ▶ *Sanvitalia procumbens* Lam.
- ▶ *Senecio salignus* DC.
- ▶ *Simsia amplexicaulis* (Cav.) Pers.
- ▶ *Tagetes lunulata* Ortega
- ▶ *Taraxacum campylodes* G.E.Haglund
- ▶ *Tithonia tubaeformis* (Jacq.) Cass.
- ▶ *Tridax balsioides* (Kunth) A.Gray
- ▶ *Trigonospermum annuum* McVaugh & Laskowski
- ▶ *Trixis angustifolia* DC.
- ▶ *Viguiera dentata* (Cav.) Spreng.
- ▶ *Zaluzania augusta* (Lag.) Sch. Bip.

CONVOLVULACEAE

- ▶ *Cuscuta mitriformis* Engelm.
- ▶ *Evolvulus alsinoides* (L.)
- ▶ *Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don
- ▶ *Ipomoea murucoides* Roem. & Schult.
- ▶ *Ipomoea purpurea* (L.) Roth
- ▶ *Ipomoea tricolor* Cav.

CUCURBITACEAE

- ▶ *Sechiopsis tetraptera* Dieterle

ERICACEAE

- ▶ *Arctostaphylos pungens* Kunth

EUPHORBIACEAE

- ▶ *Croton flavescens* Greenm.
- ▶ *Croton* sp.
- ▶ *Ditaxis neomexicana* (Müll.Arg.) A.Heller
- ▶ *Euphorbia antisiphilitica* Zucc.
- ▶ *Euphorbia indivisa*
- ▶ *Euphorbia* sp.
- ▶ *Jatropha dioica* Sessé
- ▶ *Ricinus communis* L.

FABACEAE

- ▶ *Acacia schaffneri* (S.Watson) F.J.Herm.
- ▶ *Acacia constricta* Benth.
- ▶ *Acacia angustissima* (Mill.) Kuntze
- ▶ *Acacia pennatula*
- ▶ *Calliandra eriophylla* Benth.
- ▶ *Cercidium praecox* (Ruiz & Pav.) Harms
- ▶ *Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd.
- ▶ *Desmodium distortum* (Aubl.) J. F. Macbr.
- ▶ *Desmodium* sp.
- ▶ *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.
- ▶ *Eysenhardtia* sp.
- ▶ *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J.F.Macbr.
- ▶ *Lonchocarpus* sp.
- ▶ *Marina neglecta* (Robinson) Barneby
- ▶ *Medicago sativa* L.
- ▶ *Mimosa monancistra* Benth.
- ▶ *Mimosa* sp.
- ▶ *Phaseolus microcarpus* Mart.
- ▶ *Phaseolus vulgaris* L.
- ▶ *Prosopis laevigata* (Willd.) M.C.Johnst.

FOUQUIERIACEAE

- ▶ *Fouquieria splendens* Engelm.

HYDROPHYLLACEAE

- ▶ *Wigandia urens* (Ruiz & Pavón) Kunth

LAMIACEAE

- ▶ *Salvia pruinosa* Fernald

LOASACEAE

- ▶ *Cevallia sinuata* Lag.
- ▶ *Gronovia scandens* L.
- ▶ *Mentzelia hispida* Willd.

MALVACEAE

- ▶ *Melochia tomentosa* L.
- ▶ *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) G.Don
- ▶ *Sida abutilifolia* Mill.
- ▶ *Sida collina* Schltld.

NYCTAGINACEAE

- ▶ *Mirabilis albida* (Walter) Heimerl
- ▶ *Mirabilis viscosa* Cav.
- ▶ *Boerhavia scandens* L.

ONAGRACEAE

- ▶ *Ludwigia palustris* (L.) Elliott
- ▶ *Oenothera rosea* L'Hér. ex Aiton

OXALIDACEAE

- ▶ *Oxalis* spp.

PAPAVERACEAE

- ▶ *Argemone ochroleuca* Sweet

POACEAE

- ▶ *Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm.
- ▶ *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

POLEMONIACEAE

- ▶ *Loeselia mexicana* (Lam.) Brand
- ▶ *Loeselia scariosa* (M. Martens & Galeotti) Walp.

RANUNCULACEAE

- ▶ *Halerpestes cymbalaria* (Pursh) Greene

RESEDACEAE

- ▶ *Reseda luteola* L.

RHAMNACEAE

- ▶ *Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc.

ROSACEAE

- ▶ *Cowania mexicana* A.Gray

RUBIACEAE

- ▶ *Randia* sp.

SALICACEAE

- ▶ *Populus fremontii* S.Watson
- ▶ *Salix bonplandiana* Kunth
- ▶ *Salix taxifolia* Kunth

SAPINDACEAE

- ▶ *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq.
- ▶ *Sapindus saponaria* L.

SCROPHULARIACEAE

- ▶ *Buddleja cordata* Kunth
- ▶ *Buddleja sessiliflora* Kunth
- ▶ *Maurandya antirrhiniflora* Humb. & Bonpl. ex Willd.

SOLANACEAE

- ▶ *Datura* sp.
- ▶ *Nicotiana glauca* Graham
- ▶ *Solanum elaeagnifolium* Cav.
- ▶ *Solanum rostratum* Dunal

ULMACEAE

- ▶ *Celtis pallida* Torr.

VERBENACEAE

- ▶ *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc.
- ▶ *Lippia graveolens* Kunth
- ▶ *Lippia* sp.
- ▶ *Phyla nodiflora* (L.) Greene
- ▶ *Verbena carolina* L.





2. Lista de nuevos registros para Durango de especies de importancia apícola.

Agave vilmoriniana A. Berger
Ageratina triniona (McVaugh) R.M.King & H.Rob.
Baccharis heterophylla Kunth
Buchloe dactyloides (Nutt.) Engelm.
Bursera palmeri S.Watson
Carlowrightia serpyllifolia A.Gray
Cercidium praecox (Ruiz & Pav.) Harms
Cevallia sinuata Lag.
Cowania mexicana A.Gray
Croton flavescens Greenm.
Chloracantha spinosa (Benth.) G.L. Nesom
Dasyllirion durangense Trel
Desmodium distortum (Aubl.) J. F. Macbr.
Ditaxis neomexicana (Müll.Arg.) A.Heller
Dodonaea viscosa (L.) Jacq.
Euphorbia indivisa (Engelm.) Tidestr.
Gronovia scandens L.
Ipomoea murucoides Roem. & Schult.
Ipomoea tricolor Cav.
Karwinskia humboldtiana (Schult.) Zucc.
Lonchocarpus sp
Marina neglecta (Robinson) Barneby
Melochia tomentosa L.
Mirabilis albida (Walter) Heimerl
Mirabilis viscosa Cav.
Phaseolus microcarpus Mart.
Rhus terebinthifolia Schlecht. & Cham
Salvia pruinosa Fernald
Sapindus saponaria L.
Sechiopsis tetraptera Dieterle
Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth

BIBLIOGRAFÍA

[1] D. Ramírez Noya. "Exploradores y colectores botánicos de material biológico del siglo XIX en Durango". Alarife 2000 Nueva época. Vol. V; 51. pp. 15-18, 2006.
 [2] A. Wulfrath and J. Speck. Enciclopedia Apícola. México, D.F. Agrícola Mexicana, 1953.
 [3] M. González-Castillo, D. Ramírez-Noya, S. Acosta-Castellanos. "Flora utilizada por *Apis mellifera* L. en la producción de miel en el municipio del Mezquital, Durango".

1st. Cong. Asoc. Mex. Sistm Artrp., 2018, pp.109, CD. MX.
 [4] M. González-Castillo, D. Ramírez-Noya, S. Acosta-Castellanos. "Análisis palinológico de muestras de miel de *Apis mellifera* L., provenientes del Mezquital, Durango." 25th. Cong. Int. Act. Apí., 2018, pp. 23-27. Queretaro, Qro., Méx.
 [5] M. González-Castillo, M. Rosales Castro; S. Alvarado Aguilar. "Composición química del polen colectado por abejas (*Apis mellifera* L.), en dos regiones del estado de Durango." 25th. Cong. Int. Act. Apí., 2018, pp. 33-36. Queretaro, Qro., Méx.
 [6] E. Hernández, M. Castillo-González, S. Acosta, D. Ramírez. "Representación geográfica de Asteraceae y Fabaceae de importancia apícola en el valle de Poanas y Mezquital, Durango." 30th. Sem. Int. Agrn., 2018, pp. 1169-1175. Gomez Palacio, Dgo., Méx.
 [7] V. Orozco G., M. González Castillo, D. Ramírez. "Resultados preliminares del estudio de árboles y arbustos de importancia para la abeja *Apis mellifera* L., en el valle del Mezquital, Dgo." 30th. Sem. Int. Agr., 2018, pp. 1046-1051. Gómez P., Dgo., Méx.
 [8] (2018) INAFED. Enciclopedia de los Municipio y Delegaciones de México. Accessed Jun. 2018. [on line]. Available: <http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10014a.html>
 [9] (2018) Wikipedia, Mezquital, Durango. Accessed March. Accessed Jun 2018. [on line]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Mezquital\(municipio\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Mezquital(municipio))
 [10] M.S. González E., M. González E., M. Márquez L. Vegetación y ecorregiones de Durango. Méx., DF: Plaza y Valdés, 2007.
 [11] (2018) Google Earth Pro. Accessed. May 2017. [on line]. Available: <https://earth.google.com/>
 [12] Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI). "Carta de temperaturas medias anuales, Guadalajara. 1: 1, 000,000." México, DF. 2th. imp. 1984.
 [13] A. Lot, F. Chiang (comp.). Manual de Herbario. "Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos". México, DF.: UNAM, 1986.
 [14] D. Ramírez, N. "Resultados preliminares del estudio de la flora apícola en el municipio de Vicente Guerrero, Dgo.", V Sem. Am. Api., 1991, pp. 91-92. Guadalajara, Jal., Méx.
 [15] D. Ramírez N. "Nuevos registros de Compositae de importancia apícola en la flora de Durango y México". Interciencia, 2001. Vol.1; 1, pp.18-21. CIIDIR-IPN-DGO. 2001.
 [16] D. Ramírez N., M. González Castillo, S. Acosta C., M. García Ramírez. 2018. "Flora fanerogámica silvestre de Importancia apícola, en dos regiones del municipio de Mezquital, Dgo., Mex." 14Th. Cong. Nal. Rec. Biót. Zon. Árid., 2018, pp. 96-97. Bermejillo, Dgo., Méx.

PREDICCIÓN DEL NÚMERO DE PAROS DE PRODUCCIÓN EN LÍNEAS DE ENSAMBLE

Prediction of the number of production stoppages in assembly lines

Dra. Gema Karina Ibarra Torúa¹
M.I. David Ruiz Aguirre²
Dr. Dagoberto Burgos Flores³
Ilse Irene Yepis Osuna⁴

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Gilberto Orrantia-Daniel¹
Jaime Sánchez-Leal²
Jorge de la Riva-Rodríguez³
Manuel Rodríguez-Medina⁴
Rosa María Reyes-Martínez⁵

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
M.C. Gilberto Orrantia-Daniel
Correo: orrantiadaniel@hotmail.com

Resumen

Es presentada una metodología para evaluar la condición actual y predecir la causa de inactividad de líneas de ensamble realizando un análisis del número de paros de producción. Es investigado el comportamiento de los paros por causa y por tipo de estación de trabajo, para así orientar a una mejor toma de decisiones. Los datos recolectados fueron la estación que provoca el paro de línea, su causa y el número de paros. Los cálculos obtenidos fueron las probabilidades de las causas de paro, aplicando la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrada. En base a la distribución multinomial, fueron presentados modelos para predecir las causas de los próximos "m" paros de la línea. Además, uno de los principales hallazgos fue que los paros debidos a los operadores son el 61.37% de todos los paros, por lo que es recomendado maximizar las habilidades y conocimientos de los operadores..

Palabras clave: Líneas de ensamble, prueba chi-cuadrada, distribución multinomial, paro de línea.

Abstract

A methodology is presented to evaluate the current condition and predict the cause of inactivity of assembly lines by performing an analysis of the number of production stoppages. The behavior of the stoppages is investigated by cause and by type of work station, in order to guide better decision making. The data collected was the station that causes the line stoppage, its cause and the number of stoppages. The calculations obtained were the probabilities of the causes of stoppage, applying the chi-square goodness of fit test. Based on the multinomial distribution, models were presented to predict the causes of the next "m" stoppages of the line. In addition, one of the main findings was that the stoppages due to operators are 61.37% of all stoppages, so it is recommended to maximize the skills and knowledge of the operators.

Keywords: Assembly lines, chi-square test, multinomial distribution, line stoppage

¹ Tecnológico Nacional de México/I. T. Hermosillo, Departamento de Ingeniería Industrial. Hermosillo, Sonora, México. Correo: orrantiadaniel@hotmail.com

² Tecnológico Nacional de México/I. T. Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo: jsanchez@itcj.edu.mx

³ Tecnológico Nacional de México/I. T. Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo: jriva@itcj.edu.mx

⁴ Tecnológico Nacional de México/I. T. Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo: manuel_rodriguez_itcj@yahoo.com

⁵ Tecnológico Nacional de México/I. T. Ciudad Juárez, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Correo: rosyreyes2001@yahoo.com



INTRODUCCIÓN

En los sistemas de producción existe la preocupación por tener procesos esbeltos y con ello reducir y eliminar los desperdicios [1]. Parte de la manufactura esbelta consiste en la búsqueda de la eliminación de desperdicios. El desperdicio es cualquier cosa que aumenta el costo, pero no el valor a un producto. Uno de los siete desperdicios es la espera, reflejada en retrasos, paros y en procesos u operaciones detenidas esperando al proceso anterior [2].

Los paros inesperados y constantes en las estaciones de una línea de ensamble pueden tener consecuencias en el funcionamiento general de la línea. El efecto negativo de los paros en líneas de ensamble con ritmo continuo no sólo afecta a la estación de trabajo que generó el paro, sino que también obliga a que todas las estaciones de trabajo dejen de funcionar, sin importar si están antes o después de la estación en paro, causando un vacío en la productividad de toda línea.

OBJETIVO

Es buscado evaluar la condición actual y predecir el número de paros de producción según la causa de inactividad en líneas de ensamble por medio de un análisis del número de paros de línea. El objetivo es interpretar el comportamiento de los paros por causa y por tipo de estación de trabajo, para así orientar a una mejor toma de decisiones a los administradores de las líneas de ensamble. Los datos recolectados fueron la estación que provoca el paro de línea, su causa y el número de paros.

MARCO TEÓRICO Y TRABAJO PREVIO

El tiempo de paro es la interrupción de alguna operación por descomposturas de máquinas o herramientas, falta de material, entre otros [3]. A partir de la anterior definición,

es determinado que un paro de línea es una interrupción de una operación realizada en alguna estación de trabajo.

Una línea de ensamble a ritmo tiene un sistema de cinta transportadora que mueve los puestos de trabajo (por ejemplo, automóviles) desde una estación de trabajo a la siguiente, a una velocidad constante. Si el ensamble en una estación en particular es realizado manualmente, los trabajadores caminan al lado de la cinta transportadora mientras desempeñan su operación, al finalizar caminan de regreso al punto en la línea que corresponde al comienzo de su estación o sección [4].

Existen estudios que analizaron los paros de producción, cuyo objetivo fue una identificación rápida del problema para eliminarlo como lo presenta Xi Gu et al. [5], sin embargo, fue detectado que son pocos los análisis de las causas que generan los paros de línea.

Uno de los estudios relacionado con el análisis de las causas de los paros de línea fue realizado por Panagiotis H. Tsarouhas [6], quien desarrolló una metodología para clasificar los modos de falla principales en categorías para una línea de producción de pan durante un periodo de 2 años. Estimó las probabilidades de estas categorías aplicando la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrada, y calculó las probabilidades conjuntas de la función de masa para estación de trabajo y a nivel de línea. Presentó ejemplos numéricos con el fin de predecir las causas y frecuencias de averías para estaciones de trabajo y para la línea de producción de pan que será producida en el futuro. La metodología está destinada como guía para fabricantes de productos de pastelería y panadería, mejorando el funcionamiento de las líneas de producción.

El estadístico Chi-cuadrada tiene aplicaciones en la verificación de hipótesis sobre una varianza y en los métodos de análisis de variables categóricas, generalmente con datos de variables continuas y categóricas específicamente



cuando se trata de datos binomiales, pero también es aplicable en datos categóricos en forma generalizada en función de variables multinomiales [7].

Al realizar un análisis de datos clasificados con dos o más niveles, la distribución binomial es apropiada para analizar las clasificaciones con dos niveles, mientras que la distribución multinomial es apropiada cuando hay tres o más niveles de clasificación. Las pruebas de hipótesis son referidas para evaluar si el vector de probabilidad de la distribución multinomial toma un valor especificado. La prueba de bondad de ajuste, a menudo expresada como prueba Chi-cuadrada, es utilizada para probar la hipótesis de homogeneidad (que establece que toda clasificación es igualmente probable) y la hipótesis de independencia. Este método también puede ser utilizado para probar las hipótesis de distribución de un conjunto de datos [8].

La prueba de bondad y ajuste verifica hipótesis sobre los valores de las proporciones los cuales provienen de teorías, leyes o aseveraciones, por ejemplo, si se desea comprobar la hipótesis de uniformidad, es decir que todas las categorías son igualmente probables, esto es que $P_i = 1/c$, para todos los valores. Básicamente la verificación consiste en ver si las observaciones se ajustan a los valores hipotéticos.

La prueba de bondad de ajuste está desarrollada por Jaime Sánchez [7], además están explicadas las pruebas de independencia y las pruebas de homogeneidad, las cuales serán utilizadas más adelante para el tratamiento de los datos. Además, por Jaime Sánchez [7] está explicado que la distribución multinomial es el modelo matemático de un experimento multinomial, cuyas observaciones pueden estar clasificadas en "c" diferentes categorías o clases mutuamente excluyentes.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los paros de producción de una línea de ensamble con ritmo continuo detienen la línea cada vez que al menos una



estación de trabajo requiere más tiempo que el asignado para culminar su tarea teniendo como consecuencia la falta de producción y el incumplimiento a las solicitudes de los clientes, entre otras. Esos paros son debidos a causas de diversas índoles que requieren ser evaluadas y que permita predecir los paros de línea, para así orientar la mejora de la administración de la operación de la línea de ensamble.

Este estudio está basado en lo realizado por Panagiotis H. Tsarouhas [6], solo que es aplicado en una línea de ensamble de la industria automotriz; la información es tomada de registros de mantenimiento y de la observación directa de la línea de ensamble; la duración de un paro en su mayoría es en segundos y a lo mucho en minutos. Además, detectamos que los problemas no solo los debía de atender el área de mantenimiento, si no que debían intervenir otras áreas en su solución.

La línea de ensamble que fue analizada está compuesta de varias estaciones de trabajo en serie. El movimiento de material entre estaciones es realizado automáticamente por un solo medio mecánico. Está formada por 34 estaciones de trabajo que en su mayoría realizan operaciones de ensamble manual con ayuda de herramientas manuales eléctricas (taladros) y esporádicamente son utilizados lectores manuales de códigos de barras (escáneres).

Cuando es producido un paro en alguna estación de trabajo, el primero en determinar lo que debe hacerse para eliminarlo, es el operador de la estación de trabajo y en segunda instancia el jefe de línea y el supervisor de producción. Ellos son los que evalúan la situación y dependiendo del problema solicitan intervención de los departamentos de soporte. Los principales departamentos de soporte son el de mantenimiento, ingeniería, calidad y materiales.

MÉTODO DE TRABAJO

Primeramente, fue recolectada una muestra de paros de línea para obtener un análisis inicial (ver tabla 1). El objetivo de ésta muestra fue agrupar las estaciones según la cantidad de paros de línea que generan.

Tabla 1. Frecuencia de paros por estación de la línea de ensamble.

Mue.	Est. en paro	Frec.	Tipo de estación	Mue.	Est. en paro	Frec.	Tipo de estación	Mue.	Est. en paro	Frec.	Tipo de estación
1	2	64	B	9	12	38	B	17	21	42	B
2	3	27	C	10	13	48	B	18	22	36	B
3	4	30	C	11	14	86	A	19	23	80	A
4	5	117	A	12	15	30	C	20	24	38	B
5	7	57	B	13	16	31	C	21	25	18	C
6	8	30	C	14	17	88	A	22	33	39	B
7	10	197	A	15	18	33	C	23	34	56	B
8	11	69	B	16	20	43	B		Total	1297	

Como es mostrado en la tabla 1, fueron eliminadas aquellas estaciones con menos de 5 paros con el fin de cumplir con uno de los supuestos para realizar el análisis de medias que es presentado más adelante. Las estaciones eliminadas fueron la 1, 6, 9, 19, 26, 27, 28, 29, 30, 31, y 32. El número total de paros inicialmente analizados fueron de 1297 paros de línea. Más adelante será explicado cómo se obtuvo la columna "tipo de estación".

Posteriormente fueron clasificadas las estaciones según la frecuencia de paros de línea con un análisis de medias para datos con distribución Poisson. Éste análisis de medias (también llamado ANOM) es equivalente al gráfico de ANOVA y a la prueba la igualdad de las medias de la población [9]. En nuestro caso, el gráfico ANOM fue utilizado para obtener tres grupos o tipos de estaciones; un grupo por arriba de la media, otro grupo alrededor de la media general y finalmente un grupo por debajo de la media, los cuales los identificamos con las letras "A", "B" y "C" respectivamente (ver figura 1 y tabla 1).

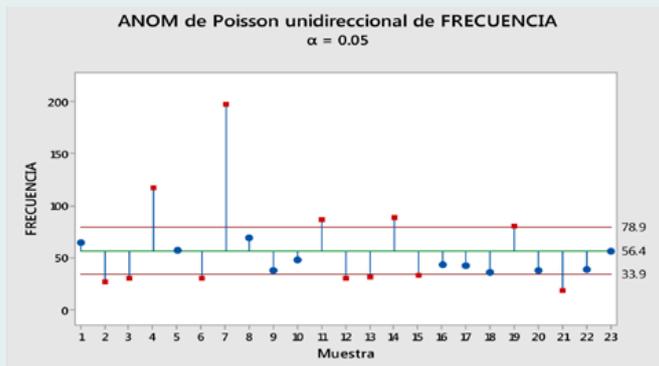


Figura 1. Gráfica ANOM para la frecuencia de paro por estación de trabajo.

En seguida, una segunda muestra más pequeña fue recolectada con la cantidad de paros por tipo de estación y por causa de paro. En la tabla 2 es mostrada la frecuencia y clasificación resultante de ésta segunda muestra con 189 paros.

Tabla 2. Frecuencia y clasificación de los paros por estación de la línea de ensamble.

Tipo de Estación	Causas de los Paros por Estación				Total Tipo Estación
	Operador	Herramientas	Materia Prima	Otros	
A	77	15	14	7	113
B	25	5	6	7	43
C	14	8	5	6	33
Total Causa	116	28	25	20	189

Además, las causas o motivos de los paros fueron clasificados por operador, herramientas, materia prima y otras causas (otros).

Los datos fueron agrupados de esta forma para ajustar la prueba de independencia de la cantidad de paros. Lo verificable con la prueba de independencia es encontrar si las probabilidades de que estos grupos de estaciones y de estas causas de paro ocurran simultáneamente, es igual al producto de las probabilidades individuales. Determinado lo anterior, podemos aplicar las formulas de la distribución binomial y de la multinomial.





Con base en los datos de la frecuencia de paros de la línea mostrados en la tabla 2, calculamos las probabilidades para los diferentes motivos de paro y evaluamos las pruebas de hipótesis, lo que permitió verificar la credibilidad de una declaración específica para cada una de estas probabilidades. Los paros de la línea de ensamble fueron clasificados en paros debidos al operador (P_2), herramientas, materia prima (P_3) y a otras causas (P_4). De los datos de la Tabla 2, con $p_i = x_i/n$, con $1 \leq i \leq k$, fueron obtenidas las probabilidades de clase para la línea (ver Tabla 3).

Tabla 3. Probabilidades de clase a nivel línea de ensamble.

P_1	P_2	P_3	P_4
0.61376	0.14815	0.13228	0.10582

La credibilidad de esta sugerencia puede ser examinada con una prueba de bondad de ajuste chi-cuadrada. Por esta razón, es inferida la distribución multinomial, considerada una extensión multivariable de la distribución binomial. Cada paro era independiente y clasificado en una de las k clases. La prueba de independencia fue realizada para la Tabla 2 de la misma forma en que fue desarrollada por Jaime Sánchez [7], pero ahora aplicando un experimento multinomial en dos sentidos, que expresamos a continuación:

Hipótesis. H_0 : El tipo de estación es independiente de la causa o motivo del paro H_1 : El tipo de estación es dependiente de la causa o motivo del paro.

Estadístico de prueba:

$$X_c^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c n_{ij} - E n_{ij} \quad E n_{ij} \sim x_6^2 \quad (1)$$

Donde

$$v = (r-1)(c-1) = (3-1)(4-1) = 6 \quad (2)$$

$$E n_{ij} = n_i \cdot n_j / n \quad (3)$$

$$\text{Valor } -p = P(x_c^2 > x_6^2) \quad (4)$$

$x_{6,0.01}^2$ es obtenido de tal forma que $P(x_c^2 > x_{6,0.01}^2) = 0.01$. Regla de decisión: Si $x_c^2 > 16.8119$ entonces rechazar H_0 , de otra manera no rechazar. Si el Valor- $p < \alpha$ entonces rechazar H_0 , de otra manera no rechazar. Obteniendo los valores de la ecuación (3) para cada $E n_{ij}$ y sustituyendo estos valores en la ecuación (1), obtenemos el valor $x_c^2 = 10.648$. Decisión: $x_c^2 < 16.8119$, entonces no rechazar H_0 . Además, el Valor- $p = 0.100$ y $\alpha = 0.05$. Como el Valor- $p > \alpha$, entonces no rechazar H_0 . Conclusión: Los datos proveen suficiente evidencia para indicar que el tipo de estación es independiente de la causa o motivo del paro, con un nivel de significancia del 1%.

Una vez comprobada la independencia, asumimos una distribución multinomial con $k=4$ elementos y un conjunto de probabilidades por elemento desconocidas p_1, p_2, p_3, p_4 . Sobre la base de un conjunto de frecuencias por elemento observado x_1, x_2, x_3, x_4 con $\sum_{i=1}^4 x_i = 189$, las hipótesis nulas $H_0: p_1 = 0.61376, p_2 = 0.14815, p_3 = 0.13228, p_4 = 0.10582$ que establece que las probabilidades de clase toma un conjunto específico de valores, tiene un valor p que puede calcularse como:

$$\text{valor } -p = P\{X_{k-1}^2 \geq X^2\} \quad (5)$$

donde la prueba estadística chi-cuadrada es

$$X^2 = \sum_{i=1}^3 \frac{(x_i - e_i)^2}{e_i} \quad (6)$$

con frecuencias esperadas de clase o número esperado de paros de clase i , que es

$$e_i = n \times p_i, \text{ donde } n = 189 \text{ y } i = 1, 2, 3, 4 \quad (7)$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (6) obtuvimos: $X^2 = 4.17807E-08$ con $k-1 = 4-1 = 3$ grados de libertad. Por lo que la ecuación (5) es convertida en $\text{valor } -p = P\{x_3^2 \geq 4.17807E-08\} = 1$. De manera alternativa, la hipótesis nula no se rechaza si $x_{k-1, \alpha}^2 \geq X^2$. Al determinar el valor de $\alpha = 0.01$ y el de $x_{3,0.01}^2 = 11.34$ es concluido que existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula.

Así, podemos predecir que los siguientes m paros de la línea de ensamble tienen una distribución multinomial, y su función de masa de probabilidad conjunta es

$$P_{\text{línea}} \{X_1 = x_1, \dots, X_4 = x_4\} = \frac{m!}{x_1! \dots x_4!} \times p_1^{x_1} \times \dots \times p_4^{x_4} \quad (8)$$



La fórmula (8) es importante tomarse en cuenta por los departamentos involucrados porque puede predecir la causa o motivo de los siguientes m paros de la línea, suponiendo que un paro de línea es independiente de otro.

Posteriormente, fue realizada la prueba de bondad de ajuste chi-cuadrada a nivel de estación de trabajo, con frecuencias de clases observadas x_{ij} donde los m paros de línea (observaciones) fueron clasificados en una (y sólo una) de las k clases de las λ estaciones de trabajo, con lo que obtuvimos:

$$m = \sum_{j=1}^{\lambda} m_j = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{\lambda} x_{ij} \quad (9)$$

y las frecuencias esperadas de clase o número esperado de paros de clase ij son:

$$e_{ij} = n_j \times p_{ij}, \text{ donde } i = 1, 2, 3, 4 \text{ y } j = 1, 2, 3 \quad (10)$$

Es observada una coincidencia entre las frecuencias de clase observadas y las frecuencias de clase esperadas,

por lo tanto, la hipótesis nula no se rechaza para el nivel de estación de trabajo con sus respectivas probabilidades (ver tabla 4).

Tabla 4. Probabilidades de clase para la línea de ensamble a nivel estación de trabajo.

ESTACIÓN	P _{ij} categorías			
	1	2	3	4
TIPO A	0.68142	0.13274	0.12389	0.06195
TIPO B	0.58140	0.11628	0.13953	0.16279
TIPO C	0.42424	0.24242	0.15152	0.18182

Consecuentemente, podemos predecir los próximos m_j paros de la línea de ensamble a nivel de estación de trabajo a partir de la distribución multinomial, con la función de masa de probabilidad, la cual es:

$$P_{ET_j} \{X_{1j} = x_{1j}, \dots, X_{4j} = x_{4j}\} = \frac{m_j!}{x_{1j}! \dots x_{4j}!} \times p_{1j}^{x_{1j}} \times \dots \times p_{4j}^{x_{4j}} \text{ para } j = 1, 2, 3 \quad (11)$$

RESULTADOS

Los datos obtenidos de la segunda muestra de la línea de ensamble fueron recolectados durante un tiempo de 8 horas, en el cual fueron recogidas 189 muestras de paros de línea. A partir de ello fue aproximada la tasa de paros de la línea de ensamble por hora como $189/8=23.625$ paros por hora. Una vez establecido el número de m paros en la línea de ensamble, con las ecuaciones (8) y (9), fueron calculados los paros y obtenida la función de masa de probabilidades conjunta a nivel de línea. En la Tabla 5, es presentada la asignación de paros para diferentes valores de m y la función de masa de probabilidades para la línea de ensamble a nivel de línea.

Tabla 5. Localización de los paros para los diferentes m paros y su función de masa de probabilidad a nivel línea.

m paros	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	P _{Línea}	m paros	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	P _{Línea}
1	1	0	0	0	0.61376	13	8	2	2	1	0.03159
2	2	0	0	0	0.37670	14	9	2	2	1	0.03016
3	2	1	0	0	0.16742	15	9	2	2	2	0.02394
4	2	1	1	0	0.08858	16	10	2	2	2	0.02351
5	3	1	1	0	0.09061	17	10	3	2	2	0.01974
6	4	1	1	0	0.08342	18	11	3	2	2	0.01982
7	4	1	1	1	0.06179	19	12	3	2	2	0.01926
8	5	1	1	1	0.06068	20	12	3	3	2	0.01699
9	6	1	1	1	0.05587	21	13	3	3	2	0.01684
10	6	2	1	1	0.04138	22	14	3	3	2	0.01624
11	7	2	1	1	0.03991	23	14	3	3	3	0.01318
12	7	2	2	1	0.03168						

Es importante observar el número actual de m paros hasta el primer paro de X_i . El primer paro debido al operador X_1 es probable que aparezca cuando $m=1$, el primer paro debido a la herramienta X_2 es probable que aparezca cuando $m=3$, el primer paro debido a materias primas X_3 es probable que aparezca cuando $m=4$ y el primer paro debido a otras causas X_4 es probable que aparezca cuando $m=7$.

También fue observada en la función de masa de probabilidad (8) que si $x_1=1$ y $x_2=x_3=x_4=0$, siendo un caso especial donde en la línea de ensamble es presentado sólo un paro debido a la primera clase y ningún paro debido a las otras clases, la probabilidad puede obtenerse de la ecuación (8) como, $P_{\text{Línea}}\{X_1=1, X_2=0, X_3=0, X_4=0\}=\frac{1!}{110!0!0!0!} \times p_1^1 \times p_2^0 \times p_3^0 \times p_4^0 = p_1 = 0.61376$.

Después, si $x_1=2$ y $x_2=x_3=x_4=0$ en la línea de ensamble es presentado sólo dos paros debido a la primera clase, obtenemos que $(p_1)^2=0.37670$. Lo mismo sucede si sólo es presentado un paro debido a la segunda clase $P_{\text{Línea}}\{X_2=1 \text{ y } X_1=X_3=X_4=0\}=p_2=0.14815$ en la línea de ensamble, etc.

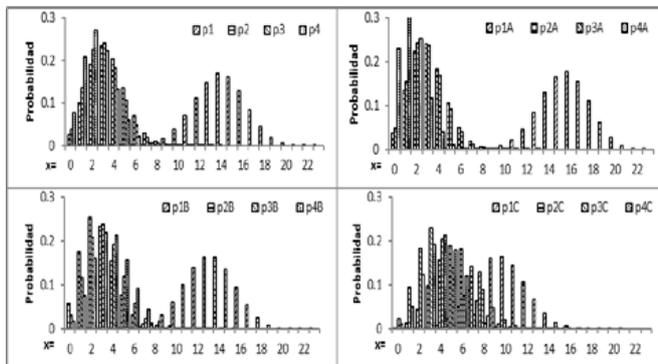


Figura 2. Gráficas de probabilidad por causa de paro con respecto al número de paros ($x=23$ paros por hora) para la línea de ensamble y para los tipos de estaciones.

Además, al investigar cómo las probabilidades de las diferentes categorías de p_i y P_{ij} afectan, podrá ser mejorada la eficiencia de la línea de ensamble. Así, fue realizado un estudio numérico asumiendo la distribución binomial por ser la más adecuada en el caso (a) $x_i \approx B(23, p_i)$, con $i=1,2,3,4$ para el nivel línea y el caso (b) $x_{ij} \approx B(23, p_{ij})$, con $i=1,2,3,4$ y $j=1,2,3$ para el nivel de estaciones de trabajo. En ambos casos, la variable aleatoria de interés fue el número de paros obtenidos dentro de un número fijo de 23 paros totales independientes, cada uno de los cuales tiene una probabilidad constante p_i y P_{ij} de paros para el caso (a) y para el caso (b), respectivamente (ver figura 2).

De la figura 2, son hechas las siguientes observaciones: Toda la línea de ensamble muestra una marcada presencia de paros debidos al operador cuando $x > 8$ y cuando $x < 8$ muestra presencia de paros debido a las herramientas, materias primas y otras causas.

Conclusiones

Es más probable que estén presentes los paros de línea a causa de los operadores debido a que representan el 61.37% de todos los paros, por lo que se requerirá maximizar las habilidades y conocimientos de los operadores sobre las operaciones a realizar en las estaciones de trabajo, además de maximizar las habilidades y conocimientos sobre las características y condiciones de las materias primas a ensamblar y sobre las herramientas a utilizar, con una formación adecuada de acuerdo a las necesidades específicas de cada estación de trabajo y de cada individuo.

La atención de problemas en la línea de ensamble exige un equipo de individuos con conciencia, en donde los operadores de la línea de ensamble son quienes tienen la capacidad de descubrir, corregir anomalías y aprender de esos errores para no continuar con ellos. Además, es necesario buscar que los operadores cuenten con las condiciones óptimas con el fin de aumentar la efectividad de la operación de la línea.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Simboli, R. Taddeo and A. Morgante, "Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency", *Administrative Sciences*, vol. 4, n° 3, p. 173–191, 4 July 2014.
- [2] S. Shingo, *A Study of the Toyota Production System. From an Industrial Engineering Viewpoint*, Cambridge, MA: Productivity Press, 1989.
- [3] B. W. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*, Duodécima ed., México, D.F.: McGraw Hill, 2009.
- [4] M. L. Pinedo, *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*, Second edition ed., New York, NY: Springer Science+Business Media, LLC, 2009.
- [5] X. Gu, S. Lee, X. Liang, M. Garcellano, M. Diederichs and J. Ni, "Hidden maintenance opportunities in discrete and complex production lines", *Expert Systems with Applications*, vol. 40, n° 11, p. 4353–4361, 1 September 2013.
- [6] P. H. Tsarouhas, "Classification and calculation of primary failure modes in bread productionline", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol 94., p. 551–557, 2009.
- [7] J. Sánchez Leal, *Estadística*, Primera ed., Ciudad Juárez, Chihuahua: Taller Editorial del Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, 2001.
- [8] A. Hayter, *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, Fourth ed., Boston, Massachusetts: Cengage, 2012.
- [9] P. Pallmann y L. A. Hothorn, "Analysis of means: a generalized approach using R", *Journal of Applied Statistics*, vol. 43, n° 8, p. 1541–1560, 2016.



CRISPR/CAS: EL FUTURO DE LA EDICIÓN GENÉTICA

CRISPR / Cas: the future of genetic editing

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Daniel Mayboca Padilla ¹
Daniel Flores Ruiz ²

Recibido: 14 de octubre de 2016,
Aceptado: 13 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
LIC. DANIEL MAYBOCA PADILLA
Correo: daniel.mayboca.mc18@estudiantes.ciad.mx

Resumen

Desde el emprendimiento del proyecto del genoma humano y la posterior publicación de la secuencia de los más de 20,000 genes que lo comprende, el estudio de los genomas de muchos organismos, su manipulación y edición ha sido tendencia desde entonces, siendo propuestas y descubiertas nuevas herramientas que permiten la edición de los ácidos nucleicos. La función natural de CRISPR/Cas supone una defensa de las bacterias ante infecciones virales y terminó por ser un gran avance en el campo de las ciencias genómicas, permitiendo la edición genómica con mayor precisión al de las técnicas que le anteceden. Las aplicaciones de este sistema en las que se ha hecho énfasis en estos últimos años, son en la terapia génica y en el desarrollo de tratamientos antivirales. A pesar de los grandes avances de CRISPR/Cas, aún se requiere incrementar su especificidad para eliminar la aparición de mutaciones fuera del gen objetivo.

Palabras clave: CRISPR/Cas, Edición genómica, Terapia génica, Tratamiento antiviral.

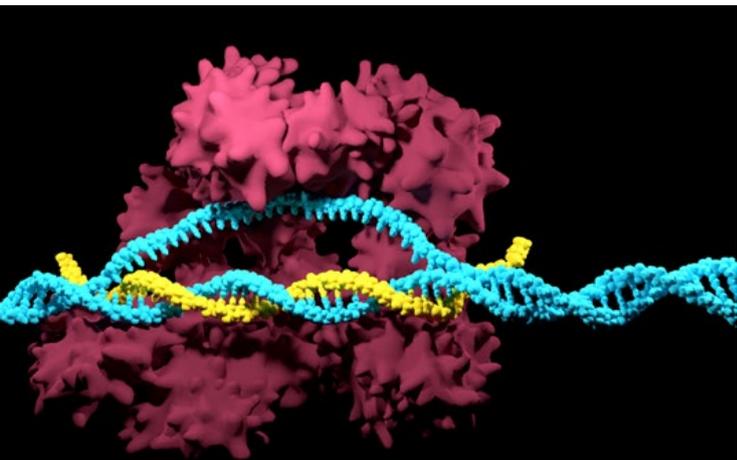
Abstract

Since the project of the human genome and the subsequent publication of the sequence of more than 20,000 genes that comprise it, the study of the genomes of many organisms and their editing have been a trend since then, being proposed and discovered new tools that allow the editing of DNA. CRISPR/Cas system whose natural function is a defense of bacteria against viral infections, ended up being a breakthrough in the field of genomic sciences, allowing genomic editing at a level of precision greater than the techniques that preceded it. The applications of this system that has been emphasized in recent years, are gene therapy and the Development of alternative antiviral treatments. Despite the advances of CRISPR/Cas, it is still required to increase its specificity to eliminate the appearance of mutations outside the target gene.

Keywords: CRISPR/Cas, Genomic editing tool, Gene therapy, Antiviral treatment.

¹ Centro de investigación en alimentación y desarrollo A.C. daniel.mayboca.mc18@estudiantes.ciad.mx

² Centro de investigación en alimentación y desarrollo A.C. daniel.flores.mc18@estudiantes.ciad.mx



es aquí cuando el conocimiento de los ácidos nucleicos permitió el avance experimental, surgiendo lo que hoy conocemos como "Tecnología del ADN Recombinante". Esto se refiere al uso de moléculas de ADN para juntar material genético por distintos métodos, resultando así ADN recombinante, lo que es posible debido a que el material genético de todos los organismos comparte la misma estructura química, mismas características y propiedades fisicoquímicas, siendo la secuencia nucleotídica aquello que varía entre especies. De esta manera es posible combinar por diferentes técnicas, genes o secuencias nucleotídicas de interés en organismos, que de manera natural no se encuentran, lo anterior se conoce como ADN exógeno [7, 8].

Múltiples técnicas se han desarrollado para la manipulación del material genético, su modificación, expresión, entre otras cosas, y es aquí donde la biotecnología y la ingeniería genética han tenido tantas aplicaciones, desde la producción de la insulina humana recombinante hasta la mejora genética de cultivos, es todo un mundo de aplicaciones y de metodologías desarrolladas en función de un elemento común, el ADN, que es a donde está centrada la parte fundamental del presente artículo, donde será revisada una de las técnicas moleculares de mayor impacto en los últimos años, esta tecnología nos permite la edición de secuencias de ADN del genoma, pero a diferencia de otras, esta es de forma específica, tan así que podemos imaginarnos unas tijeras moleculares para cortar en puntos determinados e insertar los cambios deseados con mayor exactitud, esta herramienta molecular es conocida como CRISPR/Cas [8].

Primeros descubrimientos

En los 70's, la edición genómica fue posible por recombinación homóloga, si bien era un método complicado y con algunas desventajas en cuanto resultados positivos, permitía cierta precisión en la manipulación del genoma. Los inconvenientes del método guiaron al desarrollo de tecnologías que fueran más confiables, eficientes y precisas. Algunas de estas son las nucleasas con dedos de zinc, cuya función es interactuar con los ácidos

nucleicos provocando cortes en diferentes secuencias para una edición precisa del genoma [9, 10].

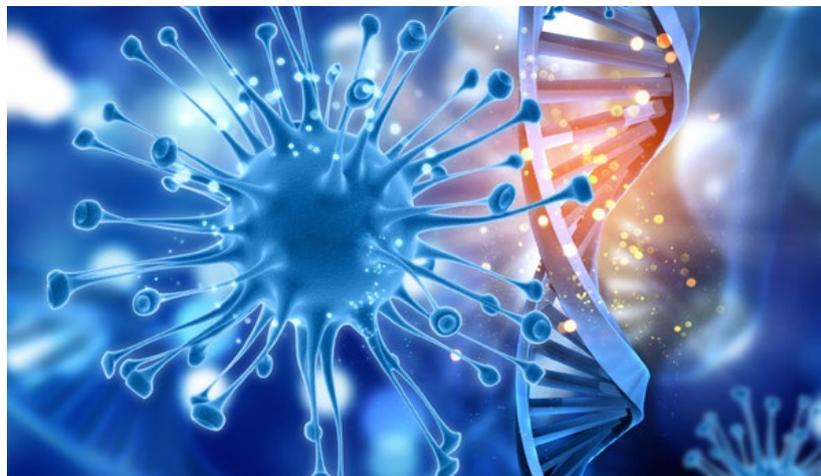
Debido a los altos costos de estas herramientas, el sistema CRISPR/Cas (repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas) que fue inicialmente descubierto en el genoma de *Escherichia coli* [11] y de muchas Arqueas [12], ha sido utilizado como herramienta de edición genómica debido a que posee dos factores importantes para estos propósitos: una endonucleasa y una secuencia complementaria de reconocimiento.

Mecanismos de CRISPR/Cas

CRISPR/Cas ha sido identificado como un mecanismo de defensa en bacterias y arqueas. Koonin y Marakova (2006), propusieron que dichos microorganismos tenían la capacidad de integrar fragmentos de ADN viral (fagos) en su genoma, estos fragmentos al ser transcritos reconocían las secuencias del virus formando un complejo bicatenario que frenaba el proceso infectivo [13]. Posteriormente los datos experimentales de Barrangou (2007) [14], probaron que *Streptococcus thermophilus* era capaz de adquirir cierta inmunidad a un fago tras la incorporación de secuencias del virus, y la formación del complejo CRISPR/Cas [15].

El sistema se basa en la identificación y degradación de secuencias de ácidos nucleicos exógenos. Se compone de un ARNcr (secuencia CRISPR de 25 a 50 nucleótidos) y la endonucleasa Cas. Este ARNcr tiene la función de dirigir a Cas hacia su secuencia complementaria donde lleva el corte. Cabe mencionar que existen 3 sistemas CRISPR (I, II y III), donde CRISPR II ha sido el más empleado en la ingeniería genética por su alta eficiencia [16].

Para la activación de este sistema primero se debe adquirir la secuencia espaciadora por la exposición al patógeno, esto es logrado por el reconocimiento de una secuencia PAM, que se encuentra inmediatamente después de la secuencia de ADN dirigida por la nucleasa cas9. Como resultado de la incorporación de nucleótidos se obtiene una copia que termina flanqueando al nuevo fragmento (Figura 1).



A continuación, comienza la transcripción del ARNcr el cual dirigirá a la endonucleasa. El sistema CRISPR II precisa de un segundo ARN (no codificante), el tracrARN, que es complementario a la secuencia palindrómica. La transcripción de este segundo ARN forma un dímero con este palíndromo que será reconocido por una RNasa III para generar un transcrito maduro (Figura 2).

Por último, Cas se asocia con el ARNcr maduro y forma el complejo CRISPR/Cas. Dicho ARN guiará al complejo a su diana por reconocimiento de la secuencia complementaria.

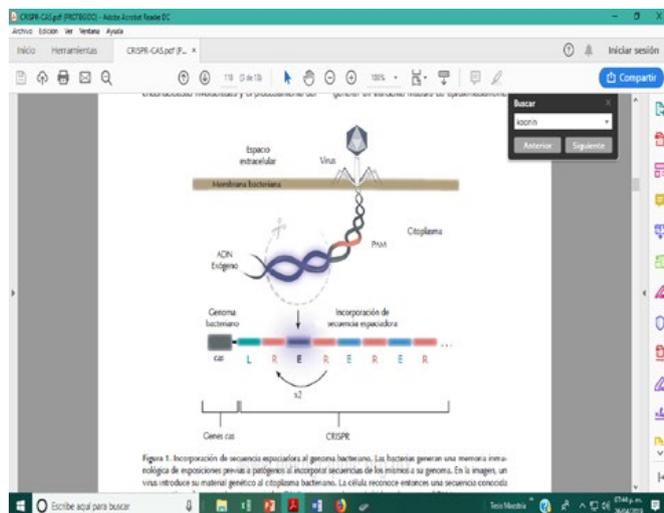


Figura 1. Activación del sistema CRISPR. Tomado de Lammoglia-Cobo et al., (2016).

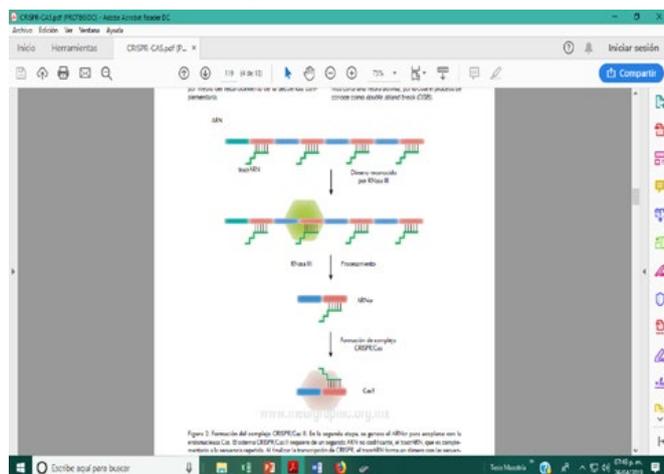


Figura 2. Formación del complejo CRISPR/Cas. Tomado de Lammoglia-Cobo et al., (2016).

PRINCIPALES APLICACIONES DEL SISTEMA CRISPR/Cas

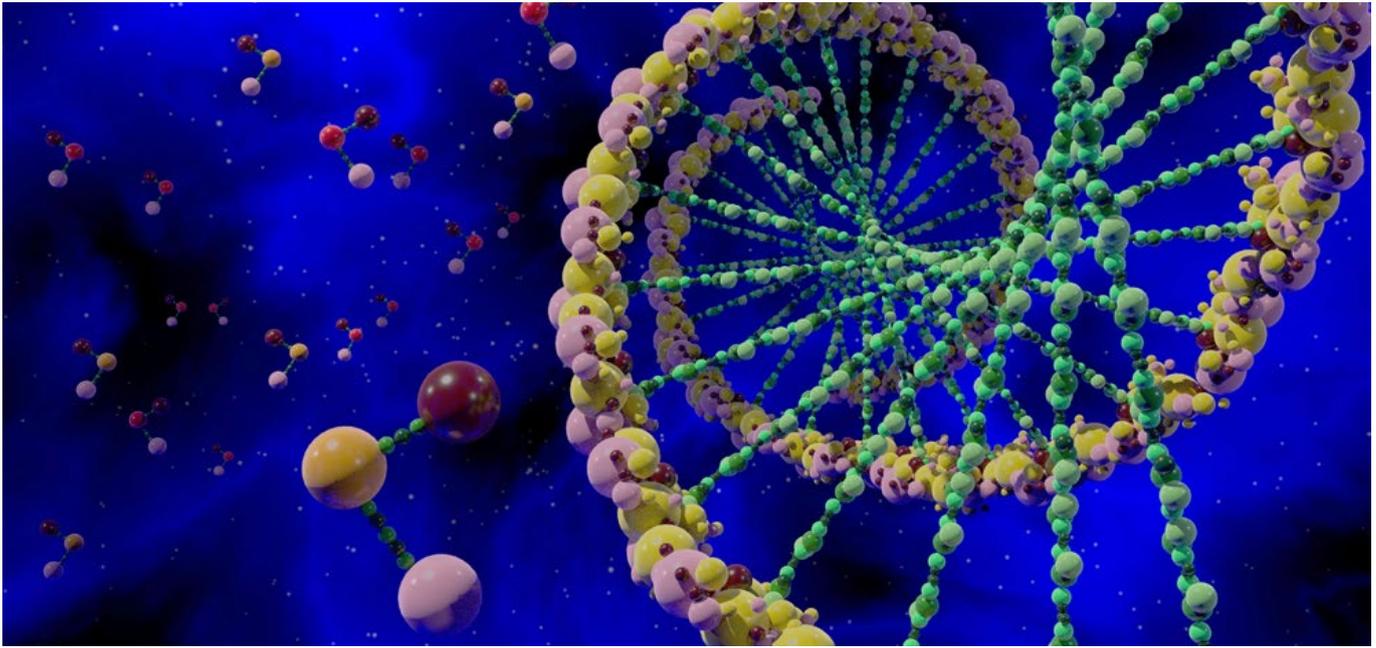
CRISPR/Cas siendo un sistema tan específico en el reconocimiento de genes diana, se ha utilizado como alternativa de edición génica pudiendo reemplazar métodos clásicos de biología molecular involucradas en

el silenciamiento y mutación de genes de interés. Una de las estrategias para introducir este sistema a una célula diana (ya sea por electroporación, microinyección de ADN, biobalística o por transferencia directa de ADN) [17], es la de utilizar plásmidos que contengan a la endonucleasa Cas y una molécula semejante al complejo ARNcr/tracrARN conocido como ARN guía. De esta forma el complejo se puede ensamblar dentro de la célula y puede llevar a cabo su función en una secuencia complementaria a la del ARN guía [18]. las principales aplicaciones de este sistema en las que se ha hecho énfasis en estos últimos años, son en la terapia génica y en el desarrollo de tratamientos antivirales.

Terapia génica

Se entiende por terapia génica el tratamiento de enfermedades hereditarias o adquiridas mediante la transferencia de material genético en células del paciente, la finalidad de esta transferencia de material genético es restablecer una función celular que estaba defectuosa, introducir una nueva función o bien interferir con una función existente [19]. En el proceso de edición de un gen específico con CRISPR/Cas están involucrados dos etapas. En la primera etapa el ARN guía reconoce la secuencia complementaria (gen de interés), esto permite que la nucleasa Cas9 genere una ruptura del gen diana. En la segunda etapa se activan al menos dos mecanismos naturales de reparación del ADN. El primer mecanismo consta en la reparación de una de las hebras utilizando una ADN polimerasa que introduce nucleótidos al azar en los puntos donde se localizan las lesiones (mecanismo de reparación por síntesis translesional). Este proceso conlleva a la pérdida de la función original del segmento de ADN reparado [20]. Un segundo mecanismo permite la incorporación de una secuencia concreta exactamente en el sitio original de corte. Para esto, se debe de proveer la secuencia de interés (como se hizo con el complejo de CRISPR/Cas) que se desee incorporar al ADN de la célula (mecanismo de reparación por unión de extremos no homólogos o por recombinación homóloga, donde este último mecanismo es el más utilizado por las células eucariotas) [21].

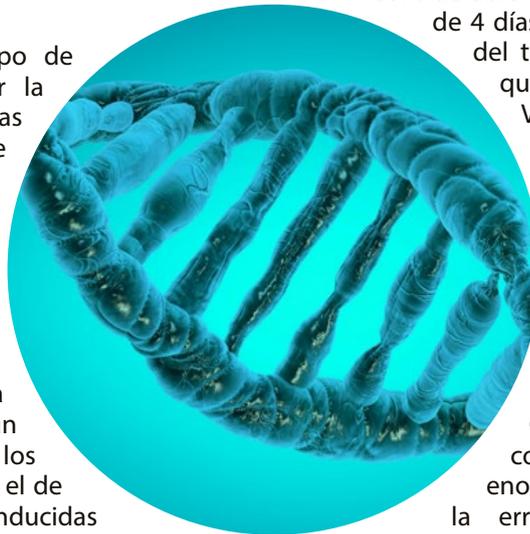
Con experimentos recientes utilizando líneas celulares de osteosarcoma, se logró silenciar el gen que codifica para la proteína Cdk11 con el sistema CRISPR/Cas, aumentando la muerte celular, se disminuyó la migración y se redujo la invasión por células malignas [22]. En otros experimentos se logró corregir la función del gen *Dmd* involucrado en la distrofia muscular de Duchenne [23], el mismo procedimiento se llevó a cabo en líneas celulares intestinales de pacientes con fibrosis quística, donde se generó la modificación del gen que codifica para el receptor CFTR (Cystic Fibrosis Transmembrane Regulator), logrando recuperar el fenotipo normal [24]. A pesar de los resultados prometedores de CRISPR/Cas evaluado en líneas celulares que contienen genes que codifican proteínas defectuosas, se ha demostrado que este sistema



ha generado el estímulo del sistema inmune en ratones, esto representa problemas que se deben tomar en cuenta para su uso en terapia. En concreto, si el tratamiento terapéutico requiere la administración repetida de CRISPR/Cas en pacientes puede producirse una reacción inmune a partir de la segunda exposición (inmunidad adaptativa) a CRISPR/Cas que comprometa su efectividad y ponga en peligro la vida del paciente a tratar [25].

Tratamiento antiviral

Los fármacos utilizados en este tipo de tratamiento se caracterizan por inhibir la acción de enzimas virales específicas (polimerasa, transcriptasa), esto permite controlar la viremia en los pacientes, pero no elimina las secuencias virales (ARN o ADN) que se encuentran integradas en las células infectadas, por lo que el virus permanece de forma latente en el organismo. Para evitar la activación del virus, es indispensable un tratamiento continuo de lo contrario, conllevará a la reactivación del virus generando un nuevo proceso de infección [26]. Uno de los tratamientos evaluados recientemente es el de trasplante de células pluripotenciales inducidas de pacientes con mutaciones en el receptor CCR5 (presente en los linfocitos T CD4), que es indispensable para la internalización del virus de inmunodeficiencia humana (VIH). Los pacientes que presentan esta mutación generan una resistencia contra la infección por el VIH. Pero a pesar de los resultados prometedores obtenidos a través del trasplante de células pluripotenciales inducidas, sigue siendo un método ineficaz para erradicar el virus,



esto se debe a la baja prevalencia de dicha mutación en la población mundial, además de que dicho tratamiento está restringido por la compatibilidad sanguínea entre el donador y el receptor [27].

La utilización de CRISPR/Cas como tratamiento antiviral sigue en desarrollo, pero bioensayos realizados en cultivos celulares infectados con el virus de la hepatitis B (VHB) han demostrado ser efectivos a la hora de reducir considerablemente la carga viral en alrededor de 4 días después de la administración del tratamiento. Aunque se espera que el corte del ADN vírico del VHB lleve a la mutagénesis o a la degradación del virión, aún se desconoce los mecanismos en el que el virus es eliminado dentro de la célula [28].

CONCLUSION

A pesar de los pocos años del descubrimiento y desarrollo del sistema CRISPR/Cas, este se ha posicionado como una de las herramientas enormemente prometedora para la erradicación de enfermedades hereditarias y la posibilidad de tratar enfermedades que hasta ahora se consideraban incurables. A pesar de esto, aun sigue en desarrollo métodos que permitan incrementar la especificidad del sistema para eliminar la aparición de mutaciones no puntuales y translocaciones cromosómicas no deseadas, asociadas con escisiones fuera del objetivo del ADN.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Freeman, "Fundamentos de biología," *Catálogo Universitario y Profesional 2018*, p. 28, 2010.
- [2] D. D. de Tancredi, "El concepto de gen y cromosoma, conocimiento estructurante de la Biología. Algunas aportaciones desde la investigación en enseñanza de las ciencias," *Revista de investigación*, no. 59, pp. 189-220, 2006.
- [3] F. B. Churchill, "William Johannsen and the genotype concept," *Journal of the History of Biology*, vol. 7, no. 1, pp. 5-30, 1974.
- [4] A. D. Hershey and M. Chase, "Independent functions of viral protein and nucleic acid in growth of bacteriophage," *The Journal of general physiology*, vol. 36, no. 1, pp. 39-56, 1952.
- [5] S. Arnott, "Historical article: DNA polymorphism and the early history of the double helix," *Trends in biochemical sciences*, vol. 31, no. 6, pp. 349-354, 2006.
- [6] J. Watson, *The double helix*. Hachette UK, 2012.
- [7] J. García *et al.*, "Estrategias de obtención de proteínas recombinantes en *Escherichia coli*," *VacciMonitor*, vol. 22, no. 2, pp. 30-39, 2013.
- [8] S. Khan *et al.*, "Role of recombinant DNA technology to improve life," *International journal of genomics*, vol. 2016, 2016.
- [9] K. Au - Hansen, M. J. Au - Coussens, J. Au - Sago, S. Au - Subramanian, M. Au - Gjoka, and D. Au - Briner, "Genome Editing with CompoZr Custom Zinc Finger Nucleases (ZFNs)," *JoVE*, no. 64, p. e3304, 2012/06/14/ 2012, doi:doi:10.3791/3304.
- [10] P. D. Hsu, E. S. Lander, and F. Zhang, "Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering," *Cell*, vol. 157, no. 6, pp. 1262-1278, 2014.
- [11] Y. Ishino, H. Shinagawa, K. Makino, M. Amemura, and A. Nakata, "Nucleotide sequence of the *iap* gene, responsible for alkaline phosphatase isozyme conversion in *Escherichia coli*, and identification of the gene product," *Journal of bacteriology*, vol. 169, no. 12, pp. 5429-5433, 1987.
- [12] P. Horvath and R. Barrangou, "CRISPR/Cas, the immune system of bacteria and archaea," *Science*, vol. 327, no. 5962, pp. 167-170, 2010.
- [13] K. S. Makarova, N. V. Grishin, S. A. Shabalina, Y. I. Wolf, and E. V. Koonin, "A putative RNA-interference-based immune system in prokaryotes: computational analysis of the predicted enzymatic machinery, functional analogies with eukaryotic RNAi, and hypothetical mechanisms of action," *Biology direct*, vol. 1, no. 1, p. 7, 2006.
- [14] R. Barrangou *et al.*, "CRISPR provides acquired resistance against viruses in prokaryotes," *Science*, vol. 315, no. 5819, pp. 1709-1712, 2007.
- [15] E. Deltcheva *et al.*, "CRISPR RNA maturation by trans-encoded small RNA and host factor RNase III," *Nature*, vol. 471, no. 7340, p. 602, 2011.
- [16] M. F. Lammoglia-Cobo, R. Lozano-Reyes, C. Daniel, R. B. Muñoz-Soto, and C. López-Camacho, "La revolución en ingeniería genética: sistema CRISPR/Cas," *Investigación en Discapacidad*, vol. 5, no. 2, pp. 116-28, 2016.
- [17] L. E. Giono, "CRISPR/CAS9 Y LA TERAPIA GÉNICA," *CRISPR/Cas9 and gene therapy*, Article vol. 77, no. 5, pp. 405-409, 09// 2017.
- [18] Y. H. Díaz and A. A. M. López, "Transformación Genética de Eucariotas," *Kuxulkab'*, vol. 18, no. 35, 2014.
- [19] J. M. Torres, "Terapia génica: ¿ Por qué perseverar?," *Ludus Vitalis*, vol. 16, no. 29, pp. 203-206, 2016.
- [20] J. G. Jansen, A. Tsaalbi-Shtylik, and N. de Wind, "Roles of mutagenic translesion synthesis in mammalian genome stability, health and disease," *DNA repair*, vol. 29, pp. 56-64, 2015.
- [21] I.-R. M. Russo *et al.*, "'Intentional Genetic Manipulation' as a conservation threat," *Conservation Genetics Resources*, vol. 11, no. 2, pp. 237-247, 2019/06/01 2019, doi: 10.1007/s12686-018-0983-6.
- [22] Y. Feng *et al.*, "Targeting Cdk11 in osteosarcoma cells using the CRISPR-cas9 system," *Journal of orthopaedic research*, vol. 33, no. 2, pp. 199-207, 2015.
- [23] C. Long, J. R. McAnally, J. M. Shelton, A. A. Mireault, R. Bassel-Duby, and E. N. Olson, "Prevention of muscular dystrophy in mice by CRISPR/Cas9-mediated editing of germline DNA," *Science*, vol. 345, no. 6201, pp. 1184-1188, 2014.
- [24] G. Schwank *et al.*, "Functional repair of CFTR by CRISPR/Cas9 in intestinal stem cell organoids of cystic fibrosis patients," *Cell stem cell*, vol. 13, no. 6, pp. 653-658, 2013.
- [25] W. L. Chew *et al.*, "A multifunctional AAV-CRISPR-Cas9 and its host response," (in eng), *Nat Methods*, vol. 13, no. 10, pp. 868-74, Oct 2016, doi: 10.1038/nmeth.3993.
- [26] R. Kaminski *et al.*, "Elimination of HIV-1 genomes from human T-lymphoid cells by CRISPR/Cas9 gene editing," *Scientific reports*, vol. 6, p. 22555, 2016.
- [27] L. Ye *et al.*, "Seamless modification of wild-type induced pluripotent stem cells to the natural CCR5Δ32 mutation confers resistance to HIV infection," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, no. 26, pp. 9591-9596, 2014.
- [28] V. Ramanan *et al.*, "CRISPR/Cas9 cleavage of viral DNA efficiently suppresses hepatitis B virus," *Scientific reports*, vol. 5, p. 10833, 2015.



MICROARREGLOS DE ADN: APLICACIONES EN LA MICROBIOLOGÍA

DNA microarrays: applications in microbiology

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Manuel Everardo Reyna Murrieta¹
José Francisco Valenzuela Sánchez²

Recibido: 20 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
Q.B.C. Manuel Everardo Reyna Murrieta
Correo: manuel.reyna.mc18@estudiantes.ciad.mx

Resumen

Las tecnologías de microarreglos abren un gran abanico de posibilidades a la investigación a nivel molecular. Esta técnica comenzó a mediados de los 90 con los estudios de Schena y Lockhart quienes describieron por primera vez el desarrollo de un microarreglo para el monitoreo de la expresión de múltiples genes. En general, los microarreglos están basados en la hibridación de ácidos nucleicos. Permiten hacer análisis comparativos y simultáneos de cómo se van expresando cientos de genes en un solo experimento. Existen distintos tipos de microarreglos como los microarreglos en portaobjetos, microarreglos de alta densidad o Gene-Chip® y chips microelectrónicos. Los microarreglos en el ámbito de la microbiología tienen varias aplicaciones como perfiles de expresión génica, estudios de patogenicidad, resistencia bacteriana, farmacogenómica, diagnóstico y detección de microorganismos. Los microarreglos son una herramienta innovadora para la exploración de perfiles de expresión de genes.

Palabras clave: microarreglos, ADN, microbiología.

Abstract

Microarray technologies open a wide range of possibilities for research at the molecular level. This technique began in the mid-1990s with the studies of Schena and Lockhart who first described the development of a microarray for monitoring the expression of multiple genes. They allow comparative and simultaneous analysis of how hundreds of genes are expressed in a single assay. They allow comparative and simultaneous analysis of how hundreds of genes are expressed in a single experiment. There are different types of microarrays such as glass slide microarrays, high density microarrays or Gene-Chip® and microelectronic chips. Microarrays in the field of microbiology have several applications such as gene expression profiles, pathogenicity studies, bacterial resistance, pharmacogenomics, diagnosis and detection of microorganisms. The microarrays are an innovative tool for the exploration of gene expression profiles.

Keywords: microarray, DNA, microbiology.

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, México. Correo: manuel.reyna.mc18@estudiantes.ciad.mx

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, México. Correo: jose.valenzuela.mc18@estudiantes.ciad.mx

INTRODUCCIÓN

La investigación basada en técnicas moleculares ha ido en aumento durante los últimos años. Los grandes avances en tecnología han provocado el surgimiento de nuevas técnicas para la experimentación a nivel molecular. En el año de 1995 surge el primer estudio que utilizó la palabra "microarreglo". Dicha investigación mencionaba que era posible vigilar la expresión de muchos genes al mismo tiempo.

Un microarreglo (también denominado chip de ADN ó gene chip) consiste en múltiples fragmentos de ADN complementario (donde cada uno representa a un gen diferente) que se encuentran adheridos a un soporte (fabricado en plástico, sílice o vidrio). Hoy en día pueden incluir hasta 40,000 fragmentos distintos por cada centímetro cuadrado de espacio, de este modo podemos decir que disponen prácticamente de todo el genoma en estudio.

Las aplicaciones que han tenido los microarreglos son muy variadas, pero ha existido un énfasis muy importante en cuestiones médicas, biológicas, de alimentos, entre otras. Particularmente se ha despertado el interés de uso en especies bacterianas variadas. Con la ayuda de esta avanzada técnica se pueden obtener perfiles de expresión de distintos microorganismos, mecanismos de resistencia, efectos de fármacos y otras más aplicaciones.

Las tecnologías de microarreglos abren un gran abanico de posibilidades a la investigación a nivel molecular, por tanto, el conocimiento y la correcta utilización de estos procedimientos puede tener resultados muy benéficos para las industrias médicas y de la salud.

HISTORIA

Después de la primera descripción de la estructura de la ADN de doble hélice por Watson y Crick en 1953, el proceso de separar de la cadena de ADN pronto fue estudiado por técnicas con la electroforesis, el Southern Blot (1975) (Southern E, 1975), northern blot (1977), las técnicas de secuenciación de Sanger (1975) y de Gilbert (1977) y en 1986 la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) de Kary Mullis, así como las técnicas de transformación bacteriana sentaron las bases para poder realizar estudios a nivel de expresión de genes. Con los conocimientos alcanzados con las técnicas anteriormente mencionadas, el perfeccionamiento y adaptación de

las mismas ayudaron para poder establecer uno de los proyectos más ambiciosos y relevantes del siglo pasado, el Proyecto Genoma (1990-2003) [1].

Los resultados obtenidos, permitieron sentar las bases para desarrollar una técnica con mayor poder de análisis y que en combinación con los avances se obtiene una herramienta de investigación y diagnóstico muy poderosa como son los arreglos de ácidos nucleicos y proteínas. Estas técnicas permiten conocer la razón por la que se produce una enfermedad o como una bacteria puede afectar nuestra salud e infectarnos. Una técnica muy importante es la de microarreglos, esta técnica nos permite conocer como el conjunto de genes de una bacteria van cambiando o afectando a través del tiempo y esto puede desencadenar en una respuesta que perjudica la salud de las personas. Los comienzos de esta tecnología pueden ubicarse a mediados de los 90 con los estudios de Schena y Lockhart. Schena y colaboradores describieron por primera vez el desarrollo de un microarreglo para el monitoreo de la expresión de múltiples genes bacterianos [2].

Si bien los arreglos son herramientas que se han empleado desde hace algunos años, la innovación de esta nueva generación de arreglos radica en la miniaturización, a través de pequeños chips podemos detectar la presencia de genes. Otra innovación es el aumento en la densidad de secuencias que podemos encontrar por unidad de área del chip.

FUNDAMENTOS

Los microarreglos de ADN es una de las aplicaciones más importantes para la información obtenida de la secuenciación

sistemática de los genomas completos [3].

Se les considera una poderosa herramienta de análisis en la expresión de genes debido al mayor número de secuencias que se pueden analizar por cada prueba, y además, tienen grandes ventajas sobre otras técnicas como la PCR convencional, la RT-PCR y la PCR en tiempo real, en las cuales sólo se pueden analizar un número muy limitado de genes de manera simultánea, debido a que se requiere montar un ensayo por cada gen que se quiere analizar [1].

En general, los microarreglos están basados en la hibridación de ácidos nucleicos, es decir, la unión de dos cadenas complementarias de ADN para formar una de doble cadena. Permiten hacer análisis comparativos y simultáneos de cómo se van expresando cientos de genes en un solo experimento.





Estas técnicas se basan en los llamados Chips de ADN, los cuales podemos describir como una gran cantidad de puntos de ADN que se unen a una superficie como puede ser cristal, plástico o sílice. En cada uno de estos puntos se encuentra una cantidad muy pequeña de una secuencia de ADN específica, y que sirve para poder hibridar una secuencia de un gen de interés, y el cual se va a detectar mediante la ayuda de una molécula fluorescente llamada fluoróforo. Debido a que tenemos una gran variedad de muestras, cada tipo de célula va a estar marcada por una molécula fluorescente diferente, y por tanto, los colores que se presenten durante el análisis serán distintas.

La lectura de cada uno de estos puntos va a indicarnos qué genes se están expresando y cuáles no. Por supuesto que esta información obtenida debe ser analizada mediante sistemas de software específicamente diseñados para los datos obtenidos de los microarreglos [4].

Generalmente en los experimentos tenemos que colores rojos indican niveles de expresión, con el verde se identifica el control. Por tanto, coloraciones verde-amarillo muestran una expresión disminuida mientras que rojo-naranja indican expresión aumentada.

Aunque existen diferentes técnicas para la construcción de los microarreglos de ADN, el procedimiento básico para trabajar con ellos es el siguiente:

- Marcar la muestra del tejido a estudiar con una molécula fluorescente.
- Aislar el mRNA de las células de interés y proceder a copiarlo mediante una síntesis in vitro para pasarlo a cDNA (ADN complementario).
- Desnaturalizar (separar) el cDNA para obtener hebras

simples a partir de dobles.

- Colocar dichas hebras en el microarreglo, donde serán atraídas por las hebras que están fijadas en él, provocando la unión para volver a formar una estructura de doble hélice que será similar a la del ADN. A este proceso se le conoce como hibridación.
- Lavar el microarreglo para quitar las hebras simples de nuestra muestra que no se hayan hibridado.
- Hacer el escaneo del microarreglo con un láser para poder cuantificar la fluorescencia de cada gen.

En general, la actividad de un gen se representa por el número de copias de mRNA de ese gen en una muestra de células. Si obtenemos bajos niveles de fluorescencia podemos decir que pocas copias se han hibridado y que, por tanto, el gen de interés tiene poca actividad en la célula. Por otra parte, cuando observamos niveles elevados de fluorescencia nos indica que el gen está teniendo mucha actividad [5].

Existen distintos tipos de microarreglos, los cuales tienen diferencias fundamentales en los soportes utilizados, por lo que se pueden catalogar como microarreglos en portaobjetos, microarreglos de alta densidad o Gene-Chip® y chips microelectrónicos [6].

Microarreglos en portaobjetos

Este tipo de microarreglos se diferencian de los microarreglos convencionales en tres aspectos: a) utilizan un portaobjetos de cristal o plástico como soporte; b) el marcado o señalización de las muestras se realiza mediante fluorescencia, y c) contienen un gran número de sondas. Este tipo de microarreglos fue introducido en 1995 por

el grupo de P.O. Brown en la Universidad de Stanford [7]. Las ventajas de este sistema es que la hibridación tiene lugar en una cámara de hibridación pequeña, de modo que se trabaja con volúmenes mucho más pequeños y la concentración relativa de las sondas es mayor, puede sintetizarse en el propio laboratorio y sobre todo que la utilización de la fluorescencia como sistema de marcado permite hibridar en un mismo microarreglo varias muestras conjuntamente (por ejemplo, control y problema).
Gen-Chip®

Un tipo particular de microarreglos son los producidos por Affymetrix, una compañía que ha ideado y patentado una tecnología que permite de manera simultánea la síntesis y la impresión de las sondas moleculares directamente en la fase sólida. Estos microarreglos contienen más de 50.000 sondas y actualmente son los que poseen mayor número de sondas y mayor densidad. La ventaja de este sistema es que es muy reproducible, ya que las condiciones están muy estandarizadas. Los inconvenientes principales son que el análisis con este tipo de microarreglos requiere el uso de escáneres y software específicos que únicamente provee la propia compañía, y que estos microarreglos no contienen las secuencias completas de los genes sino fragmentos internos de 25 nucleótidos, de modo que si la muestra analizada no presenta una homología del 100% pueden aparecer problemas a la hora de la hibridación.

Chips microelectrónicos

Los chips microelectrónicos o Nanochip son uno de los formatos más novedosos dentro de los microarreglos. Su desarrollo es el resultado de la combinación de varios avances en el campo de la biología molecular y las técnicas de microfabricación de semiconductores. En lugar de una membrana o un portaobjetos este tipo de microarreglos consiste en un conjunto de electrodos cubiertos por una fina capa de agarosa que contiene acoplados motivos de afinidad que permiten la inmovilización de las sondas mediante el sistema llamado biotina-estreptavidina. La incorporación de campos eléctricos controlables dota



de un nuevo grado de control del sistema a la hora de depositar tanto las sondas como las muestras. A diferencia del resto de los microarreglos, en los que la hibridación es un proceso pasivo y aleatorio, en el caso de los chips microelectrónicos se genera un campo eléctrico que dirige activamente la muestra, incrementando su concentración sobre las sondas, y por tanto, aumentando la efectividad de la hibridación. Además, si tras el proceso de hibridación se invierte la polaridad se elimina el exceso de muestra y puede procesarse una nueva [7].

APLICACIONES DE LOS MICROARREGLOS

Cada uno de los tipos de microarreglos va a ofrecer ventajas y desventajas al momento de aplicarlo en un trabajo de investigación. En microbiología se han utilizado para caracterizar cepas (variantes) de microorganismos y establecer la presencia de factores de virulencia en bacterias de interés clínico [8]. Además, se ha investigado la respuesta de la célula hospedadora frente a la acción del microorganismo.

Tradicionalmente en la microbiología se han utilizado medios de cultivos, tinciones o pruebas bioquímicas para poder identificar a la mayoría de las especies bacterianas. Algunos de estos tipos de ensayos requieren un largo periodo de tiempo antes de poder obtener resultados definitivos, por lo que se ha buscado desarrollar alternativas para poder detectar características moleculares de las bacterias [6].

Inicialmente los métodos de identificación bacteriana se basaban en hibridar fragmentos de ADN marcados. Esto generaba un problema ya que existía un bajo número de estos microorganismos que se querían detectar. Cuando surgieron las técnicas de PCR se logró suplir esta limitante debido a que se tenía un sistema de amplificación de los genes. Si bien esto ayudó a poder identificar poblaciones bacterianas también mostró otras limitaciones: en primer lugar, podrían existir mutaciones en las regiones del ADN que fueran reconocidas por los primers (iniciadores) que podrían conducir a falsos negativos. Debido a esto, muchas





veces se volvía necesario secuenciar el producto que se obtenía por amplificación para poder identificar dichas mutaciones.

Con la llegada de los microarreglos de ADN se solucionaron muchas de estas cuestiones. Esta técnica permitió la detección de genes específicos o ciertas regiones de un microorganismo [6].

Podemos resumir las aplicaciones de los microarreglos en el ámbito de la microbiología en los siguientes campos: Perfiles de expresión génica

Es la principal aplicación para la que se han usado los microarreglos en la microbiología. De esta manera se generan perfiles transcripcionales o de expresión génica. Para cada gen o región de ellos se puede medir la actividad transcripcional bajo ciertas condiciones, y pudiéndose comparar con otras distintas [9]. Debido a este tipo de experimentos se ha llegado a comprender de mejor manera como se dan las respuestas frente a los distintos cambios ambientales y la expresión génica que muestran los microorganismos.

Estudios de patogenicidad

Cuando se tienen perfiles de expresión bacteriana obtenidos bajo condiciones que simulen las del hospedador, se obtiene información sobre las interacciones metabólicas que se generan, además de las rutas que sigue una infección microbiana. Es por ello que el énfasis de los estudios en bacterias patógenas es el poder identificar aquellos genes bacterianos que se van a expresar específicamente durante los periodos de infección, ya sean genes que permitan al microorganismo una adaptación a las condiciones que le brinda su hospedador, o que la bacteria invasora active genes que codifiquen para factores de virulencia. [9 y 10].

Resistencia Bacteriana

Los estudios de genotipificación bacteriana de la resistencia a antibióticos mediante los microarreglos

de ADN son escasos, pero esta técnica ha sido probada en aislamientos clínicos de bacterias resistentes a distintos fármacos. Uno de los más comunes en bacterias formadoras de β -lactamasas. En estos ensayos se utilizan oligonucleótidos inmovilizados, y lo que se busca encontrar son polimorfismos de genes (es decir, variaciones en algún lugar de la secuencia del ADN). Por tanto, a partir de muestras de ADN de aislamientos clínicos se hace genotipificación para conocer los genes que están causando resistencia a los antibióticos en las bacterias [4].

Farmacogenómica

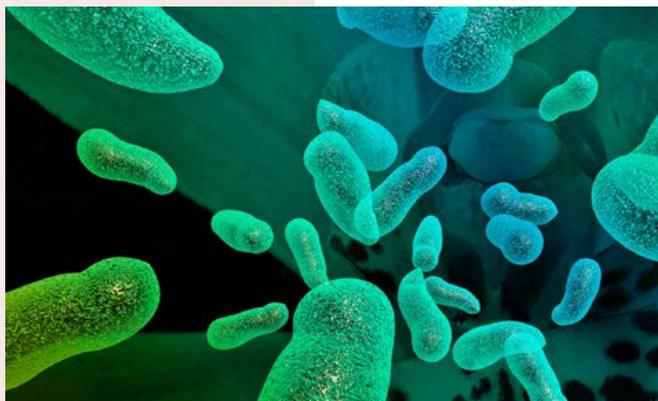
Cuando se da la inhibición de un determinado proceso celular por la acción de un fármaco puede dar como resultado que se activen mecanismos dentro de la célula, lo que provoca cambios en el perfil de expresión celular. Estudiar estos cambios mediante microarreglos de ADN puede revelar información sobre la manera de actuar de los fármacos o de los inhibidores. Este tipo de ensayos han sido probados en distintas bacterias y ayudan a definir nuevas medidas terapéuticas, además de colaborar con la síntesis de nuevos compuestos [9].

Herramienta de diagnóstico y detección de microorganismos

El diagnóstico de enfermedades se ha realizado mediante microarreglos de ADN, que permiten el estudio de cambios simples en la secuencia de ADN y mutaciones en genes complejos que se asocian a una enfermedad concreta. La identificación de microorganismos patógenos (como las bacterias) mediante esta técnica es de gran utilidad en diversas patologías infecciosas. La ventaja es que pueden emplearse en la detección simultánea de un amplio número de microorganismos, lo que disminuye los tiempo y costos de la enfermedad, además de brindar mejores diagnósticos y con ello, poder administrar los tratamientos más adecuados al padecimiento [11].

Ventajas y desventajas de la utilización de los microarreglos

La principal ventaja de esta metodología es la posibilidad de acoplamiento simultánea de un gran número de sondas, por lo que permite detectar a la vez un amplio número de microorganismos (bacterias, virus, parásitos y hongos). Además, permite no sólo la identificación del microorganismo, sino también el análisis del genotipo de resistencia a los antibióticos y la presencia de factores de patogenicidad, mediante detección de genes específicos o cambios en su genoma. Sin embargo, existe una serie de desventajas que probablemente en el futuro podrán



ser resultas. Una de ellas es la baja sensibilidad, que en la actualidad hace difícil la utilización de esta metodología para la detección directa del microorganismo en el producto patológico, a no ser que se incorpore un paso previo de duplicación del genoma. No obstante, cuando los microarreglos ya sean miniaturizados, su sensibilidad probablemente aumentará, por lo que, en un futuro, y gracias a la nanobiotecnología, es probable que pueda detectarse el ADN o ARN directamente de la muestra sin amplificación previa.

Otra desventaja importante es que la detección de un gen de resistencia no significa que este expresando o este activo ese gen de resistencia, por lo que además de detectar la presencia del gen deberíamos detectar la expresión de éste mediante análisis del ARN mensajero (ARNm) [12]. Desde el punto de vista de la detección de la resistencia a los antibióticos de un microorganismo determinado directamente del producto patológico comporta también una serie de inconvenientes, como son:

La gran cantidad de mecanismos de resistencia que existen para un antibiótico determinado y la necesidad de contemplarlos todos ellos en el microarreglo de ADN.

Para algunos mecanismos es necesario determinar si el gen es funcional o está activo en la bacteria [13].

La aparición de nuevos mecanismos de resistencia no contemplados en el microarreglo.

Si el producto patológico corresponde a una zona del cuerpo humano que presenta una población de bacterias no dañinas, ésta puede interferir con la detección, ya que el mismo mecanismo de resistencia puede estar presente en algunas de las bacterias que constituyen este microbiota.

CONCLUSIONES

Los avances tecnológicos suponen un reto en el desarrollo de la Microbiología Clínica. Los microarreglos es una herramienta innovadora para la exploración de perfiles de expresión y para la búsqueda de diferencias en el contenido genético en genomas completos. Esta técnica debe ser aplicada no sólo en la mejora de la eficiencia diagnóstica sino también en los procesos del propio laboratorio y los que trascienden al propio individuo, sano o enfermo. El continuo desarrollo tecnológico hará posible próximamente la mejora de la técnica de microarreglos de ADN, haciéndola mucho más efectiva y pudiendo responder con más eficacia a cuestiones a escala genómica, o lo que es lo mismo, del organismo completo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Medina and F. Espinosa, "Microarreglos: Tecnología con aplicaciones en el campo de la salud humana", *Aler, Asma e Inmgía Pediás.*, vol. 18, pp. 52-59, 2009.
- [2] M. Schena et al., "Qunatitative monitoring of gene expression patterns with a complementary DNA microarray," *Science*, vol. 270, pp. 467-470, 1995.
- [3] J. Ramírez et al., "Microarreglos de DNA," *Mensaje Bioquímico*, vol. 27, pp. 97-120, 2003.
- [4] U. Garza, J. Silva and E. Romero, "Genética y genómica enfocadas en el estudio de la resistencia bacteriana," *Salud*

Publica Mex., vol. 51, pp. 439-446, 2009.

- [5] M. Rivas, J. Sánchez and J. De Las Rivas, "Estructura y análisis de microarrays," *BEIO*, vol. 21 (2), pp. 10-15, 2005.
- [6] A. Doménech, and J. Vilab, "Fundamento, tipos y aplicaciones de los arrays de ADN en la microbiología médica," *Enferm Infect Microbiol Clin.*, vol. 22(1), pp. 46-54, 2004.
- [7] M. Schena and R. Davis, "Technology. standards for microarray research," *Microarray biochip technology.*, pp.1-18, 1995.
- [8] V. Chizhikov et al., "Microarray analysis of microbial virulence factors," *Appl Environ Microbiol.*, vol. 67, pp. 3258-3263, 2001.
- [9] Aguado, M. (2007). Microarrays de adn en Microbiologia DNA microarrays in Microbiology. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 1(2), 125.
- [10] G. Schoolnik, "Functional and comparative genomics of pathogenic bacteria," *Curr. Opin. Microbiol.*, vol. 5, pp. 20-26, 2002.
- [11] M. López, P. Mayorquin and M. Vega, "Aplicación de los microarrays y biochips en salud humana," *Fundación Española para el Desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica.*, vol 1, pp 10-15, 2005.
- [12] L. Van Doorn et al., "Rapid detection, by PCR and reverse hybridization, of mutations in the *Helicobacter pylori* 23S rRNA gene, associated with macrolide resistance," *Antimicrob Agents Chemother.*, vol. 43, pp. 1779-1782, 1999.
- [13] D. Llame et al., "Identifying antimicrobial resistance genes with DNA microarrays," *Antimicrob Agents Chemother.*, vol. 47, pp. 3290-3295, 2003.



ELECTROFORÉISIS: FUNDAMENTOS, AVANCES Y APLICACIONES

Electrophoresis: fundamentals, advances and applications

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Montalvo Navarro Carlos Antonio¹
Lugo Flores Marco Antonio²

Recibido: 20 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
Lic. Montalvo Navarro Carlos Antonio
Correo: carmona1994@gmail.com

Resumen

La electroforéisis es una técnica para separación de biomoléculas según su movilidad y naturaleza (generalmente ácidos nucleicos o proteínas) en un campo eléctrico sobre una matriz porosa, cuya composición depende de la biomolécula a analizar. Para la separación de ácidos nucleicos se utilizan matrices de agarosa y para la separación de proteínas se utilizan matrices de poliacrilamida. Esta técnica representa una herramienta fundamental de análisis cuantitativos en diversos campos de ciencias biológicas como biología molecular, bioquímica o proteómica. Entre las distintas plataformas de electroforéisis, las más utilizadas en análisis de ácidos nucleicos son la electroforéisis en gel de agarosa, la electroforéisis de campo pulsado (PFGE) o la electroforéisis en gel con gradiente de desnaturalización (DGGE), y las más utilizadas para análisis de proteínas son la electroforéisis en gel de poliacrilamida con duodecil sulfato de sodio (SDS) y la electroforéisis bidimensional. Esta revisión discutirá las técnicas previamente mencionadas y sus recientes aplicaciones.

Palabras clave: electroforéisis, ADN, PAGE, PFGE, DGGE

Abstract

Electrophoresis is a technique for separating biomolecules according to their mobility and nature (usually nucleic acids or proteins) in an electric field on a porous matrix, whose composition depends on the biomolecule to be analyzed. For the separation of nucleic acids, agarose matrices are used and for the separation of proteins, polyacrylamide matrices are used. This technique represents a fundamental tool of quantitative analysis in various fields of biological sciences such as molecular, biochemical or proteomic biology. Among the different electrophoresis platforms, the most used in nucleic acid analysis are agarose gel electrophoresis, pulsed field electrophoresis (PFGE) or denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE), and the most used for analysis of proteins are polyacrylamide gel electrophoresis with sodium dodecyl sulfate (SDS) and two-dimensional electrophoresis. This review will discuss the previously mentioned techniques and their recent applications.

Keywords: electrophoresis, DNA, PAGE, PFGE, DGGE.

¹ Universidad autónoma de baja california: campus ensenada Correo: carmona1994@gmail.com

² Instituto tecnológico de los Mochis Correo: marco_lugo029@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos son un grupo de seres vivos que se encuentran en una gran variedad de lugares como lo son las plantas, animales y humanos en donde coexisten con el huésped ayudando a realizar un sin fin de funciones. Sin embargo, algunos de estos como los microorganismos patógenos pueden ocasionar enfermedades en los organismos mencionados provocando la muerte de los mismos. Desde la perspectiva de la salud, en seres humanos es necesario establecer protocolos que permitan la identificación de estos agentes perjudiciales y prevenir el efecto patógeno que generan sobre las personas. El estudio del ADN de los microorganismos ha potenciado la identificación de estos a partir de diferentes técnicas moleculares, tal es caso de la electroforésis, una técnica que permite el procesamiento de los fragmentos de ADN que al ser regiones muy conservadas dentro de cada especie, es posible identificar a estos. El presente estudio proporciona información acerca del fundamento de la técnica de electroforésis, los procedimientos y reactivos requeridos para la misma, así como los avances y nuevas técnicas que han surgido con el paso del tiempo.

DESARROLLO

Métodos de separación de ácidos nucleicos.

Electroforésis en gel de agarosa. La creación de la electroforésis como un método de separación de ADN bicatenario de cadenas simples se remonta al año 1962, elaborado por Matsubara y Takagi, donde se utilizaba al almidón como gel de corrimiento. La necesidad de analizar moléculas de ADN de longitudes variables propició el estudio de otros compuestos que pudieran utilizarse como gel de corrimiento en las pruebas de electroforésis, surgiendo la agarosa en 1969 como un candidato adecuado debido a las características que posee. La agarosa es un polisacárido obtenido del aislado de agar de algas rojas marinas, el cual está constituido por unidades repetidas de agarobiosa, sustituida de manera extensa en grupo éster de sulfato, ácido pirúvico cetil y ésteres metílicos. Dicho polímero es de interés en el análisis del ADN debido a las características que posee al ser gelificado, consiste en una bobina aleatoria estructurada por una doble hélice en etapas iniciales de la gelificación y a medida que avanza la gelificación se forman las dobles hélices finales. La configuración mencionada forma una red fibrosa que puede ser utilizada como filtro para la clasificación de diferentes moléculas, donde la concentración de agarosa es inversamente proporcional al tamaño del poro. Ha sido reportado un límite de tamaño máximo de fragmentos de ADN que pueden ser analizados con gel de agarosa, siendo entre 100 a 2000 pb a una concentración de 2-3% del polisacárido. Por otro lado la longitud mínima del fragmento se establece a valores superiores a 50 kb, donde la concentración recomendada es de 0.25% de agarosa [15]. La aplicación de la electroforésis con geles de agarosa se ha implementado una gran variedad de estudios como

lo es el ensayo de cometa esencial (ensayo de una sola célula). Dicha técnica es utilizada para determinar el daño o reparación del ADN en células eucariotas y tejidos disgregados a partir de la adición de la suspensión de células junto con la agarosa sobre el molde para formar el gel delgado. Después se realiza la lisis de las células con un detergente (Triton X-100) y NaCl 2M para la eliminación de histonas del ADN. Las moléculas que permanecen adheridas al gel reciben el nombre de nucleoides que se caracterizan por mantener el superenrollamiento del ADN. De acuerdo al modelo propuesto por Cook y col. En 1970, estipula que las moléculas de ADN están unidas a una matriz nuclear formando una secuencia donde cada unidad estructural genera un bucle. Entonces, al ocasionar rupturas de la cadena de ADN se dice que el superenrollamiento se relaja y al ser aplicado un campo electroforético, dicho bucle puede migrar hacia el ánodo de la cámara de electroforésis. A mayor cantidad de rupturas se presenta una mayor cantidad de ADN en la cola del cometa, que después de teñirse (4,6-diamidino-2-fenilindol), la intensidad relativa de la fluorescencia de la cola se mide como índice de frecuencia de ruptura del ADN por medio de microscopía de fluorescencia.

Aplicaciones. La aplicación de dicho ensayo abarca el estudio de células sanguíneas provenientes de animales o humanos, células de hemolinfa de moluscos e insectos, esperma, tejidos animales disgregados, levaduras, núcleos liberados de tejidos vegetales, en otras palabras es aplicable a cualquier tipo de célula eucariota que pueda obtenerse como una célula única [12].

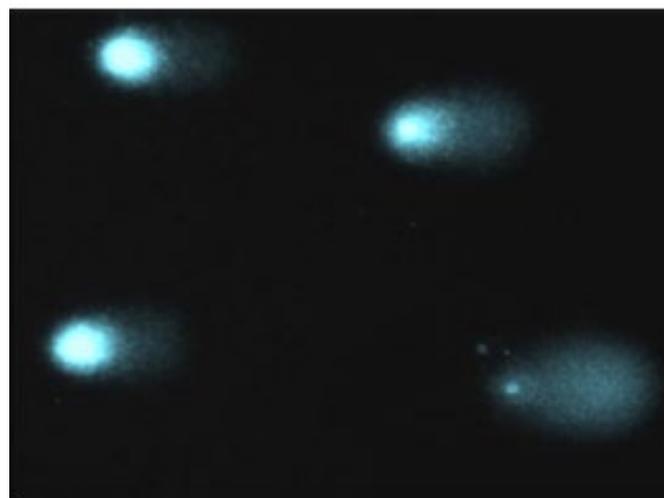
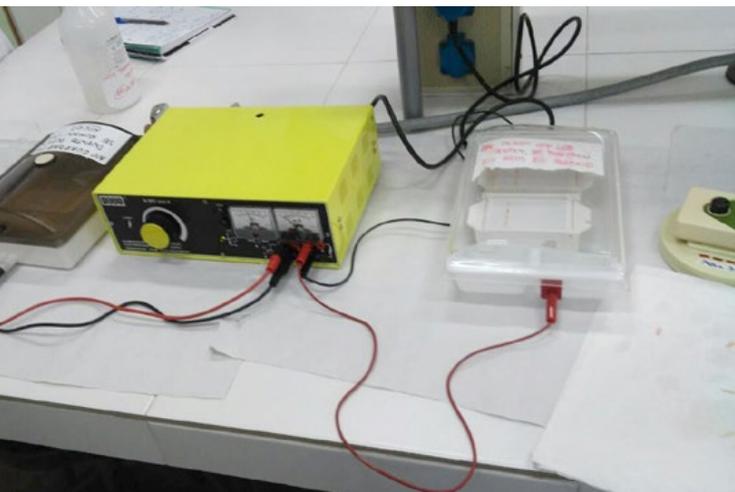
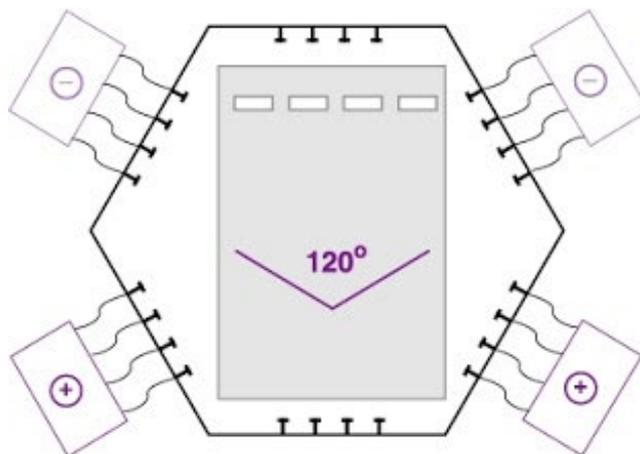


Figura 1. Imágenes de ensayo de cometa obtenidas por microscopía de fluorescencia

Electroforésis de campo pulsado (PFGE). El desarrollo y modificaciones de la electroforésis convencional permiten generar nuevas metodologías para mejorar el análisis e identificación de contenido genético de células eucariotas y procariontas. Schwartz y Cantor demostraron que la implementación de campos eléctricos podía ser utilizada



diferenciación de subtipos de bacterias, considerándose la técnica de oro para dicho proceso. Algunos ejemplos son: la medida y el número de cromosomas de DNA y/o enlace genético de grupos bacterianos como *S. pombe*, *S. cerevisiae*, *Candida albicans*, *Plasmodium*, etc [14].



aplicación de campos eléctricos en diferentes direcciones.

para la separación de moléculas largas de ADN por electroforesis en geles de agarosa. El principio de la técnica consiste en la aplicación de dos o más campos eléctricos en direcciones perpendiculares por lapsos de tiempo definidos, permitiendo alterar la dirección de las moléculas de DNA y orientándola a diferentes posiciones. Un aspecto importante a considerar en la técnica es la heterogeneidad de los pulsos generados por los campos eléctricos ya que esto permite la producción de un gradiente de intensidad de campo eléctrico a través de la longitud del gel y como consecuencia, líneas de campo eléctrico distorsionadas tomándose como pistas de migración de las moléculas de ADN en los carriles de los geles. Lo anterior permite separar los fragmentos de interés para su posterior análisis. Las medidas de las moléculas de interés definen el tiempo de aplicación requerido del campo eléctrico para reorientarlas, a mayor tamaño mayor tiempo de aplicación y viceversa para las moléculas de ADN pequeñas. La preparación de las muestras de ADN consiste en el cultivo de células correspondientes a 500 µg/mL de DNA, después son recolectadas y lavadas con solución isotónica para mantener la integridad de las mismas. Posteriormente, se agregan al gel de agarosa, se realiza una mezcla y el producto formado es vertido en el molde. El molde formado es sumergido en una solución con detergentes y agentes desproteinizantes que permiten al material genético estar listo para la aplicación de campos eléctricos. Después se lleva a cabo la electroforesis aplicando los campos eléctricos, donde previamente se requiere teñir al gel con un agente de intercalación fluorescente para la visualización del patrón, los más utilizados son: gel red, SYBR® gold, SYBR® gold y bromuro de etidio. Estos tintes permiten obtener patrones de intensidad de fluorescencia que son digitalizados y analizados de manera visual o mediante software.

Electroforesis en gel con gradiente desnaturalizante (DGGE). La electroforesis en gel por gradiente desnaturalizante (DGGE) es una técnica usada para separar fragmentos cortos-medianos de DNA basado en sus características de fusión. Esta técnica ha sido frecuentemente utilizada para identificar polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) sin la necesidad de secuenciación del DNA y como un método de huella molecular para comunidades en ecosistemas complejos, en particular con la amplificación de los genes de RNA ribosomal 16S debido a que es altamente conservado [9].

En el DGGE se utiliza un gel de poliacrilamida que contiene un gradiente creciente de desnaturalizantes

Aplicaciones. A partir de la técnica mencionada se pueden analizar mezclas de ADN mayores a 20 kb y máximas a 5Mb mediante geles de agarosa que separan las moléculas de acuerdo a su tamaño [13]. PFGE permite el análisis de ADN intacto por lo que ha sido utilizado en la



químicos (generalmente urea o formamida) a través de los cuales el DNA migra por electroforesis. A medida que el DNA migra por el gradiente, cada molécula empezara a desnaturalizarse a una concentración particular del desnaturalizante dependiendo del %GC en la molécula y el orden de las bases en la secuencia. La migración de las moléculas se retardada cuando sucede la desnaturalización. La técnica DGGE se representa esquemáticamente en la Fig. 3.

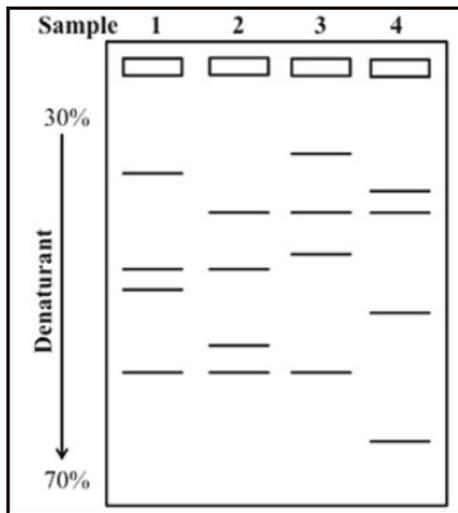


Figura 3. Diagrama esquemático de un DGGE

Un gradiente de temperatura en lugar de un gradiente químico desnaturalizante puede ser utilizado, en este caso la técnica es llamada Electroforesis en Gel con Gradiente de Temperatura (TGGE). Recientemente, DGGE se ha

convertido en una herramienta importante en la ecología microbiana, donde ha sido utilizado como método de huella molecular para evaluar la diversidad microbiana en comunidades con mezclas complejas de microorganismos.

Las investigaciones realizadas por Subasinghe et al., [10] para la identificación de bacterias en productos microbianos utilizaron la técnica de DGGE, y con ella encontraron que la formación de múltiples bandas en el gel representaban a una misma bacteria en lugar de un consorcio bacteriano. Esto fue atribuido a inconvenientes con el PCR elaborado previamente. Otro ejemplo de aplicación del DGGE fue el realizado por Xin et al., [11] en el análisis de comunidades bacterianas asociadas con pericoronitis asintomática y sintomática, una enfermedad bucal inflamatoria. El resultado del perfil bacteriano en pacientes clínicos mostro una menor diversidad de microorganismos que en los pacientes control (sin enfermedad), este descubrimiento sugirió que la microbiota asociada a pericoronitis se vuelve menos diversa, quizá debido a que ciertos grupos de microorganismos dominan en las biopelículas a medida que la pericoronitis progresa.

Métodos de separación de proteínas.

Electroforesis en gel de poliacrilamida (PAGE). La electroforesis es una técnica para la separación de moléculas según la movilidad de éstas en un campo eléctrico. Los gels de poliacrilamida son gels químicamente entrelazados formados por la reacción de acrilamida con un agente de entrecruzamiento bifuncional como el Bis [8]. La electroforesis con gels de poliacrilamida (PAGE) es útil para separar moléculas por tamaño-carga y hay muchos sistemas diferentes dependiendo de la muestra y



sus posteriores aplicaciones [2]. Las propiedades que debe tener un medio de soporte ideal son [6]:

- Naturaleza química inerte (no debe reaccionar con el analito o con cualquier reactivo utilizado)
- Alta conductividad eléctrica
- No debe absorber el analito
- Porosidad controlada para lograr un efecto de separación deseado
- Transparencia para lograr una tinción e imagen exitosa
- Baja toxicidad
- Fácil disponibilidad de los reactivos utilizados
- Rigidez razonable para un fácil manejo de la matriz
- Electroendoosmosis: flujo de un buffer a través de una superficie cargada

Los geles de poliacrilamida tienen todas las propiedades descritas anteriormente.

Formatos de PAGE. Varios formatos y versiones de PAGE han sido desarrolladas, como:

1. SDS-PAGE
2. Gradiente de SDS-PAGE
3. PAGE de Ácido acético – Urea para proteínas básicas
4. Gel de electroforésis discontinua con Bromuro de cetiltrimetilamonio
5. Electroforésis con enfoque isoelectrico
6. Electroforésis capilar
7. Electroforésis bidimensional

La popularidad de los geles de poliacrilamida proviene de varias propiedades fundamentales como claridad óptica, neutralidad eléctrica y disponibilidad en un amplio rango de porosidad. Su fórmula química, como comúnmente se polimeriza a partir de acrilamida y N, N'-metileno bisacrilamida (Bis), se muestra en la Fig. 4, junto con la de los dos catalizadores más ampliamente usados, el peroxodisulfato (amonio o potasio) y N, N, N', N'-tetrametilendiamina (TEMED) [6].

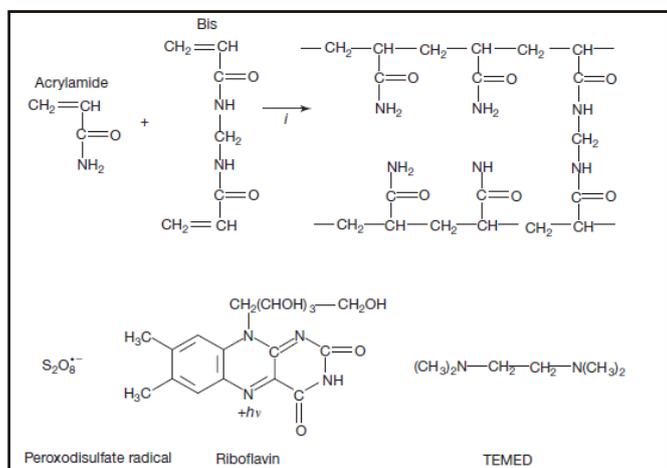
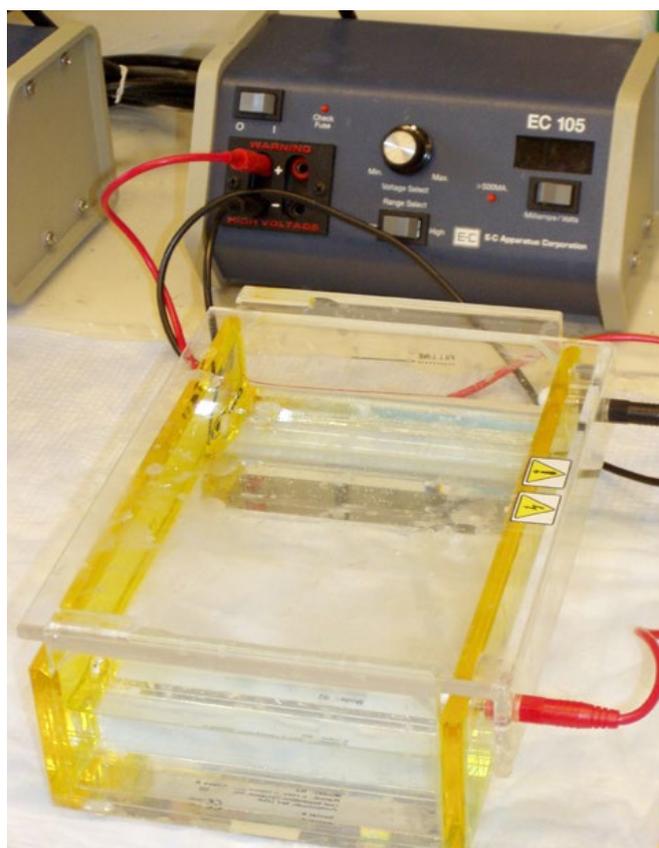


Figura. 4 Reacción de polimerización de la acrilamida e iniciadores de la polimerización.



Electroforésis en gel de poliacrilamida con duodecil sulfato de sodio (SDS-PAGE). SDS es un detergente que desnaturaliza estructuras secundarias y estructuras terciarias no enlazadas con disulfuro y las reviste con una carga negativa que se correlaciona con su longitud, permitiendo que los pesos moleculares sean estimados. La movilidad a través del gel puede verse afectada por el estado de la proteína (por ejemplo, fosforilación y presencia de moléculas multiméricas) [2]. La electroforésis SDS fue el siguiente paso lógico después de la electroforésis discontinua. Mientras que esta última discrimina las macromoléculas en función del tamaño y la carga superficial, la electroforésis SDS fracciona las cadenas polipeptídicas esencialmente en función de su tamaño. Por lo tanto, es un método simple, pero poderoso y confiable para la determinación de la masa molecular.

La muestra de proteína (1 mg/mL) generalmente se desnaturaliza en 100 mmol/L fosfato pH 7.0, que contiene 1% SDS, 1% 2-mercaptoetanol, 5% -10% de sacarosa (para aumentar la densidad de la muestra para cargar el gel) y trazas de bromofenol azul (como un colorante de rastreo para monitorear la formación de límites en sistemas discontinuos y para verificar la terminación de la corrida). Después calentando a 100°C durante 5 minutos, la muestra se deposita generalmente en posillos en la placa de gel [6].

Para detectar las bandas se realiza una tinción con varios reagentes. Después de la tinción, las bandas pueden ser cuantificadas por densitometría. Adicionalmente a la



detección de proteínas, métodos de detección específica han sido desarrollados para tinción de motivos de lípidos y carbohidratos, así como para tinción de actividad biológica y detección de anticuerpos por sondas.

Aplicaciones. Magdy y Maged [4] utilizaron la técnica de SDS-PAGE para validar un método de estimación cuantitativa de la enzima digestiva papaína en formulaciones farmacéuticas (tabletas, capsulas y jarabes) comercializadas en mercados egipcios. Los resultados obtenidos demostraron que la cantidad de papaína obtenida por SDS-PAGE fué menor que la cantidad indicada en los envases de producto en presentación de tabletas y capsulas.

Otro estudio donde se utilizó la técnica SDS-PAGE es el reportado por Min-Kyoung et al., [3] en el cual investigaron el patrón de bandeo de azúcares reductores, péptidos totales e isoflavonoides presentes en tofu congelado y descongelado fermentado con *B. subtilis*, así como la digestibilidad y el contenido de fenoles totales en el tofu.

Electroforesis bidimensional. La electroforesis en 2D es una técnica clásica capaz de dar una imagen extendida de las proteínas presentes en una muestra de interés. Se basa en una primera separación por el punto isoeléctrico de la proteína, seguido de una separación por peso molecular utilizando SDS-PAGE. El resultado es un mapa proteico con alta resolución donde una banda generalmente contiene una única proteína [1]. La electroforesis 2D generalmente se aplica para acceder al inventario total de proteínas de las células vivas. La electroforesis 2D se complementó más tarde con genómica para el análisis de los genomas relativamente estáticos como modelo de vida y transcriptómica para acceder al inventario de ARNm altamente dinámico necesario para una mayor producción de proteínas. Aunque el nombre de electroforesis 2D sugiere que es un proceso de dos pasos, de hecho es un proceso de cinco pasos:

1. Extracción de proteínas de la muestra biológica
2. Primera separación añadiendo la proteína en un

gradiente de pH para separarlas respecto a su punto isoeléctrico

3. Interfaz con la segunda separación con adición de buffer conteniendo SDS para cargar negativamente las proteínas
4. Segunda separación en un gel SDS PAGE para separar las proteínas respecto a su masa molecular
5. Detección de proteínas en el gel

Generalmente, el orden de la separación es primero por punto isoeléctrico y después por electroforesis SDS, aunque también puede ser en el orden contrario. La figura 2 resume los pasos básicos para llevar a cabo una electroforesis en dos dimensiones [7].

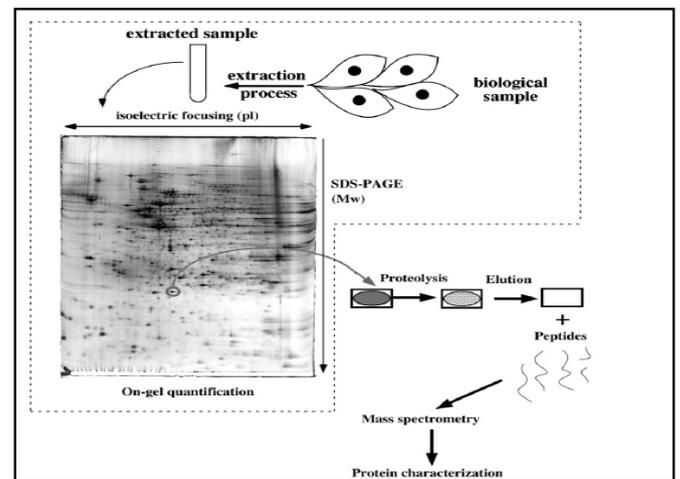


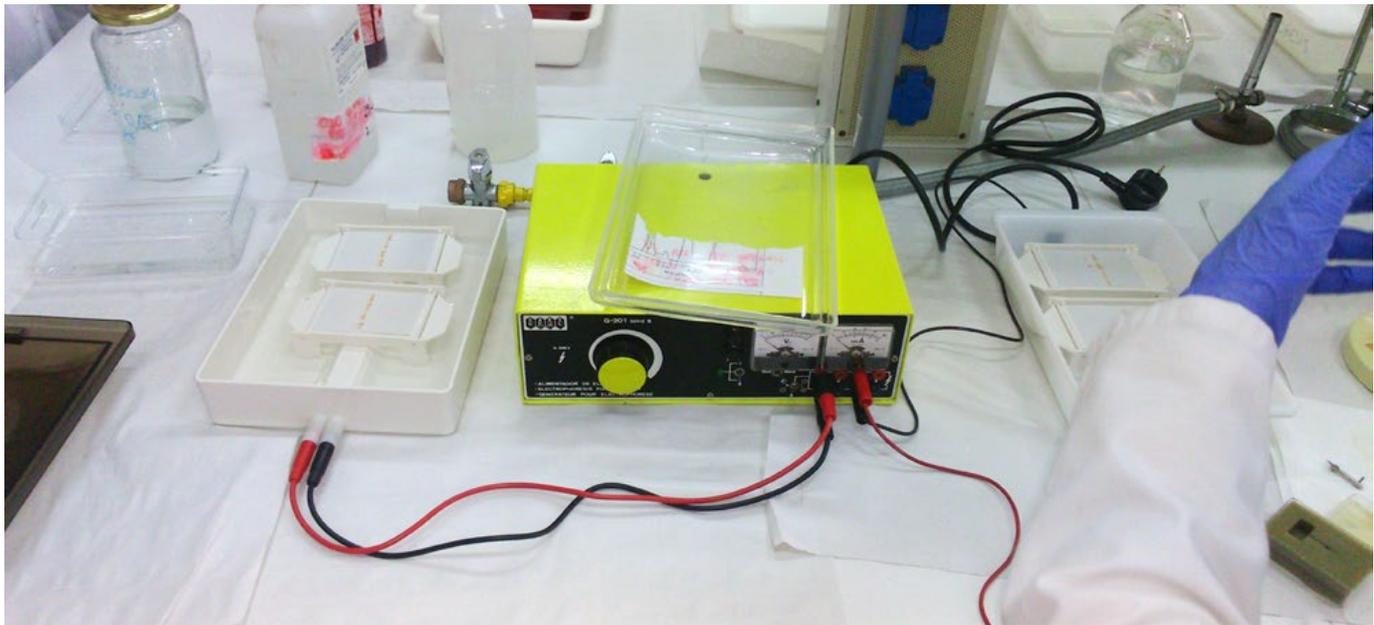
Figura 5. Esquema sobre la metodología general de Electroforesis 2D

Aplicaciones. A pesar de las limitaciones que presenta la electroforesis en 2D hacia proteínas de membrana, esta técnica sigue siendo ampliamente utilizada en proteómica debido a la economía del proceso y a que los procesos de análisis de las proteínas en el gel por espectroscopia de masas son simples y baratos. Sin embargo, la razón principal de la popularidad de esta técnica se encuentra en su reproducibilidad y su robustez así como en la facilidad de sus análisis cuantitativos [5].

Las aplicaciones de la técnica de electroforesis en 2D son amplias. Se ha utilizado esta técnica en proteómica bacteriana donde la cantidad de muestras es limitada o en estudios de toxicología donde se tiene un gran número de muestras. También en micro-enzimología donde se utiliza como una herramienta micropreparativa de proteínas, en inmunoproteómica donde la respuesta inmune de pacientes es evaluada a nivel proteómico y en el estudio de modificaciones post-traduccionales [5].

CONCLUSIONES

Las técnicas de electroforesis han revolucionado los métodos de análisis de biomoléculas y la caracterización de microorganismos en diferentes campos de las ciencias biológicas como las ciencias ómicas (genómica,



transcriptómica, proteómica, metagenómica) ya que estas técnicas se han combinado con otras plataformas como PCR, técnicas de secuenciación de nueva generación y espectroscopía de masas acoplada a cromatografía de líquidos, entre otras lo cual ha permitido una mejor resolución y precisión de resultados experimentales. Sin embargo, las limitaciones asociadas a esta técnica deben solucionarse para poder aproximarnos a un mejor entendimiento de la composición, funcionamiento y cambios en el tiempo de los sistemas biológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kucharska, E., & Wróblewska, B. Food allergens. In *Toxins and Other Harmful Compounds in Foods*, 2017
- [2] Brunelle, J. L., & Green, R. One-dimensional SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (1D SDS-PAGE). In *Methods in Enzymology* (1st ed., Vol. 541), 2014
- [3] Lee, M. K., Kim, J. K., & Lee, S. Y. Effects of fermentation on SDS-PAGE patterns, total peptide, isoflavone contents and antioxidant activity of freeze-thawed tofu fermented with *Bacillus subtilis*. *Food Chemistry*, 249(July 2017), 60–65, 2018
- [4] Muharram, M. M., & Abdel-Kader, M. S. Utilization of gel electrophoreses for the quantitative estimation of digestive enzyme papain. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 25(3), 359–364, 2017
- [5] Rabilloud, T., & Lelong, C. Two-dimensional gel electrophoresis in proteomics: A tutorial. *Journal of Proteomics*, 74(10), 1829–1841, 2011
- [6] Righetti, P. G. ELECTROPHORESIS | Polyacrylamide Gels. In *Encyclopedia of Analytical Science* (3rd ed.), 2005a
- [7] Righetti, P. G. ELECTROPHORESIS | Two-Dimensional Gels. In *Encyclopedia of Analytical Science* (3rd ed.), 2005b
- [8] Stellwagen, N. C. Electrophoresis of DNA in agarose gels, polyacrylamide gels and in free solution. *Electrophoresis*, 30(SUPPL. 1), 188–195, 2009
- [9] Strathdee, F., & Free, A. (n.d.). Chapter 9 Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE). 1054, 145–157, 2013
- [10] Subasinghe, R. M., Samarajeewa, A. D., Scroggins, R., & Beaudette, L. A. Evaluation of denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) and next generation sequencing (NGS) in combination with enrichment culture techniques to identify bacteria in commercial microbial-based products. *Journal of Microbiological Methods*, 161(April), 118–130, 2019
- [11] Zhang, X., Sun, Z., & Yang, Q. Application of Denaturing Gradient Gel Electrophoresis to the Analysis of Bacterial Communities Associated With Asymptomatic and Symptomatic Pericoronitis. *Journal of Oral Maxillofacial Surgery*, 76(3), 483–489, 2017
- [12] Azqueta, A., and Collins, A. R. "The essential comet assay: a comprehensive guide to measuring DNA damage and repair," *Archives of toxicology*, vol. 87, no. 6, pp. 949-968, 2013.
- [13] Lopez-Canovas, L., Benitez, M. B. M., Isidron, J. A. H., & Soto, E. F. "Pulsed Field Gel Electrophoresis: Past, present, and future," *Analytical biochemistry*, submitted for publication, 2019.
- [14] Pulpipat, T., Lin, K. H., Chen, Y. H., Wang, P. C., & Chen, S. C. "Molecular characterization and pathogenicity of *Francisella noatunensis* subsp. *orientalis* isolated from cultured tilapia (*Oreochromis* sp.) in Taiwan," *Journal of fish diseases*, vol. 42, pp. 643-655, 2019.
- [15] Upcroft, P., & Upcroft, J. A. "Comparison of properties of agarose for electrophoresis of DNA," *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, vol. 618 no. (1-2), pp. 79-93, 1993.



IDENTIFICACIÓN DEL GEN MECA POR PCR Y PCR-RT DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Identification of the mecA gene by PCR and PCR-RT of Staphylococcus aureus

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Patricia Palafox Rivera¹
Michel Palafox Félix²
Jorge Alberto Peralta Mendoza³

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
Lic. Tecnología de alimentos Patricia Palafox Rivera
Correo: patricia.palafox.mc18@estudiantes.ciad.mx

Resumen

En la actualidad, la aplicación de técnicas más eficientes que contribuyan a la identificación de patógenos como *Staphylococcus aureus* de forma más rápida se ha vuelto esencial debido a que estos patógenos forman parte de la principal problemática en infecciones nosocomiales. La persistencia del problema se debe a que estos patógenos han desarrollado resistencia ante las amenazas del medio ambiente. El uso excesivo de sanitizantes y antibióticos como la meticilina son los causantes de la resistencia que en este caso proviene del gen *mecA*. La identificación de este gen es determinante para diferenciar a las cepas resistentes y no resistentes. Sin embargo, tomando en cuenta que los procesos tradicionales para identificación de este patógeno suelen ser muy tardados, se aplican técnicas como el PCR, por su eficacia y eficiencia. No obstante, técnicas como el PCR-RT poseen mejoras que aportan cierta ventaja en comparación con su predecesor.

Palabras clave: *Staphylococcus aureus*, SARM, PCR, PCR-RT

Abstract

At present, the application of more efficient techniques that contribute to the identification of pathogens such as Staphylococcus aureus more quickly has become essential because these pathogens are part of the main problem in nosocomial infections. The persistence of the problem is due to the fact that these pathogens have developed resistance to environmental threats. The excessive use of sanitizers and antibiotics such as methicillin are the cause of the resistance that in this case comes from the mecA gene. The identification of this gene is crucial to differentiate resistant and non-resistant strains. However, taking into account that traditional processes for the identification of this pathogen are usually very slow, techniques such as PCR are applied because of their efficacy and efficiency. However, techniques such as PCR-RT have improvements that provide some advantage compared to its predecessor

Keywords: *Staphylococcus aureus*, MRSA, PCR, PCR-RT

1 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Hermosillo, Sonora, México Correo: patricia.palafox.mc18@estudiantes.ciad.mx

2 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Hermosillo, Sonora, México Correo: michel.palafox.mc18@estudiantes.ciad.mx

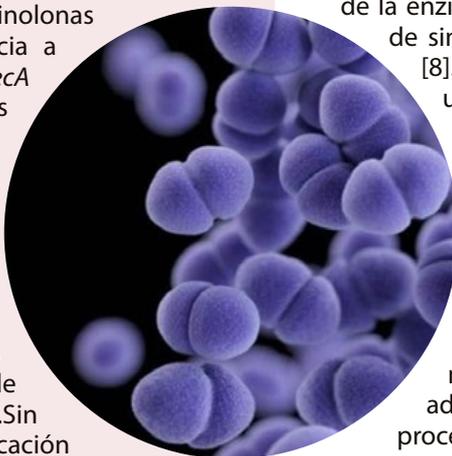
3 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo Hermosillo, Sonora, México Correo: jorge.peralta.mc18@estudiantes.ciad.mx



INTRODUCCIÓN

Staphylococcus aureus es un coco gram positivo, aerobio facultativo relacionado a enfermedades serias en el ser humano. Debido al uso indiscriminado de antibióticos, algunas cepas han desarrollado multiresistencia, tal es el caso de las cepas *S. aureus* resistente a meticilina (SARM) [1]. Las cepas SARM son la principal causa de muerte por infecciones nosocomiales [2]. Se atribuyen alrededor de 5,400 muertes y más de un millón de pacientes hospitalizados infectados con SARM en los últimos años [3]. Las cepas definidas como SARM presentan resistencia a penicilinas sistémicas, cefalosporinas, betalactámicos, quinolonas y lincosamidas. Ésta multiresistencia a antibióticos, se le atribuye al gen *mecA* [4]. La identificación de este gen es determinante para diferenciar a las cepas resistentes y no resistentes.

En la actualidad, la detección de SARM puede realizarse por métodos genómicos o por métodos no genómicos convencionales; estos últimos tienen la ventaja de estar más al alcance de los laboratorios de microbiología convencionales [4]. Sin embargo, los métodos de identificación convencionales consumen mucho tiempo y pueden dar resultados falsos positivos o falsos negativos [5]. Para una identificación más directa de SARM se llevan a cabo técnicas de amplificación genética como PCR (reacción en cadena de la polimerasa) y PCR en tiempo real

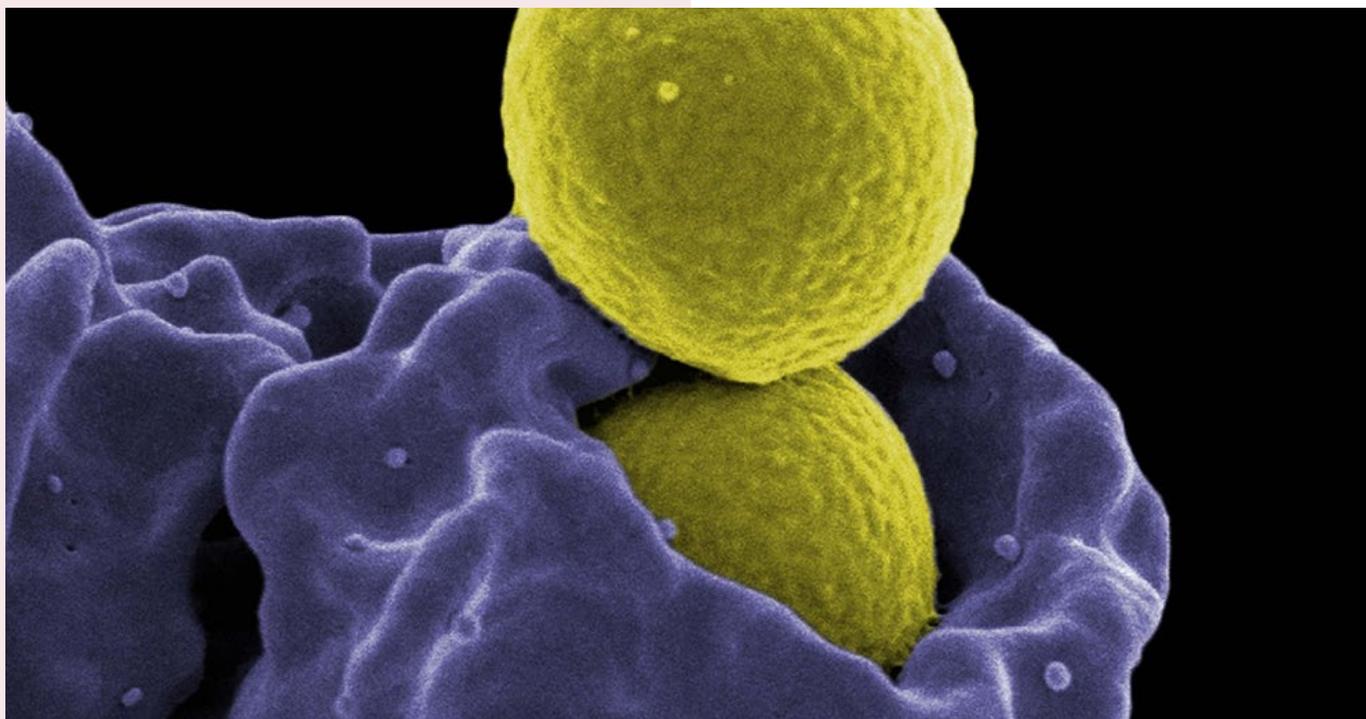


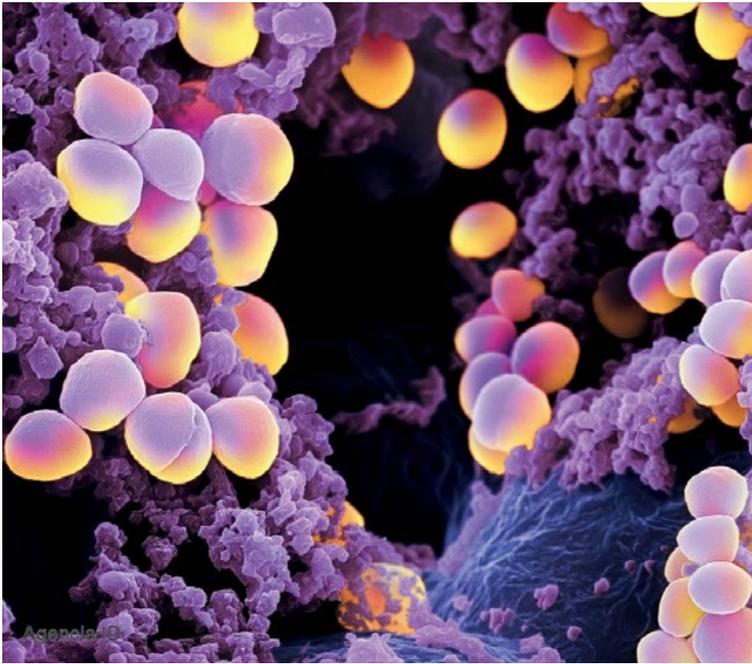
utilizando genes exclusivos de *S. aureus* como: *nuc* y *mecA* [6]. La amplificación por estas metodologías se considera de los métodos más sencillos y que a la vez proporcionan mejor información en la identificación de cepas aisladas de diferentes industrias.

PCR punto final y PCR en tiempo real

La PCR punto final es una reacción enzimática que se lleva a cabo in vitro, y amplifica millones de veces una secuencia específica de ADN durante varios ciclos repetidos en los que la secuencia blanco es copiada fielmente [7]. Para ello, la reacción aprovecha la actividad de la enzima ADN polimerasa que tiene la capacidad de sintetizar naturalmente el ADN en las células [8]. Para llevar a cabo este procedimiento se utiliza una ADN Polimerasa termoestable, obtenida del *Thermus aquaticus* por su resistencia a altas temperaturas [9]. El desarrollo de esta técnica ha permitido el estudio y manipulación de mejor forma al ADN, facilitando el establecimiento de protocolos experimentales en biología molecular [6].

Con el tiempo se han añadido modificaciones a esta técnica donde se han adaptado nuevas variables para la mejora del procedimiento; entre ellas se encuentra la PCR en tiempo real (RT-PCR) que es una variante de la PCR punto final, en donde la forma de cómo se detectan y analizan los productos de la amplificación es diferente [10]. El término tiempo real se refiere a la detección de los productos amplificados sucede en cada ciclo de la reacción



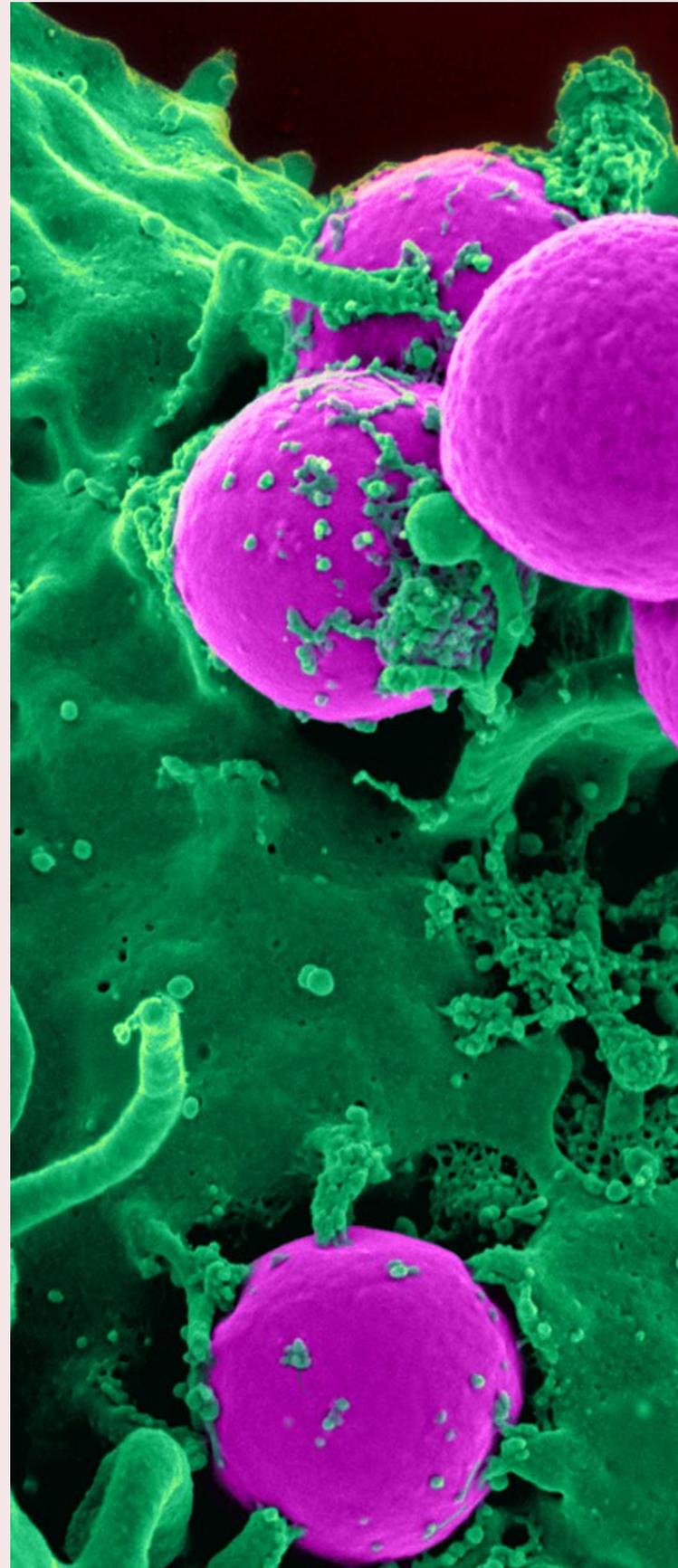


y además es posible cuantificar la cantidad de ADN en la muestra. La PCR-RT posee como ventaja que permite amplificar en una sola reacción dos o más secuencias de ADN, utilizando varias parejas de cebadores, facilitando la detección, identificación y cuantificación simultánea de distintos genes de interés [11]. Actualmente, la RT-PCR es el método más sensible para detectar y cuantificar ácidos nucleicos, aun cuando se tiene poca cantidad de templado [6]. A diferencia de la PCR puntual en la PCR RT la concentración de la secuencia blanco se determina por la acumulación de fluorescencia a medida que ocurre la amplificación [12]. Además, la PCR en tiempo real también incorporó la posibilidad de obtener resultados cuantitativos mediante la fluorescencia [13].

Detección de SARM por PCR

Esta técnica es utilizada comúnmente para aislados hospitalarios al hacer más eficiente el proceso de identificación reduciendo el tiempo de análisis a solo 2 horas para obtener el resultado a comparación del método tradicional que puede abarcar desde 5 a 5 h [14]. Técnicas como PCR facilitan la posibilidad de disponer en forma rápida de la susceptibilidad antimicrobiana de *S. aureus*, permitiendo el inicio oportuno y documentado del tratamiento con cloxacilina. Este hecho evita el uso innecesario de antibióticos como la vancomicina y favorece el control del surgimiento de resistencia a este antibacteriano en otras especies asociadas a infecciones intrahospitalarias [15].

En general si comparamos ambas técnicas ambos métodos poseen tanto ventajas como desventajas; las cuales se ejemplifican en la tabla 1 [16].



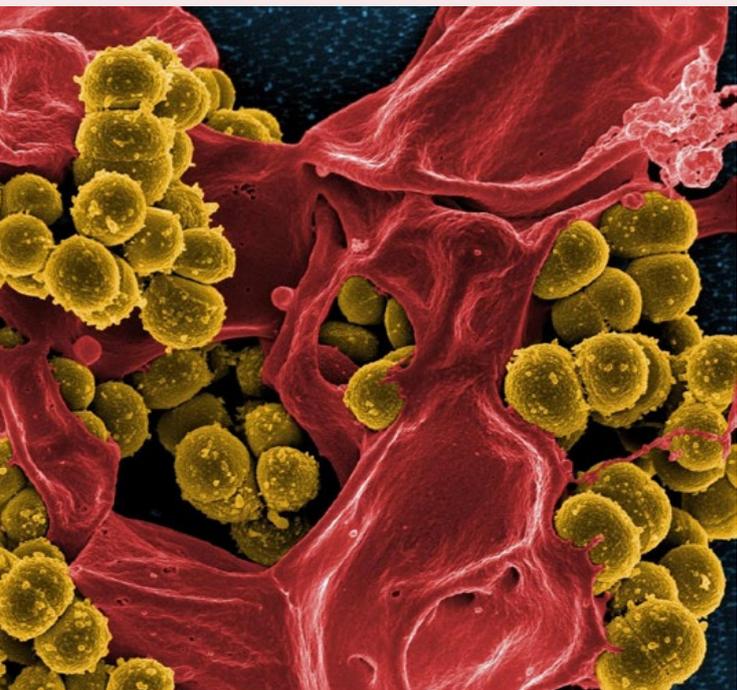


Tabla 1. Diferencias entre RCR y PCR-RT

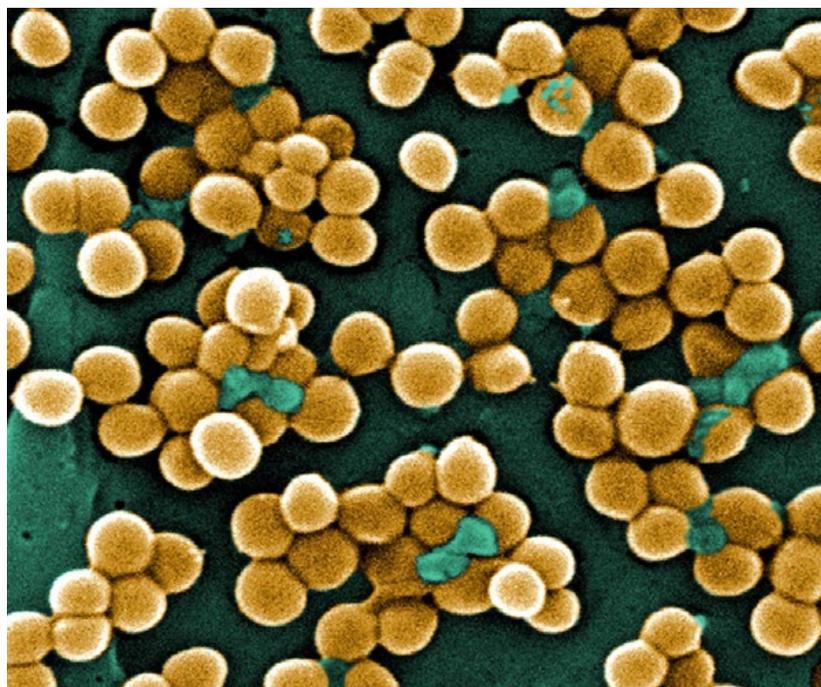
PCR	PCR-RT
Rango de detección estrecho	Rango de detección alto
Menor sensibilidad	Mayor sensibilidad
Menor especificidad	Mayor especificidad
Costos bajos	Costos altos
Menor eficiencia en la reacción	Máxima eficiencia de la reacción

Para finalizar, ambas técnicas son de las más utilizadas actualmente principalmente para la identificación de patógenos debido a su eficacia en comparación con otras técnicas moleculares.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Figueroa, E.M. and M.D. Navarrete. *Prevalencia de staphylococcus aureus resistente a meticilina y caracterización del factor de virulencia leucocidina panton-valentine asociado a factores de riesgos en estudiantes de la carrera de medicina de la Universidad de las Américas*. 2019, Quito: Universidad de las Américas, 2019.
- [2] Wu, S., et al., *Prevalence and Characterization of Food-Related Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) in China*. *Frontiers in Microbiology*, 2019. **10**(304).
- [3] Peralta Quito and S. Gabriela, *Factores asociados a infecciones por Staphylococcus aureus resistente a la meticilina, Hospital Vicente Corral Moscoso*. Cuenca, 2016-2018. 2019.
- [4] Armas Fernández, A., et al., *Resistencia de Staphylococcus aureus a la meticilina en aislamientos nosocomiales en un hospital provincial*. *Gaceta Médica Espirituana*, 2015. **17**: p. 80-91.
- [5] Reischl, U., et al., *Rapid Identification of Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus and Simultaneous Species Confirmation Using Real-Time*

- Fluorescence PCR*. *Journal of Clinical Microbiology*, 2000. **38**(6): p. 2429-2433.
- [6] Tamay de Dios, L., C. Ibarra, and C. Velasquillo, *Fundamentos de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y de la PCR en tiempo real*. *Investigación en discapacidad*, 2013. **2**(2): p. 70-78.
- [7] Santander, H.C., et al., *ADN polimerasas bacterianas*. *Archivos de medicina*, 2018. **14**(2): p. 4.
- [8] Lázaro, R. and E.L. Leandro, *Implementación del método de detección de adenovirus en moluscos bivalvos mediante la técnica de reacción en cadena de la polimerasa (PCR)*. 2017.
- [9] Pedrosa Amado, A., *Reacción en cadena de la polimerasa*. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 1999. **3**: p. 0-0.
- [10] Pahissa Berga, A., *Identificación*, in *Infecciones producidas por Staphylococcus aureus*, m. ICG, Editor. 2009: Valencia, España. p. 22.
- [11] Varela-M, R.E., J.S. Arias, and L.E. Velásquez, *Estandarización de una prueba múltiple de reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real para la identificación de Angiostrongylus cantonensis, A. costaricensis y A. vasorum*. *Biomédica*, 2018. **38**: p. 111-119.
- [12] Poma, H.R., et al., *Comparación de la eficiencia de extracción de ácidos nucleicos utilizando distintos kits comerciales y empleando la qPCR. Efecto de las sustancias inhibitoras*. *Revista Argentina de Microbiología*, 2012. **44**(3): p. 144-149.
- [13] Fusco, V., G. Blaiotta, and K. Becker, *Staphylococcal Food Poisoning*, in *Food Safety and Preservation*. 2018, Elsevier. p. 353-390.
- [14] Costa, A.-M., I. Kay, and S. Palladino, *Rapid detection of mecA and nuc genes in staphylococci by real-time multiplex polymerase chain reaction*. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 2005. **51**(1): p. 13-17.
- [15] ULLOA, M.T., et al., *Comparación de reacción de polimerasa en cadena, látex y antibiograma para detección de Staphylococcus aureus meticilina resistente*. *Revista chilena de infectología*, 2001. **18**: p. 255-260.
- [16] Brigitte, T. and C. Chávez, *Virus del papiloma humano identificados por biología molecular. Hospital Andino. Riobamba. mayo 2017-junio 2018*. 2018, Universidad Nacional de Chimborazo, 2018.



CONTENIDO INTERACTIVO CON H5P

Interactive content With H5p

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Sergio Ramón Rossetti López¹

Ma. Teresa García Ramírez²

Isaac Shamir Rojas Rodríguez³

Adelina Morita Alexander³

Alberto Olguín Moreno³

Recibido: 13 de marzo de 2019,

Aceptado: 10 de junio del 2019

Autor de Correspondencia:

Maestría. Sergio Ramón Rossetti López

Correo: sergio.rossetti@unison.mx

Resumen

En este artículo se presenta la herramienta digital H5P como alternativa para el diseño de materiales digitales interactivos de apoyo a la docencia. Se presentan dos alternativas para desarrollar Objetos Virtuales de Aprendizaje con H5P. Además, se muestran algunos otros beneficios que se obtienen al utilizar esta herramienta.

Palabras clave: Objetos de aprendizaje, sistema de gestión del aprendizaje, H5P.

Abstract

In this article the digital tool H5P is presented as an alternative for the design of interactive materials to support teaching. Two alternatives are presented to develop Virtual Learning Objects with H5P. In addition, some other benefits for this tool are shown.

Keywords: Learning object, learning managements system, H5P.

¹ Universidad de Sonora Correo: sergio.rossetti@unison.mx

² Universidad Autónoma de Querétaro Correo: teregar@uaq.mx

³ Universidad de Sonora Correo: shamir@pitic.uson.mx

² Universidad Autónoma de Querétaro Correo: amorita@uaq.mx

³ Universidad de Sonora Correo: alberto.olguin@unison.mx



INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta una propuesta de herramienta innovadora para aquellos docentes que cuentan con conocimientos básicos en el manejo de *software* especializado y tengan interés en desarrollar sus propios recursos digitales de apoyo a la labor docente. H5P permite a cualquier usuario crear, editar y compartir sus propios Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVA) y además, incorporarlos a sus cursos en los sistemas de gestión del aprendizaje. H5P es una plataforma *open source* que a través del navegador *web*, es posible crear este tipo de recursos digitales e interactivos a través de una interfaz muy sencilla y amigable. Además, H5P brinda una excelente alternativa para aquellos docentes que no cuenten con acceso a un sistema de gestión del aprendizaje y deseen incorporar a sus clases este tipo de recursos digitales.

DESARROLLO

La incorporación de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) en el ámbito de la educación han apoyado el proceso de enseñanza - aprendizaje, a la vez que han permitido trabajar con recursos digitales en Internet. Según los autores Baelo y Cantón [1] las TIC se han convertido definitivamente en un recurso que facilita el desarrollo de metodologías innovadoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Una forma de utilizar herramientas tecnológicas en el ámbito educativo a través de los llamados OVA, los cuales ayudan a promover el autoestudio, reforzar conocimientos vistos en clase y motivar el aprendizaje de los estudiantes [2].

Los OVA son recursos digitales que pueden ser utilizados como soporte para el aprendizaje y deben tener ciertas características como son: formato digital, propósito pedagógico, contenido interactivo y reusabilidad [7].

En la actualidad existen diversas herramientas digitales de apoyo a la enseñanza, que pueden ser muy complejas para su implementación, demasiado costosas y en ocasiones, incompatibles con los sistemas de gestión del aprendizaje.

En este sentido, h5p es una herramienta innovadora para diseñar OVA, ya que permite crear materiales atractivos e interactivos a usuarios principiantes en el manejo de programación e informática. Además, H5P es una herramienta gratuita y de libre distribución con la cual un profesor de cualquier área del conocimiento pueda crear, compartir y reutilizar OVA.

Las siglas h5p son una abreviatura del término HTML5 y es una tecnología gratuita y abierta con licenciamiento de tipo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) de software libre. H5P permite diseñar más de 40 diferentes tipos de OVA y continuamente se adicionan nuevos tipos de contenidos para su utilización [x h5p]. Este tipo de materiales puede ser utilizado tanto para cursos *online* o *face2face*.

Para conocer los diferentes tipos de contenidos interactivos, únicamente es necesario visitar el sitio web <https://h5p.org>, en el cual es posible visualizar ejemplos de OVA desarrollados con H5P y además, conocer sugerencias sobre cómo implementar determinado tipo de contenido en un curso.

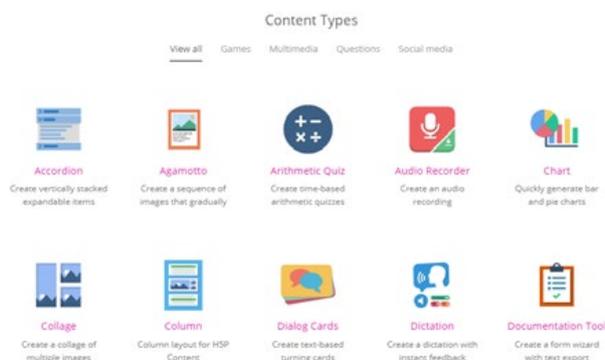


Figura 1. Contenido H5P.

Implementación de H5P

Existen dos alternativas disponibles para que los usuarios puedan utilizar el contenido interactivo de H5P y diseñar sus propios OVA. La primera alternativa es





mediante el registro de usuario en el sitio web <http://www.h5p.org>. La segunda alternativa requiere de la autorización del administrador del sistema de gestión del aprendizaje donde se alojan los cursos del docente. En esta alternativa, es necesario realizar la instalación de un plugin para poder desarrollar OVA con H5P dentro del aula virtual del docente.

Uso de H5P desde el sitio web

Si no se cuenta a un sistema de gestión del aprendizaje, es posible iniciar con el desarrollo de material interactivo a través de la herramienta H5P *Authoring tool*. Para ello, es necesario crear una cuenta de usuario en el sitio web <https://h5p.org/user/register>.

Una vez registrado, podrá crear materiales interactivos a través de una herramienta guiada, intuitiva y fácil de utilizar. Algunos de los contenidos interactivos pueden ser

presentaciones online, videos interactivos, cuestionarios en línea, juegos, gráficos, entre otros [4].

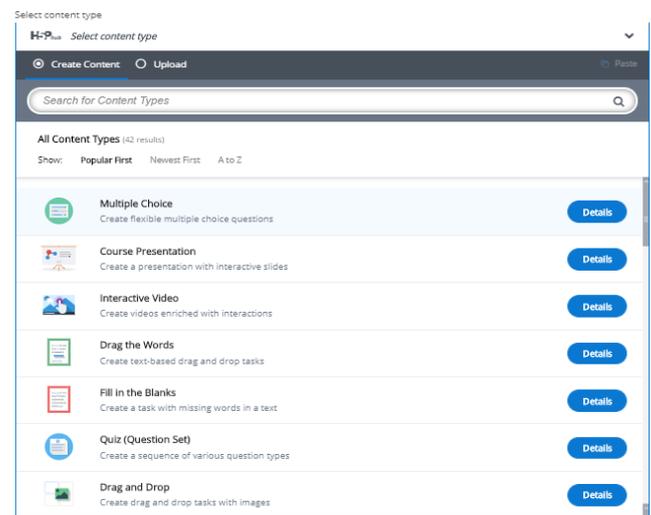


Figura 2. H5P Authoring tool.

Es importante mencionar que si se toma la decisión de utilizar el H5P Authoring tool, el OVA quedará publicado para toda la comunidad de usuarios H5P, a diferencia de utilizar el *plugin* para sistemas de gestión del aprendizaje.

Uso de H5P desde un sistema de gestión del aprendizaje

La segunda alternativa para la creación de contenido interactivo H5P es a través de un sistema de gestión del aprendizaje. Actualmente H5P cuenta con *plugins* integrar este tipo de contenidos a las plataformas Wordpress, Drupal y Moodle. Para poder realizar la integración de H5P con alguna de las estas plataformas, es necesario que el administrador del sistema realice la instalación del *plugin* de H5P en la plataforma.



Una vez instalado el *plugin*, el docente podrá integrar contenido H5P en sus cursos, como si agregara cualquier recurso o actividad nativa de la plataforma [5]. En la siguiente imagen se puede observar un contenido H5P de tipo *course presentation*, integrado en un curso publicado en el sistema de gestión del aprendizaje Moodle.

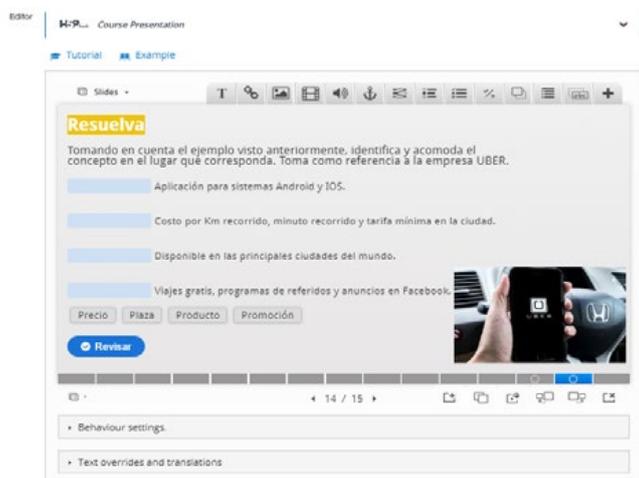


Figura 3. Contenido H5P en Moodle.

Cualquier usuario puede aprender a utilizar H5P en muy poco tiempo, debido a que es una herramienta que te lleva de la mano en cada paso. Además, H5P tiene la capacidad de generar contenido interactivo visualmente muy atractivo que supera a los recursos que tienen en general muchos sistemas de gestión del aprendizaje. Otra característica importante de H5P es la posibilidad de "reutilizar" los materiales, es decir, un docente puede compartir con colegas su materia y estos pueden adaptarlo, modificarlo y mejorarlo para utilizarlo en sus propios cursos.

Finalmente, algunas de las razones más importantes para utilizar H5P en sus cursos son:

1. H5P es una herramienta intuitiva. Hace algunos años se necesitaba de una persona con conocimientos de programación web para diseñar contenido interactivo. H5P permite a casi cualquier usuario diseñar contenido interactivo a través de un simple formulario.
2. H5P es compatible con múltiples plataformas. H5P puede ser utilizado en Moodle, Drupal y Wordpress y además, es compatible con cualquier dispositivo móvil.
3. La mayoría del contenido H5P puede ser utilizado por personas con alguna discapacidad, por ejemplo visual y auditiva. H5P cumple con los requerimientos WAI-ARIA (Accesible Rich Internet Applications) para módulos dinámicos, navegación con teclado y subtítulos.
4. H5P es una tecnología *open source*. Cuando se

utiliza H5P los usuarios pueden diseñar contenido interactivo [3], recibir asistencia de la comunidad en internet y colaborar con otros usuarios sin costo.

5. Para utilizar H5P no se requiere la instalación de algún complemento instalado en el navegador web del usuario o paquete de archivos [6]. A diferencia la herramienta SCORM, tradicionalmente utilizada para para la creación de OVA.

CONCLUSIONES

Con H5P es posible crear, editar y publicar OVA dinámicos, interactivos y visualmente muy atractivos, directamente en su navegador *web* preferido y desde cualquier dispositivo. Elegir el tipo de implementación para utilizar H5P dependerá si el docente tiene acceso a un sistema de gestión del aprendizaje con el plugin habilitado. De lo contrario, es posible utilizar la herramienta H5P *Authoring tool con la cual*, es posible crear contenido interactivo desde el sitio *web* de H5P para utilizarse como recurso en las clases. Además, es posible guardar los OVA en un archivo único con extensión .H5P para su edición o reutilización en otra plataforma. El contenido H5P cuenta con una gran cantidad de características personalizables, lo que lo hace una herramienta idónea para el desarrollo de OVA tanto para cursos *online* y bajo la modalidad tradicional *face2face*.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Baelo y I. Cantón, "Use of Information and Communication Technologies in Castilla and León Universities". *Comunicar*, 18(35), 159–166. J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 2010, pp.68–73.
- [2] J. Barroso, J. Cabero, y A. Moreno. "La utilización de objetos de aprendizaje en Realidad Aumentada en la enseñanza de la medicina". *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 2016, vol. 2(2), pp.77.
- [3] D. Geder y A. Zalipour. "Use of interactive video for teaching and learning". In *Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education, ASCILITE*, 2018, pp. 362-367.
- [4] "H5P Documentation", H5p.org, 2019. [Online]. Disponible en: <https://h5p.org/>.
- [5] "Moodle plugins directory", Moodle.org, 2019. [Online]. Disponible en: <https://moodle.org/plugins/>.
- [6] S. Rekhari y P. Sinnayah. "H5P and Innovation in Anatomy and Physiology Teaching". In *Research and development in higher education:[re] valuing higher education: volume 41: refereed papers from the 41st HERDSA Annual International Conference. 2-5 July 2018, Convention Centre, Adelaide*, 2018, Vol. 41, pp. 191-205.
- [7] D. Wiley. "The Learning Objects Literature". *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 2007, vol.16, pp. 345–354.



SIMULACIÓN DE DISTRIBUCIONES MUESTRALES

Simulation of sampling distributions

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Víctor A. Noriega Ortiz

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
Víctor A. Noriega Ortiz
Correo: victornoriega7@gmail.com

Resumen

Por lo general los cursos de estadística en una licenciatura presuponen que los estudiantes cuentan con conocimientos matemáticos que facilitarán la comprensión de diversas herramientas estadísticas. Al realizar inferencias acerca de un parámetro se utiliza la información de una muestra y generalmente se cuenta con un estimador de éste. Los estimadores son variables aleatorias y tienen asociadas una distribución de muestreo, a la cual nos acercamos por medio de herramientas de simulación, las cuales juegan un papel fundamental, ya que mediante ellas el estudiante comprende la distribución de muestral de varios estimadores y le es fácil conectar aspectos inferenciales a partir de los resultados computacionales obtenidos. El ahondar sobre las herramientas matemáticas necesarias para entender algunas de las distribuciones de muestreo en un curso de estadística, y el desarrollo de una aplicación que pueda facilitar esta enseñanza, son los motivos fundamentales que dieron lugar al presente material.

Palabras clave: distribución de muestreo, estimador, simulación, Shiny.

Abstract

Generally, basic statistic courses at undergraduate level suppose that students have certain mathematical background that will facilitate use and comprehension of diverse statistical tools. When making inferences for certain parameter, the information in a sample will allow, throughout certain estimator, to obtain inferences on the parameter of interest. These estimators are random variables and have associated a sampling distribution to which we can be close by means of simulations tools; these play an essential role because through them, students can learn about different sampling distributions making easy to link them with some inferential aspects from the computational results. The mathematical tools needed to understand some sampling distributions in a basic statistics course and the development of an app that could be helpful in these courses, are the main reasons of developing the material here presented.

Keywords: sampling distribution, estimator, simulation, Shiny.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es de lo más común ver estudios o bien reportes que utilizan técnicas estadísticas, ya sea desde un aspecto descriptivo o bien para estimar o predecir ciertos resultados. Esta tendencia, que al parecer seguirá creciendo, requiere que los cursos que se imparten a nivel universitario contemplen un aspecto práctico que permita a los estudiantes poseer los conocimientos básicos sobre la materia y cómo aplicar dichos conocimientos en la práctica. En la mayoría de las carreras universitarias se imparten cursos de estadística a distintos niveles. La actualización de temarios y la inclusión de nuevas tecnologías de la información, las grandes cantidades de datos que hoy en día se debe saber trabajar, obligan a descartar ciertos temas teóricos, cuya inclusión forzaría el extender los temarios o bien adicionar otros cursos de estadística, lo cual no siempre es posible.

Un tema que se cubre en todo curso de estadística, aunque a diferentes niveles, es el relacionado con los conceptos de población, muestra, muestreo y distribuciones de muestreo. Hacemos uso de muestras para poder inferir acerca de una población, pues usualmente resulta muy complicado y/o costoso obtener la información de cada elemento de la población. El parámetro o característica de interés de la población puede ser variado. Un caso común es tratar de inferir sobre la media de una población. Por ejemplo, un problema estadístico podría ser estimar la media del cociente intelectual del mexicano, la cual imaginemos está representada por la Figura 1. Claro está lo complejo de efectuar una prueba de IQ a todos los mexicanos para poder llegar a conocer esta distribución; es por ello que hacemos uso de técnicas de muestreo. Una característica de interés que en este caso nos permitiría estimar este parámetro es la media muestral, que es un estimador muy utilizado en la práctica.

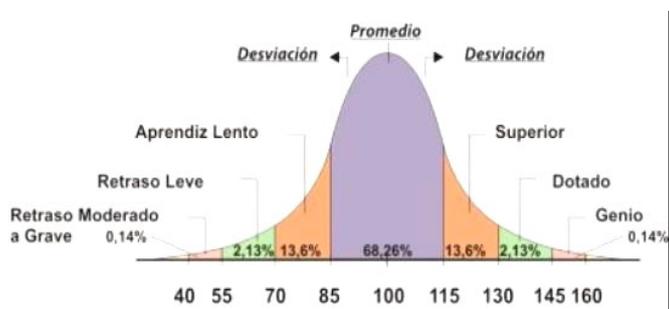


Figura 1. Distribución de Cocientes Intelectuales con media 100 y desviación estándar de 15, tomado y adaptado de S. B. Kathleen [1].

Una pregunta que resulta de inmediato es cómo se distribuye la media muestral, ese estimador que decidimos utilizar y que nos permitirá inferir sobre esta media poblacional. Con este ejemplo sencillo podemos ver que el concepto de distribución muestral de un estadístico es crucial en los cursos de estadística. Sobra decir que



inferencias acerca de una varianza son muy comunes en los cursos básicos de estadística y es por ello que en el presente manuscrito se considerará el muestreo de poblaciones normales y particularmente se trabajará con la distribución muestral de la media y varianza muestral. Tener conocimiento sobre estas distribuciones permitirá realizar inferencias sobre la media y varianzas poblacionales. Para el caso particular de la media, se trabajará suponiendo tanto conocida como desconocida.

Es importante mencionar que, en los cursos universitarios de estadística básica, no es de esperarse que los estudiantes tengan bases sólidas de programación, pero si la facilidad de aprender ciertos comandos en un software amigable, que les permita crear sus propios programas o bien ejecutar y entender los programas creados por otros. Como se dijo anteriormente, tampoco es de esperarse que en sus cursos previos los estudiantes hayan cubierto todas las herramientas matemáticas necesarias para un curso de estadística. Existen temas como el relativo a funciones generadoras de momentos y teoremas asociados a éstas que facilitarían la exposición del tema de distribuciones muestrales. Sin embargo, si estos temas no se han cubierto, existe la alternativa de motivar a estudiantes con facilidades matemáticas o computacionales, para que a través de trabajo extra-clase presenten ante el grupo, los desarrollos matemáticos que justifican la distribución de ciertos estimadores, o bien algoritmos de simulación que permitan visualizar la distribución de muestreo de éstos. El trabajo que aquí se desarrolla inició de esta manera.

Como se mencionó anteriormente, actualmente es necesario incluir herramientas de programación y afortunadamente existe mucho software estadístico tanto propietario como libre, y por medio de éste es posible simular varios procedimientos que se cubren en curso básico de estadística. Por ello la importancia de familiarizarse con herramientas de programación. Sin embargo, ¿qué hacer cuando los estudiantes del curso de estadística no cuentan con las bases más elementales de programación? Aunque existe software estadístico que no requiere saber programación, éste no siempre es accesible, o bien, lo que se requiere no viene incluido en el mismo. Es

ahí donde se pueden crear o utilizar aplicaciones elaboradas especialmente para ciertas tareas determinadas. En este artículo se presentan las herramientas matemáticas que serían necesarias para ver rápidamente el tema de distribuciones muestrales en un curso de estadística y se desarrolla una aplicación alternativa que permitiría ver este tema por medio de simulaciones. Para facilitar la comprensión de este escrito, el tema relativo a momentos de una distribución se presenta en la Sección 2, dando después una breve descripción, en la Sección 3, de algunas distribuciones de probabilidad. La sección 4 está dedicada a las funciones generadoras de momentos, ya que en muchas situaciones facilitan el conocer la distribución muestral de un estadístico, aspecto que se cubre en la Sección 5. Finalmente, en la Sección 6 se concluye con la propuesta de una aplicación desarrollada en un software estadístico del cual se proveerá un enlace para poder utilizarla.

MOMENTOS

Dado que en el transcurso de este escrito utilizaremos el concepto de momento de una variable aleatoria, es necesario establecer que, si X es una variable aleatoria con función de distribución $F(X)$ y su esperanza existe, su r -ésimo momento, el cual denotaremos por μ'_r se define como:

$$\mu'_r = E[X^r] \quad (1)$$

Nótese que

$$\mu'_1 = E(X^1) = E(X) \quad (2)$$

De igual manera puede definirse el r -ésimo momento con respecto a la media (momento central), de la siguiente manera, considerando también que la esperanza existe:

$$\mu_r = E[(x - \mu)^r] \quad (3)$$

Podemos observar que el segundo momento central de X es la varianza,

$$\mu_2 = E[(x - \mu)^2] = \sigma^2 \quad (4)$$

Estos momentos se conocen como momentos poblacionales. Ahora, también se tiene el equivalente de momentos muestrales. Así, si $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ es una muestra aleatoria con densidad $f(\cdot)$, su r -ésimo momento muestral centrado en el origen, que denotaremos como M'_r , se calcula como:

$$M'_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^r \quad (5)$$

Los momentos muestrales centrados con respecto a la media muestral \bar{X} se definen así:

$$M'_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^r \quad (6)$$



En particular, cuando $r = 1$ obtenemos la media muestral, la cual se suele denotar como \bar{X}_n y se calcula como:

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (7)$$

FUNCIONES DE DENSIDAD NORMAL, JI-CUADRADA Y t-STUDENT

Algunas de las distribuciones de probabilidad ampliamente utilizadas en los cursos básicos de estadística son la distribución normal, la Ji-cuadrada y la t-Student, mismas que serán utilizadas en el transcurso de este escrito.

La función de densidad de una variable aleatoria X que se distribuye normalmente con parámetros $\mu \in \mathbb{R}$ y $\sigma > 0$, es:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2}}, \quad (8)$$

donde $x \in \mathbb{R}$; μ , la media de la distribución es un parámetro de localización y σ , su desviación estándar, es un parámetro de escala.

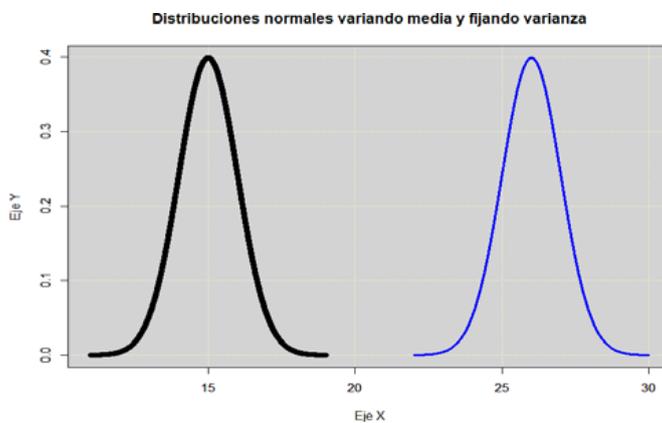


Figura 2. Distribuciones normales con diferente media pero misma varianza.

La forma que toma la distribución normal es acampanada, como puede verse en la Figura 2, donde se muestran dos distribuciones normales: ambas tienen $\sigma=1$, pero una tiene media $\mu = 15$, mientras que en la otra $\mu=26$. Por otra parte, en la figura 3, podemos observar dos distribuciones normales, ambas con $\mu = 15$, pero con diferente desviación estándar σ . Recordando lo expuesto

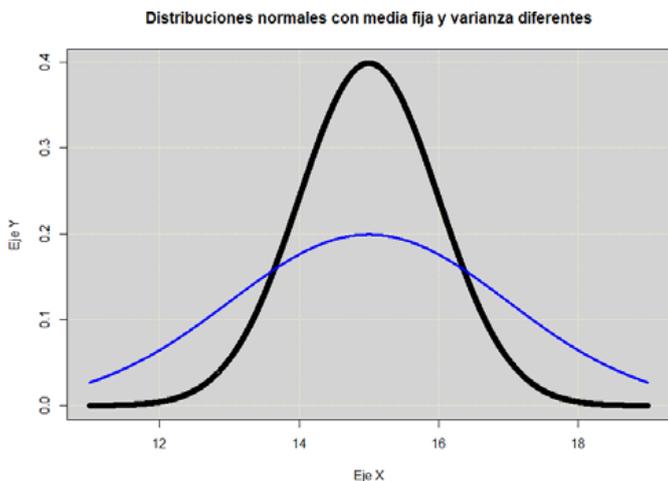


Figura 3. Distribuciones normales con misma media y diferente varianza.

en la Sección 2, podemos notar que el primer momento de la distribución normal es μ , mientras que el segundo momento de esta es σ^2 .

Por otra parte, la función de densidad de una variable aleatoria X que se distribuye como Ji-Cuadrada, con k grados de libertad, es:

$$g(x) = \frac{(1/2)^{k/2}}{\Gamma(k/2)} x^{k/2-1} e^{-x/2}, \quad (9)$$

donde $x \geq 0$, y la función $\Gamma(z)$ está dada por:

$$\Gamma(z) = \int_0^{\infty} t^{z-1} e^{-t} dt \quad (10)$$

Como puede verse en la Figura 4, la forma de la función de densidad de una variable aleatoria que se distribuye como una Ji-cuadrada, varía según sus grados de libertad.

Figura 4. Funciones de densidad de variables aleatorias con distribución Ji-Cuadrada con k grados de libertad.

Ahora, la función de densidad de una variable aleatoria X que se distribuye como una t-Student, con k grados de libertad está dada por

$$f(x) = \frac{\Gamma((k+1)/2)}{\sqrt{k\pi}\Gamma(k/2)} \left(1 + x^2/k\right)^{-\frac{(k+1)}{2}} \quad (11)$$

donde $x \in \mathbb{R}$ y la función $\Gamma(z)$ es la considerada anteriormente. En la Figura 5, puede observarse que la forma que toma esta densidad también depende de sus

grados de libertad. Es importante aclarar que las funciones de densidad aquí presentadas no son integrables y por ello la necesidad de utilizar tablas estadísticas, software estadístico o bien alguna aplicación que permita aproximar mediante algún método numérico, el área bajo estas curvas.

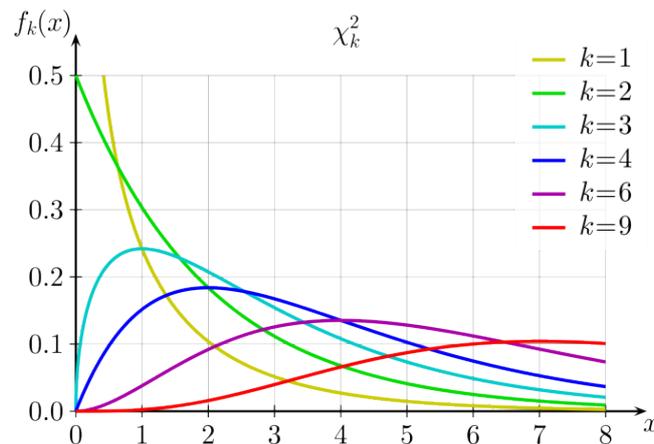


Figura 5. Funciones de densidad de variables aleatorias con distribución -Student, con dos grados distintos de libertad.

En la sección siguiente utilizaremos dos de las distribuciones antes presentadas para ejemplificar la utilidad de las funciones generadoras de momentos al analizar la distribución de ciertos estadísticos, aspecto muy importante en la inferencia estadística.

FUNCIONES GENERADORAS DE MOMENTOS

En esta sección veremos cómo las funciones generadoras de momentos nos permiten probar, de una manera relativamente sencilla, si dos distribuciones son iguales. Este material que en ocasiones no se cubre en los cursos de probabilidad es crucial para demostrar, de una manera inmediata, la distribución que siguen ciertos estadísticos que se utilizan en estadística inferencial.

La función generadora de momentos (fgm) de una variable aleatoria continua X es una función de valores reales, definida como:

$$M_X(t) = E(e^{tX}) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} f(x) dx \quad (12)$$

donde $f(x)$ es la función de densidad de X . Un teorema que facilitará demostrar la distribución de ciertos estadísticos es el presentado por Mood [2] que se presenta a continuación.

Teorema 1. Sean X y Y variables aleatorias con densidades $f_X(\cdot)$ y $f_Y(\cdot)$, respectivamente. Supongamos que $M_X(t)$ y $M_Y(t)$ existen y son iguales para todo t en el intervalo $-h < t < h$ para algún $h > 0$. Entonces las dos funciones de distribución acumulada y $F_X(\cdot)$ y $F_Y(\cdot)$ son iguales.

Este teorema, como veremos en lo subsecuente, será de gran utilidad.

A continuación, se presentan las funciones generadoras de momentos para el caso de una variable aleatoria X que se distribuye normalmente, así como también para una variable aleatoria con distribución Ji-cuadrada.

Si X es una variable aleatoria que se distribuye normal, con media μ y varianza σ^2 , su función generadora de momentos puede expresarse como:

$$M_X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (13)$$

En el caso de que X se distribuya como una normal estándar sustuiremos los valores correspondientes de $\mu = 0$ y $\sigma^2 = 1$ y, de esta manera,

$$\begin{aligned} M_X(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{tx - \frac{x^2}{2}} dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x-t)^2 + t^2}{2}} dx \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x-t)^2}{2}} e^{-\frac{t^2}{2}} dx \\ &= e^{-\frac{t^2}{2}}. \end{aligned} \quad (14)$$

Ahora, supongamos que la variable aleatoria X es tal que $X \sim N(\mu, \sigma^2)$, entonces su fgm está dada por (13) y haciendo

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma},$$

tenemos que $x = z\sigma + \mu$, y $dx = dz\sigma$, y con una simple sustitución obtenemos:

$$\begin{aligned} M_Z(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} e^{t(z\sigma + \mu)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \\ &= e^{t\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{tz\sigma - \frac{z^2}{2}} dz \end{aligned} \quad (15)$$

Completando cuadrados en los exponentes tendremos que $tz\sigma - \frac{z^2}{2} = -\frac{1}{2}(z - t\sigma)^2 + \frac{1}{2}t^2\sigma^2$ y sustituyendo esto en (15) obtenemos,

$$\begin{aligned} M_Z(t) &= e^{t\mu} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(z-t\sigma)^2 + \frac{1}{2}t^2\sigma^2} dz \\ &= e^{t\mu + \frac{1}{2}t^2\sigma^2} \end{aligned} \quad (16)$$

A continuación, se muestra la función generadora de momentos del cuadrado de una variable aleatoria normal



estándar, que se denotará como $M_{Z^2}(t)$ y se calculará de forma muy análoga a la anterior.

$$\begin{aligned} M_{Z^2}(t) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{tz^2} e^{-\frac{z^2}{2}} dz \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}(1-2t)} dz \end{aligned} \quad (17)$$

Sea $u = z\sqrt{1-2t}$, entonces,

$$\begin{aligned} M_U(t) &= (1-2t)^{-\frac{1}{2}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} du \\ &= (1-2t)^{-\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (18)$$

Esta última ecuación corresponde a la fgm del cuadrado de una normal estándar.

Para encontrar la función generadora de momentos de la suma de los cuadrados de normales estándar, recurriremos al siguiente teorema presentado en [3], y que establece:

Teorema 2. La función generadora de momentos de una suma de n variables aleatorias independientes, es igual al producto de las funciones generadoras de momentos de estas variables aleatorias, esto es,

$$M_{X_1 + \dots + X_n}(\theta) = M_{X_1}(\theta) M_{X_2}(\theta) \dots M_{X_n}(\theta) \quad (19)$$

Es claro que este teorema es bastante útil, pues una vez que conocemos la función generadora de momentos del cuadrado de una normal estándar, es posible encontrarla para la suma de los cuadrados de normales estándar.

Sea $W = \sum_{i=1}^n Z_i^2$ donde cada Z_i es una normal estándar, entonces

$$M_W(t) = (1-2t)^{-n/2} \quad (20)$$

Por otra parte, podemos calcular la función generadora de momentos de una variable aleatoria X , que sigue una distribución Ji-cuadrada con k grados de libertad, de la siguiente manera:

$$M_X(t) = \int_0^{\infty} e^{tx} \frac{(1/2)^{k/2}}{\Gamma(k/2)} x^{k/2-1} e^{-x/2} dx$$

$$= \frac{1}{2^{k/2} \Gamma(k/2)} \int_0^{\infty} e^{-\frac{z}{2}(1-2t)} x^{\frac{k}{2}-1} dx \quad (21)$$

Sea $y = \frac{(1-2t)}{2}$, entonces $dx = \frac{2dy}{1-2t}$

$$M_Y(t) = \frac{1}{2^{k/2} \Gamma(k/2)} \int_0^{\infty} e^{-y} \left(\frac{2y}{1-2t}\right)^{\frac{k}{2}-1} \frac{2}{1-2t} dy$$

$$= \frac{(1-2t)^{-\frac{k}{2}}}{\Gamma(\frac{k}{2})} \int_0^{\infty} e^{-y} y^{\frac{k}{2}-1} dy \quad (22)$$

Y por la definición de la función Gamma presentada en (10), identificamos que lo que se encuentra dentro de esta integral es $\Gamma(\frac{k}{2})$ por lo que la función generadora de momentos de una variable aleatoria que se distribuye como una Ji-cuadrada con k grados de libertad es:

$$M_Y(t) = (1 - 2t)^{-\frac{k}{2}} \quad (23)$$

El material previamente presentado permitirá que en la siguiente sección obtengamos de manera muy sencilla la distribución muestral de \bar{x} y de $\frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$, los cuales permitirán realizar inferencias sobre la media y varianza de una población normal, tópicos que usualmente se enseñan en los cursos básicos de estadística.

DISTRIBUCIONES MUESTRALES DE \bar{X} Y DE $\frac{(N-1)s^2}{\sigma^2}$

Algunos de los estimadores más utilizados en los cursos básicos de estadística son la media y varianza muestrales. Conocer la distribución muestral de éstos nos permite realizar inferencias sobre los parámetros que están estimando, pudiendo así tomar decisiones. No se estudiarán aquí las propiedades de estos estimadores, pues éstas por lo general se cubren en los cursos de estadística.

Distribución muestral de \bar{X} , con σ^2 conocida

En un curso básico de estadística por lo general se enuncia el siguiente teorema y se dan algunas referencias donde puede verse su demostración, como puede ser [2]. Por medio de este teorema podemos conocer cómo se distribuye la media de muestras de tamaño n , esto es la distribución de \bar{X}_n .

Teorema 3. Si \bar{X}_n es la media de una muestra aleatoria de tamaño n tomada de una distribución normal con media μ y varianza σ^2 , entonces $\bar{X}_n \sim (\mu, \sigma^2/n)$

la demostración de este teorema resulta inmediata si utilizamos lo presentado sobre funciones generadoras de

momentos, pues

$$M_{\bar{X}_n}(t) = E(e^{t\bar{X}_n}) = E\left(e^{\frac{t\sum X_i}{n}}\right) = E\left(\prod_{i=1}^n e^{\frac{tX_i}{n}}\right)$$

$$= \prod_{i=1}^n E\left(e^{\frac{tX_i}{n}}\right) = \prod_{i=1}^n M_{X_i}(t/n) = \prod_{i=1}^n e^{\frac{\mu t}{n} + \frac{1}{2} \left(\frac{\sigma t}{n}\right)^2} = e^{\mu t + \frac{1}{2} \frac{(\sigma t)^2}{n}} \quad (24)$$

que resulta la función generadora de momentos de una distribución normal con media μ , pero con varianza $\frac{\sigma^2}{n}$.

Distribución muestral de $\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2}$

Problemas que surgen de manera muy natural son los relacionados con estimar una varianza o bien realizar alguna prueba acerca de ésta. El apoyo para realizar esto es mostrar que si $s^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum (X_i - \bar{X})^2$ es la varianza de una muestra aleatoria tomada de una distribución normal, con media μ y varianza σ^2 , entonces $u = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$ tiene una distribución Ji-cuadrada con $(n-1)$ grados de libertad.

Para demostrar lo anterior recurriremos a comparar sus fgm como lo hicimos en un caso anterior. Nótese que:

$$\sum Z_i^2 = \sum (Z_i - \bar{Z} + \bar{Z})^2$$

$$= \sum (Z_i - \bar{Z})^2 + n\bar{Z}^2$$

Es decir,

$$\sum Z_i^2 = \sum (Z_i - \bar{Z})^2 + n\bar{Z}^2 \quad (25)$$

y con esto,

$$\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{\sigma^2} \quad (26)$$

entonces $\frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$ se distribuye Ji-cuadrada con $n - 1$ g.l.

Con la finalidad de comprender el resultado anterior, recordemos que conocemos la fgm de $\sum Z_i^2$ y que, ahora buscamos conocer la de $\sum (Z_i - \bar{Z})^2$ para poder corroborar que efectivamente U sigue una distribución Ji-cuadrada.

En la ecuación (25) obtuvimos una suma de variables aleatorias, por lo que utilizando el Teorema 2 tenemos que:

$$M_{\sum Z_i^2}(t) = M_{\sum (Z_i - \bar{Z})^2}(t) M_{n\bar{Z}^2}(t)$$

y haciendo un sencillo despeje llegamos a

$$M_{\sum (Z_i - \bar{Z})^2}(t) = \frac{M_{\sum Z_i^2}(t)}{M_{n\bar{Z}^2}(t)} \quad (27)$$

Conocemos la fgm del numerador en (28) y para el denominador sabemos que Z se distribuye como una normal, pero con varianza $\frac{\sigma^2}{n}$, donde $\sigma^2=1$, y al ser multiplicada por n obtendremos la misma fgm que para una variable aleatoria Z^2 . Luego entonces, tanto numerador como denominador se distribuyen como una Ji-cuadrada:

$$M_{\sum (Z_i - \bar{Z})^2}(t) = \frac{(1-2t)^{-\frac{n}{2}}}{(1-2t)^{\frac{1}{2}}} = \left(\frac{1}{1-2t}\right)^{(n-1)/2} \quad t < 1/2, \quad (28)$$

SIMULACIÓN DE DISTRIBUCIONES MUESTRALES EN UN CURSO BÁSICO DE ESTADÍSTICA

Software estadístico: R

Las funciones generadoras de momentos son de gran importancia en probabilidad y estadística, ya que nos proporcionan un medio para probar la distribución de estadísticos y/o transformaciones de éstos. Aun así, volvemos a destacar que no en todos los cursos de estadística se puede esperar bases tan sólidas en matemáticas, ya que recordemos que la estadística se estudia en muchas áreas de servicio donde no se cuentan con estas bases. Por ello, para justificar lo que hemos visto acerca de las distribuciones de estadísticos y sus transformaciones se suele recurrir a simularlos computacionalmente. En la actualidad, las simulaciones a partir del software computacional son muy populares debido a lo práctico que esto resulta ser. En nuestro caso, podemos hacer uso de software estadístico que sea sencillo para los estudiantes, y a su vez, con las herramientas necesarias para nuestro objetivo. Tal es el caso de R [4], un software estadístico de entre los más populares en la actualidad, completamente libre, con una vasta documentación en línea y una gran comunidad. R es tan sencillo de usar que incluso en áreas como economía se ha implementado, donde no se espera experiencia en programación por parte de los estudiantes.



demostrando con lo anterior que la fgm de $\sum(Z_i - \bar{Z})^2$ es igual a la fgm de una Ji-cuadrada con $n - 1$ grados de libertad.

Distribución muestral de \bar{x} , σ^2 desconocida

Es muy común que surja el problema de realizar inferencias acerca de la media de una población normal y que la varianza sea desconocida. En dicha situación no es posible recurrir a las funciones generadoras de momentos para estudiar la distribución muestral de la media, ya que la cantidad pivotal $\frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$ resulta tener una distribución t -Student, la cual no posee función generadora de momentos. Sin embargo, en estos casos es posible auxiliarse de lo que vimos anteriormente y otros resultados como el siguiente:

Teorema 4: Si Z sigue una distribución normal estándar y U sigue una distribución Ji-cuadrada con $n - 1$ grados de libertad, donde Z y U son independientes, entonces $\frac{Z}{\sqrt{U/(n-1)}}$ sigue una distribución t -Student con $n - 1$ grados de libertad. Utilizando este teorema podemos ver que la cantidad pivotal $\frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$ sigue una distribución t -Student con $n - 1$ grados de libertad pues,

$$\frac{\frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}}{\sqrt{\frac{(n-1)S^2}{\sigma^2(n-1)}}} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}}. \quad (29)$$

Esta cantidad permitirá construir intervalos de confianza para la media μ , así como realizar pruebas de hipótesis o bien pruebas de significancia para este parámetro.

En la siguiente sección abordaremos el tema de la simulación de distribuciones muestrales, ya que con ello podemos reconocer más fácilmente cómo se comportan ciertos estadísticos de interés en un curso básico de estadística. Sin embargo, hay que tener en consideración que para ello hay mucha teoría que lo sustenta, y que las funciones generadoras de momentos forman parte de las bases que hay que conocer si queremos hacer responsablemente simulación en estadística.

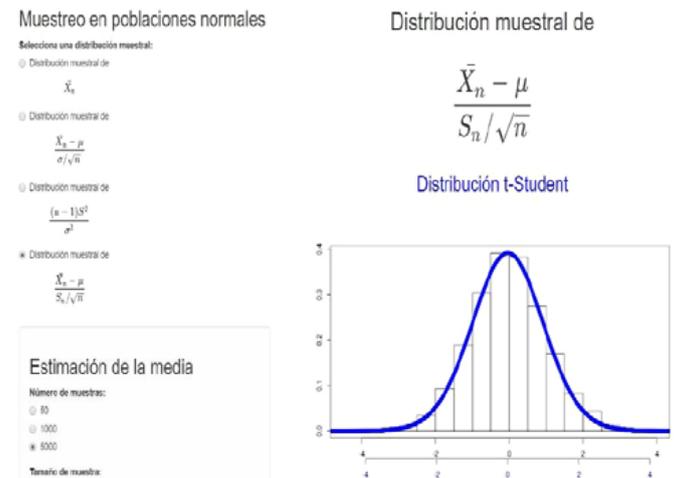


Figura 6. Interfaz gráfica de una aplicación web desarrollada con el paquete Shiny de R.

Shiny: Diseño de aplicaciones con R

Una útil herramienta cuando estamos trabajando en R es Shiny [5], una librería que permite el soporte de aplicaciones mucho más amigables para el usuario, como lo muestra la Figura 6. Así, si nuestro objetivo es mostrar distribuciones muestrales en un curso básico de estadística, con pocas bases de matemáticas y programación en software estadístico, el desarrollo de una aplicación con tal enfoque resulta ser sencillo a través de esta librería.



```

1 |
2 # This is the user-interface definition of a shiny web application. you can
3 # run the application by clicking 'Run App' above.
4 |
5 # Find out more about building applications with Shiny here:
6 #
7 # http://shiny.rstudio.com/
8 #
9 |
10 library(shiny)
11 s1 <- withMathJax("$$\bar{x}_{n}$$")
12 |
13 shinyui(fluidPage(
14   titlePanel("Muestreo en poblaciones normales"),
15   withMathJax(radioButtons("inRadio", "Selecciona una distribución muestral: ",
16     choiceNames = c("Distribución muestral de $$\bar{x}_{n}$$",
17       "distribución muestral de $$\frac{\bar{x}_{n}}{\sqrt{\frac{(n-1)s^2}{n}}}$$",
18       "distribución muestral de $$\frac{(n-2)s^2}{\sqrt{\frac{(n-2)s^2}{n}}}$$",
19       "distribución muestral de $$\frac{\bar{x}_{n}}{\sqrt{\frac{s_{n-1}^2}{n}}}$$",
20       choicevalues = c("distrib3", "distrib4", "distrib2", "distrib1")
21     )
22   ),
23   sidebarLayout(
24     conditionalPanel(

```

Figura 7. Implementación de la vista de la aplicación mostrada en la figura 6.

Esto por supuesto implica que el profesor o desarrollador conozca R y Shiny, con el fin de desarrollar una aplicación para estudiantes, considerando que estos últimos no cuentan con el interés de programar, como se puede dar en muchas áreas. Shiny es una herramienta que nos sirve para el desarrollo de aplicaciones destinadas a estar en la red, por lo cual cuenta con funciones de HTML, algunos estilos de CSS, e incluso con la posibilidad de enlazar nuestros scripts con códigos de JavaScript, uno de los lenguajes más populares en la actualidad, como se ve en la Figura 7.

CONCLUSIONES

Es importante mencionar que los contenidos curriculares de los programas educativos universitarios se revisan regularmente y al adaptarlos a los cambios científicos y tecnológicos, en ocasiones se prescinde de temas que pueden ser fundamentos teóricos importantes en materias subsecuentes. Es tarea pues del maestro, encontrarlas herramientas que permitan a los estudiantes

comprender temas como el presentado en este escrito, incluso sin demostración matemática alguna. Esto generalmente implicará adaptarse a los tiempos actuales y aprovechar las nuevas tecnologías para ofrecer un contenido más didáctico y de fácil comprensión. En ocasiones esto no es tarea sencilla; sin embargo, el esfuerzo es gratamente recompensado. Herramientas como la aquí presentada permitirán que los estudiantes, sin importar sus bases de programación, computación o matemáticas, puedan comprender claramente el tema de distribuciones muestrales. Por tal razón, la aplicación aquí presentada, se encuentra disponible en línea y con libre de acceso, en el siguiente enlace: <https://victornoriega.shinyapps.io/distrib/>

Por otra parte, el trabajo colaborativo, extra-clase, entre maestros y alumnos es fundamental para lograr aplicaciones como la aquí presentada, la cual surgió del interés despertado en quien esto escribe, cuando cursé la materia de estadística con la Dra. Gudelia Figueroa, en el Departamento de Matemáticas. Su asesoría en este tema fue crucial ya que se logró no sólo este manuscrito, sino también una aplicación amigable y sencilla que permite a cualquier estudiante de un curso básico de estadística comprender el tema de distribuciones muestrales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. B. Kathleen, Psicología del desarrollo: Infancia y adolescencia, New York: Editorial Médica Panamericana, 2007.
- [2] A. M. Mood, F. A. Graybill and D. C. Boes, Introduction to the Theory of Statistics, New York: McGraw-Hill, 1974.
- [3] P. G. Hoel, Introduction to Mathematical Statistics, New York: John Wiley and Sons, 1964.
- [4] T. R. Foundation, "The R Project for Statistical Computing," Agosto 1993. [Online]. Disponible: <https://www.r-project.org/>. [Ingreso en 2019].
- [5] "Shiny," The R Foundation, [Online]. Disponible: <https://shiny.rstudio.com/>. [Ingreso en 2019].

HABITABILIDAD DE PERTENENCIA

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Carlos Vicente Tostado Cosío

Recibido: 12 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre del 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Carlos Vicente Tostado Cosío
Correo: cartoscos@gmail.com

Resumen

Se habrán de registrar los antecedentes y recopilar la documentación relativa al crecimiento de la mancha urbana de finales del pasado siglo, para comprender las diferentes características de la obra transformada en espacios y de forma alguna, también, percibir los abandonos de costumbres heredadas de la visión humana que, debiendo recuperar su objetividad y sentido de identidad ya inadvertida en el tiempo, se ha de procurar su recate desde la individualidad del colectivo social.

Deliberadamente se asume éste propósito, al mostrar las múltiples facetas en las que la vivienda aparenta solo responder a su temporal y subjetivo suceder histórico, que en el discernimiento de la percepción generacional de apariencia, empleada por Lambert (1764), al apropiarse o adoptar las modas, costumbres, diseños y materiales de otras regiones, se han constituido en las variables del entender la vida de los habitantes, migrantes y posesionarios de eventualidad de los espacios del ecosistema en la ciudad; hoy concebida, como el gran hábitat humano.

El termino masificación o, adaptación de un grupo o de un fenómeno a las características de las masas, término adoptado a lo señalado reiteradamente por la vivienda contemporánea, forma parte de un fenómeno al que Ricoeur (1997, con una mirada retrospectiva, trata el papel que juega la comprensión en la narrativa de la vida individual en la historia colectiva, adoptándola como recapitulación del acontecer de las ciudades, enumerando no solo a las posicionadas en la frontera norte de México, que, siendo entes vivos y heterogéneos, sin desearlo, han asumido características deformadoras y fragmentarias sin precisar los porqués su deterioro.

Palabras clave: Apariencia, Masificación, historia colectiva, percepción.

INTRODUCCIÓN

Antes de iniciar ésta investigación, una duda a provocado el desconcierto del autor y se ha preguntado: ¿Es por la realidad del entorno o naturaleza, más que por la apreciación de pertenencia que se sucede la vida y habitabilidad en las ciudades?

Es probable que para develar ésta realidad, como para advertir las deferencias sensibles del crecimiento de las ciudades, en una primera indagación se soslaye, cuales son los vestigios importantes y, que atender, más que entender el entorno, transfigura la situación en una variable que de forma diferente ha sido adoptada por cada habitante y suponiendo, a partir de intentar esclarecer las entrañas de su existencia socio-cultural, sea permisible alcanzar una respuesta donde podrá ser apropiable la opción de su desarrollo en lo unitario, a partir del cómo y de qué manera se ha incorporado al colectivo. Sin embargo, lo expresado, permite entrever que el entorno ha sido desatendido con extrema facilidad por los seres humanos, de forma tal que se ha convertido en una compleja situación al ignorar su deterioro a nivel global, propiciando de forma resiliente, su resarcimiento.

La atención asumida para continuar y esclarecer lo señalado, se propone tal como la formulan, Cimbranos, F., D.H. Montesinos y M. Bustelo (1999) al afirmar que; “conociendo la realidad hoy, se podrá alcanzar la alternativa de la realidad”, en tanto en un sentido alterno de su comprensión, Castañeda, C. (1968), haciendo una clara referencia al análisis estructuralista de Levi-Strauss

(1978), lo alude como “los preliminares de ver y la tarea de ver”.

Habría de comprender con las variables de lo anunciado, que se la hace referencia, que, al conseguir la realidad y disponer de la suficiente información, permita, por una parte a la investigación, enterarse de la extensión de las fortalezas existentes o tal vez también, del posible grado de deterioro y precisar la configuración de valores, identificados entre algunos de los intangibles, la identidad, la pertenencia, la capacidad de integración, y, siendo aún imprecisa su comprensión ontológica, se hacen ostensibles como características o circunstancias que la propician, cuando asintiendo imaginar, que la individualidad en el colectivo, debe reconocerse ser sociológica y que no solo porque forma parte de un determinado lugar, derivado el porqué y el cómo apropiarse; el estar y sentirse dentro de ella, se alcanza solo por la eventualidad de nacer, de adopción, causalidad o posible casualidad.

Pudiera ser esta afirmación, una oportunidad de deducir en términos relacionales, las discrepancias entre Bourdieu y Elías a la manera en como lo aborda Guerra, M. Enrique (2010) [...] “donde lo social y lo individual se aprecian como dos perspectivas de la realidad que no pueden separarse”. Éste hecho, privilegia de forma puntual la aseveración e importancia que adquiere el comportamiento histórico generacional en lo individual y de cómo se verán impactados con la conservación o ampliación de más oportunidades vitales. Ya Christian Norberg-Shultz (1995), retomando el carácter espacial del habitar, desarrolló diversos estudios en torno a la



identidad y la pertenencia, el lugar, menciona lo que se ha venido advirtiendo, que la identidad está profundamente relacionada con los lugares y las cosas.

La visión de habitar el espacio y sus posiciones en la habitabilidad, se transfigura desde el señalamiento que hace Bourdieu, al formularlo como concepto racional de hábitos y como una clara consecuencia a las formas de posición a través de sus disposiciones y, en éste caso particular, al referirse, que a cada parte de la ciudad, le corresponde una clase de hábitos resultado de las condicionantes sociales asociadas con su ocupación en el tiempo; en tanto, en lo individual, lo señala bajo dos actitudes; lo objetivo y lo subjetivo que caracterizan las estructuras sociales externas y se consideran las estructuras sociales internas, un todo reunido en el concepto de hábitos.

De alguna forma se ha de comprender que, desde éste apartado, se ha de construir la significación con la que se dado inicio. De algún modo y con ella, se desea percibir la realidad socio-cultural para, comprendiéndola, estar al tanto y entender la problemática surgida a partir de la visión de los actores insertos en los grupos y en las distintas sociedades para, conociéndola, -saber escucharlos-. Lo mencionado, lo reiteran los autores citados y al obtener la mayor información, se podrá estar en una posición de interpretarla. Al hacer la referencia a grupos se ha de atender lo expresado por Leví-Strauss (1978), "una realidad objetiva abordada desde fuera con independencia de la representación que los individuos tengan de ella y de la manera que cada sociedad trata de integrarse a todas en una totalidad ordenada"

Se hace deseable también señalar y tomar en cuenta como referente, el no perder de vista una variable que, independiente de lo pretendido alcanzar como objetivo, sea acaso ésta, una de las más sensibles percepciones advertidas dentro de las comunidades. Y ya que ésta ha surgido desde la fenomenología, como un acto que está incidiendo en la vida acelerada de los habitantes, se hace referencia al estado de estatus de competencia, que, pareciendo implícita su interpretación a partir de lo financiero, se revela -sin ser un parámetro en la adopción de los elementos de confort de la habitabilidad-, se constituya en un referente que ha favorecido e influenciado la producción de espacios o viviendas placenteras, más no por sus características físicas de un diseño de una arquitectura pasiva, sino por el empleo y consumo de energía por medios maquinales que la hacen posible.

También es pertinente señalar que ésta condición, a pesar de la intensa penetración de la comercialización de los ofertantes, no ha alcanzado a ser reveladora dentro del esquema de las empresas dedicadas a la edificación de viviendas, producto tal vez, de otra variable constituida desde la elección de terrenos baratos, otrora ejidales y más alejados de la mancha urbana; escenario que menciona de forma puntual, Chávez Acosta O. (2018) en su artículo "Fragmentación urbana: relevancia de las preexistencias



agrícolas" donde el crecimiento consecuencia de [...] "los cambios constitucionales reguladores de la tenencia de la tierra y el desarrollo de vivienda, como factor de base contribuyeron al establecimiento de las condiciones espaciales y de paisaje urbano de la ciudad actual". Por lo que apuntar que lo alcanzado a partir de lo mencionado, solo ha logrado fragmentar más la ciudad al encapsularla con nuevos asentamientos cual si fueran cotos del poder de la economía, instaurando una realidad incierta y potenciadora de una mayor segmentación y desarticulación de los grupos sociales y colectividades, ya que, al desarrollar núcleos urbanos más alejados del centro fundacional, su propuesta aparece como una visión del crecimiento no planeado en el desarrollo de las ciudades.

Tal como lo señala acertadamente Chávez-Acosta, "[...] el crecimiento de la ciudad es normado y regulado, de manera general, por el ayuntamiento; pero los desarrolladores privados lo materializan en el territorio, siendo los verdaderos creadores y constructores de la ciudad". Si bien el caso citado en específico, corresponde a la ciudad de Chihuahua, se puede afirmar, que este es un modelo que se replica en muchas de las ciudades del País y posiblemente, en algunas ciudades de Latinoamérica.

Imaginar ésta situación como parte de la reflexión inicialmente externada e interpretar las formas en las que la habitabilidad en lo contemporáneo ha evolucionado en la mayoría de las ciudades del continente y precisar que inició como un efecto de las políticas económicas adoptadas en la década de los años ochenta del pasado siglo, permitiendo la propagación de empresas inmobiliarias y crear "paquetes de vivienda amurallada", e implementando modelos masivos de vivienda, fragmentaron las costumbres al poner en duda la aceptación y formas de diseñar los espacios que debiendo ser sensiblemente humanos, se alejaron de garantizar y justificar su calidad como lo es. el hecho de ocupar un lugar para vivir o morar en una casa o espacio con confort y dignidad.

La masificación, identificada como una parte del proceso de la ciudad en lo contemporáneo, se ha ilustrado

desde el inicio del texto, juega un papel trascendente en la transformación de la mayoría de las ciudades Latinoamericanas en donde la narrativa expresada por Ricoeur (1997), hace ver su comprensión en la historia colectiva de la vida individual, para adoptarla como recapitulación del acontecer de las ciudades, asumiendo características complejas, deformadoras y fragmentarias, que con frecuencia pretextan los porqués del deterioro del hábitat.

Hacer mención de las causales de la apariencia adoptadas en la vivienda contemporánea, particularmente la de carácter masivo, la referencia mencionada de Lambert (1764) debiera acotar y transformarse viendo los efectos que su proliferación ha producido en el ambiente natural, en el comportamiento individual y el colectivo, afectando la vida en las comunidades y sociedad, el caso es que al suceder lo aparente, se renuncia a la propia identidad.

Deliberadamente se asume el propósito de exponer las facetas inacabadas de lo enunciado y profundizar en los conocimientos asimilados de la edificación vernácula, por considerar que su importancia en la vida, y espacios, se muestran como pilares y tema de aceptación en el quehacer y recuento de pertenencia y herencia ancestral de la identidad, al enunciar y reconocer a los pueblos y naciones primigenias, al permitir develar los silencios de las culturas mesoamericanas asentadas anteriores a la ocupación hispana en los territorios de pertenencia para después, constituirse mestizas.



Figura 1.- Vivienda mestiza en el poblado mayo de Choacalle, Sonora.

Prop. De Carlos V. Tostado C. 2004.

Ya que siendo ésta parte de los testimonios de lo construido y legado de la heredad, la diversidad de formas de la habitabilidad bordadas por el clima, la naturaleza, así como de lo efímero e intangible de las significaciones, en muchas ocasiones como una respuesta del lugar, se debe precisar que no solo las posicionada en el nororiente del país, permitirán hacer un inventario de lo

edificado y examinar las diferencias de lo idealizado por sus habitantes, sociedades y grupos, quienes mostrando mesura en los estilos, plástica y poética de sus espacios como consecuencia de las formas, geometría y materiales adoptados en sus edificaciones, parecieran ejercer una sensación de fascinación a partir del empirismo nativo que, al apropiarse de su entorno, argumentando y advirtiendo lo sustentable y lo expresado hasta hoy, el tema de lo resiliente derivado de las afectaciones y deterioro de y a la naturaleza, haciendo vigente y presencial su rescate.

Sustentable y resiliente, son en este tiempo, antónimos en la defensa al medio ambiente, que, aunque el primero pretende hacer que las cosas se sucedan de forma preventiva con el afán de heredar las bondades del planeta, la segunda intenta recuperar lo dañado por la inexcusable tarea del ser humano que, en pos del progreso, ha destrozado los rizomas de su existencia.

En tanto, lo identitario, develado como patrimonio intangible de la plural semejanza nacional, se ha constituido, por una parte, en parte del resultado de los conocimiento, tanto de las condiciones del entorno, como de las características y propiedades de los materiales empleados y, al igual que las formas del hacer uso de la tierra aplicada en calidades múltiples y asumiendo el conocimiento occidental del hacer del adobe de tierra cruda, transformándolo en prototipos y tipificado mestizo, lo entremezcla con frecuencia, con las formas de hacer de sus antepasados como lo fue el tapial, el bahareque o chiname y el contemporáneo, BTC o adobe de tierra-cemento así como el ladrillo o tabique recocido, convertidos todos ellos, en un valioso tema de análisis que lo hace imaginarlo un objeto de interés por su aplicación, particularmente, para lograr espacios eficientes, agradables y ecológicos.

Referencias desde la práctica.

No obstante que los diseños en la modernidad se han distanciado de su uso por ser considerado un material de los pobres y denostado por su carácter indígena, su uso debe considerarse al adaptarlo al presente, un valioso recurso para atender la demanda de un amplio segmento de la población que carece de un espacio habitable con dignidad y calidad.

Es deseo del autor en éste artículo, a partir de exponer una semblanza en donde se destaque la importancia de la arquitectura vernácula, en éste caso de estudio de la vivienda de los mayoam, particularmente de las formas con la que los antecesores indígenas mayo, construyeron con idoneidad sus lugares y, -sin menoscabo de su pertenencia-, presupone que aún con la cierta rusticidad de los procesos de formación, su identidad se considera consolidada con sus propios valores para transferir sus tipologías, materiales y tecnologías de forma consciente, de forma que se presenta como una forma congruente de adaptación al medio ambiente ya que han logrado obtener



como recompensa, la preservación, cuidado y originalidad de su hábitat y sus paisajes.

Si bien es menester hacer una referencia al espacio como centro de la habitabilidad y esta conlleva a plantear y reflexionar sus significaciones. Mientras que algunos autores la describen contenida dentro de límites, la tarea de precisarla, deberá ser a partir de ese “algo” que evidentemente considera sus contenidos intangibles que alienten la búsqueda de respuestas a su significación, ya que en su ocupación, no solo se considera el precisar un lugar, sino debiera ser algo que la identifique dentro de límites que finalmente no son ese *algo* y desde donde “algo” se termina, sino como se reconociera en la cultura griega, es el límite de aquello desde donde comienza su ser. Espacio en esencia, espacio creado, es, lo que tiene cabida en su límite. Martin Heidegger (1951) en su ensayo; *Construcción, Habitación, pensamiento*, afirma que “Los espacios y con ellos **el espacio**, ya está siempre creado en la estadía de los mortales. Los espacios se abren cuando se les da cabida en el habitar del hombre.”

De lo descrito, se rompe de nuevo el silencio para argumentar el porqué del quebrantamiento del comportamiento humano con sus raíces, entonces la heredad de la arquitectura, siendo un proceso transformador de la realidad y resultado de una metodología culta y científica, es en sí misma, es una actividad intelectual.

Al proceso en el avance de la exploración, le quedan claras dos inquietudes.

1a. ¿Porqué si lo que se desea es el espacio; es decir, lo contenido entre límites para habitar, ¿cuál es la razón para objetar el empleo de materiales vernáculos?

2a. ¿Cuál sería la razón del éxito de los conjuntos habitacionales amurallados si lo que no tienen es el espacio para habitarlo con dignidad?

De la misma manera en que la verdad, “como conformidad de las cosas consigo mismas o de lo que se dice con lo que se siente o piensa” según se enuncia en lo universal, se transforme en un hecho y para antes de enfrentarla al ejercicio de proyectar, se considere ineludible efectuar un proceso recolector de la realidad concreta

y a través de ella, obtener información que sea para el diseñador, un instrumento eficaz, no solo a consecuencia de sus antecedentes históricos cuando se devela la realidad desde su identidad y presencia de pueblos y Naciones entones; ¿que se requiere para alcanzar la significación de la premisa del rescate de los elementos de la vivienda en lo vernáculo?

Se ha de consideraren el ámbito del espacio temporal las variaciones de este tipo de construcción, en que las significaciones socio-culturales de sus estructuras, al adoptar y/o aceptar los individuos, grupos y sectores sociales los diferentes modelos de vida, para con ello reflexionar que en el propósito mismo de estudio, está contenido implícitamente en el empleo de tecnologías constructivas tradicionales o en la modernidad de los materiales, la configuración del posicionamiento y del entorno derivado de sus dogmas, ya sean estatus social, académicos, religiosos y cósmicos, se advierte que bajo ésta premisa, se encuentra la posibilidad de rescatar, desde la incierto del valor, el equilibrio y hasta la protección del entorno, a una naturaleza que no solo debe ser representada bajo el esquema de “antiguo, vernáculo o tradicional” y menos, como lo han expresado de forma denostante, un signo negativo de pobreza, deseando conferirle una diferente lectura a la relación -hombre y medio ambiente- ya que se ha de considerar, continúa afectando a todos los niveles de vida, alcanzando al mismo hombre que se pierde destruyendo los ecosistemas, incrementando la contaminación, la violencia y la destrucción.

Estructura de trabajo.

Idealizar una forma de presentación que conduzca con acierto y lograr una visión de lo que se pretende exponer en pocas frases, deja ver en la inexperiencia del autor, un reto derivado de la gran cantidad de variables que deberán ser acotadas en virtud de lo limitado del espacio a disponer en su redacción; sin embargo, se intentará puntualizar a grandes rasgos, la importancia que posee el tema y la impresionante forma en la que se les está arrebatando de las manos, sin darse cuenta las nuevas generaciones, su herencia.

Primer apartado. Conociendo la realidad hoy. -Preliminares de ver-.

En el estudio científico de las etnias, la etnología, se ocupa de la estructura lingüística, económica y social de cada una de ellas en cualquier parte del mundo. De ella se valora la intensidad que ejercen sus lazos en una civilización que las debiera caracterizar permanentes en su evolución. Sin embargo, al meditar que se tiene un panorama incierto de dimensionar y que se teje de forma compleja a partir de advertir la condición de un mestizaje que habría que estratificar a la manera como lo hace el citado autor Castañeda C, dilucidando los porqués de las diferencias culturales y apreciación de sus costumbres, símbolos y significados de un lugar y forma de ver la

vida, estando insertas dentro de los componentes de los estudios de campo, se advierten forma de aceptación y/o rechazo en el uso de siluetas precisas en suficiencia a sus necesidades y la implementación de su diseño, con materiales pertenecientes a su entorno.

Segundo Apartado. Alcanzar la alternativa de la realidad. -La tarea de ver-.

Inherente: adjetivo. Que por su naturaleza esta de tal manera unido a una cosa que no se puede separar.

No se está en condición de afirmar, que es lo inherente al conocimiento y sentir de cuál es la percepción que se tiene de la ciudad y que es lo que envuelve a las generaciones, agrupaciones y personas en la ciudad, como tampoco se puede atestiguar que se podrá elaborar un plan para transformarla en un tiempo mediático. Sin embargo, lo que se posible alcanzar como conocimiento holístico, será de interés de todos para, una vez advertidas las coincidencias, los avances que se alcancen en diferentes senderos, serán trascendentes.

Se diría que es conveniente que la condición de inaplicabilidad de los estados de la realidad no ordinaria como lo que plantea Castañeda, quien introduce el concepto de -nuevas unidades de significado-, preconcebidas como un conglomerado básico de datos sensoriales y sus interpretaciones sobre las cuales construir un significado más complejo. Sería tanto como enumerar y llamar a los espacios por un nombre que se requiere, para atender e identificar la vida de los individuos, de una pareja, de una familia o de un grupo numeroso de familias y/o personas en lo cotidiano, tanto como exponer un sistema preciso de interpretaciones sensibles con las cuales, cualquier interesado, puede lograr coincidencias y realizar cita el autor, "aclamaciones, supuestos, predicciones, etc., sobre todas las situaciones pertinentes a su actividad".

No se puede dudar que, para adoptar una interpretación coincidente y sensible, debe preexistir un proceso para interpretar los datos percibidos de las acciones individuales y sociales. Las apariencias, que se han adoptado, se asumen no por lo que significan sino para parecerse a otros en lo lejano o extranjero, sin suponer, se tenga alguna responsabilidad al adoptarlas asumiendo pensamientos con certezas emotivas, las evidencias de afectación a la naturaleza se muestran simuladas y maquilladas.

De lo aprendido, pareciera que no se tuvieron rastros de haberlos recibido. Más bien, aprendemos a pensar diferente y se entrena a los hijos para que lo adviertan de la misma forma, aunque no se alcance el sentido de confort

necesario de las viviendas, para hacerlo todo para sentir la admiración y parecer importantes, a base de equipamiento y costo de inversión.

En el **Tercer y conclusivo apartado**, la metodología adoptada en la revisión de las topologías, tipos y estructura de los espacios, al igual que la función, se ve con una adecuada selección de tecnologías prevalecientes y con una visión holística, se demostrara que los resultados de los estudios de caso abordado, en mediación de la corta distancia prevaleciente de los asentamientos estudiados, permitió obtener la valoración de los componentes más importantes a través del enfoque metodológico propuesto. Se reorientará el trabajo investigativo en reformular desde un ejercicio epistemológico para que se fundamenten los valores socio-culturales que, expuestos de forma detallada del devenir histórico de la etnia, logrando describir las características más relevantes de su territorio, los aspectos demográficos y los valores que han potenciado su identidad, cultura y lengua.

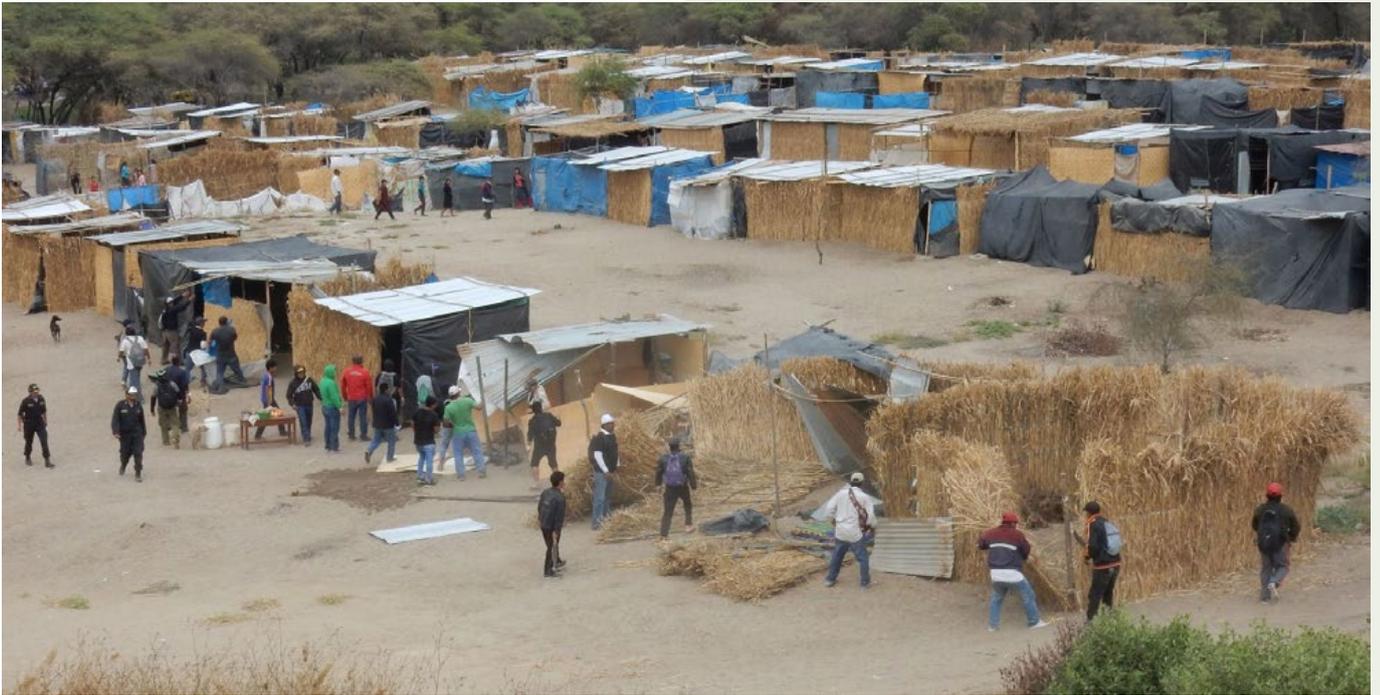
En ellos, se retoman, tanto las Anastilosis como las analogías con sus referentes correspondientes, para presentar el testimonial que permita identificar la realidad, problemas y oportunidades de la vivienda mayo, que facilite la oportunidad para ser discutidas en un marco que consideramos, rebasa el ámbito acadé-

mico y en un intento de ser concluyente, se describirán los componentes y elementos tradicionales, no solo de la construcción de sus viviendas, sino exponiendo con pertinencia que la vivienda vernácula es, y continúa siendo, patrimonio y herencia cultural donde sus construcciones han sido diseñadas con un lenguaje claro y adaptado al medio ambiente, adoptándolo con contenidos de símbolos propios.

Significaciones y características epistemológicas,

Para identificar los límites y establecer un contiguo entre la arquitectura vernácula y la arquitectura culta académica, habría de vencer el obstáculo epistemológico para, definiendo la arquitectura vernácula, se codifiquen los patrones establecidos que se escapan por no ser académica. Equipararla, conlleva a la aceptación de formas y modelos en la que se da por hecho, una misma estructura de identidades a través del tiempo. Sin embargo, no se han sentado las bases de los límites del vernaculismo en la que se hace valioso y relevante, la recopilación de los diferentes pensamientos y donde la propuesta de su valor y concepto, la respalde y consolide. Si entendemos que la arquitectura es





la sumatoria del trabajo de muchos individuos; entonces el resultado será a partir de diferentes modelos de vida de trabajo colectivo y social con innumerables contribuciones impersonales e inconscientes; además, sería la expresión de una cultura, de una época y de una tradición constructiva; arquitectura de formas que se hicieron convencionales obedeciendo a reglas no escritas.

Cuando se presta atención a la información de que los elementos de la vivienda vernácula han sido abandonados o caído en desuso por circunstancias, eventualidad o por las cambiantes formas de vida a consecuencia de la acción del proceso de modernización por la globalización, los conceptos con los que fueron aprehendidos, deberían ser exteriorizados por el esfuerzo de su logro y no solamente a consecuencia de un discurso impresionable, aún sin saber con certeza, si al hacerlo, preexistieran las referencias a los valores intangibles como la identidad, la territorialidad o la pertenencia material, por lo que ésta tarea debiera trascender a la ocurrencia cuando advertida su claridad, se viese como una forma privativa de que no es útil a los demás, naciendo la invitación para reflexionar en torno a la armonía y al grato equilibrio sistémico de la naturaleza, cuando debiendo valorar la noción de integridad y el imaginario de una cultura, se demanda alcanzar determinados atributos cualitativos que implícitamente reclaman de una organización social integrada al ambiente y una manera en la que el impacto producido después de la propuesta no resulte en la destrucción del ambiente sino que, respetándolo, lo reconstruya.

Resalta y deja al descubierto esta postura, el que hayan sido los grandes problemas humanos propios al aislamiento y creados al inter-actuar la gente con el ambiente natural y no solo la negligencia colectiva, la que

ha arrastrado a las sociedades a una catástrofe ecológica; lamentablemente sin atisbos de una nueva prerrogativa.

En tanto se pone énfasis en el nivel local, se advierte que a pesar de todos los controles establecidos en las diferentes comunidades "Yoremes", como a sí mismos se llaman, también se ha venido perturbando su sentido de identidad a consecuencia de los cambios culturales, producto de su imbricación con una sociedad, donde la continua asimilación se diferencia con el modelo mestizo, usurpando a la sociedad indígena, al romper los límites de los espacios públicos, su economía, en lo político y en lo social, de la misma manera afectando al espacio privado, donde se gestan y reproducen las identidades de los grupos resistentes a la influencia externa. La ventaja o diferencia de éste esquema significa, que la articulación entre la sociedad humana y su entorno, debiendo ser analizada a partir de su dimensión ambiental, -como parte del fenómeno cultural-, se ha constituido inserta en las disciplinas ambientales para seguir siendo un instrumento "apropiado" del estudio-nexo entre la cultura y ambiente, sociedad y entorno.

La condición de "apropiado" deriva de su historia epistemológica como ciencia de la cultura. Los estudios de las etnias prístinas del mundo iniciarán, despojando del contacto con los grupos humanos cuya relación con el ambiente era esencialmente distinta a la del resto de las sociedades occidentales y occidentalizadas y deseando apropiarnos, en la medida de las posibilidades para situar en congruencia y llevar esta aspiración a supuestos concretos, alcanzar la profundidad del tema.

El análisis intentará posicionar una oferta específica fundamentada en un ejercicio a partir del diseño



arquitectónico de la vivienda mayo develada desde una clasificación recogida e interpretada de los elementos posicionados en cuatro comunidades y se precisan los casos de estudio por cuya cercanía a su entorno natural, se dio la elección de los sitios específicos, saber y dar cuenta de los símbolos y significados de la construcción tradicional de la vivienda mayoam, para al clasificarla, se cualifiquen y registren los elementos constructivos que distinguen su conformación, calidad e identidad a partir de su sencillez y respeto a los modelos y materiales usados dentro de su naturaleza, procediendo con recatado atrevimiento que, al apropiarse plenamente de su espacio físico y medio ambiente desde tiempos ancestrales, muestran hasta hoy con su presencia, una importante imagen de carácter contemporáneo, tan actual y tan importante como en los mejores tiempos de su acontecer histórico.

El emplazamiento urbano.

Es relevante indicar, que el espacio público arquitectónico en época mesoamericana, se constituía como el centro del entorno urbano y como el componente más importante del espacio abierto de encuentro, entorno a las deidades de su heredad que al tiempo fueron suplidas en el acontecer histórico de la conquista, con la presencia y símbolo de la cruz hasta mimetizada, entrelazar el sincretismo de sus creencias.

El hecho de que la cultura indígena mayo, no posea un referente con posición en lo que concierne a sus valores vernaculares, desafortunadamente les ha privado de la identificación de sus incipientes fortalezas y por ese solo hecho, se vuelve difícil involucrarse en una investigación que carece de referentes, dando muestra del poco interés que se tiene de las raíces étnicas de la región. Por ello, se debe destacar, que aún existen los testigos y testimonio de los centros ceremoniales prehispánicos en nuestro tiempo y muestra de ello, es la Piedra de la Cruz localizada en Teachive, Sonora, que en su emplazamiento se guarda una cuidadosa distancia a las edificaciones colindantes

marcando senderos trazados con piedras de canto rodado que alineadas, definen los lugares de comunicación del alrededor para tener el andar que conducirá al encuentro del punto central del lugar ceremonial prístino que después de la presencia hispana, es alterada con la intromisión del símbolo de la cruz (figura 2 y 3) realidad que se conserva en sincronía a la distancia prefigurada históricamente principalmente, al frente de los templos católicos.



Fig.2.- Emplazamiento de la Cruz de la Piedra, espacio abierto dedicado al culto ancestral Mayoam, localizado en Teachive, Sonora.

Prop. De Carlos V. Tostado C. 2004.



Fig. 3.- La Piedra de la Cruz y detalle de grafías, localizada en Teachive, Sonora. Petroglifos y simbolismos.

Prop. De Carlos V. Tostado C. 2004.

Proceso y revisión de las topologías, tipo y estructura de los espacios.

Ya que la selección de modelos tiene inicialmente un carácter aleatorio se debe mencionar que las primeras experiencias realizadas se hicieron en la comunidad Mayo del Siviral dentro de la ciudad de Navojoa, Sonora, sitio que conserva algunas construcciones que datan a finales del siglo XVIII como también se registran procesos de obra

tradicional en la elaboración de proyectos comunitarios, para después continuar la investigación a la población de Masiaca y dada la cercanía de las poblaciones del Choacalle y Teachive, se incorporaron al trabajo.

Para referir el estudio a la imagen, tipo o forma, se hace sustentada en base a la referencia a la idea de tipo a la que Carlos Martí Arís (1993), propone como estrategia que sea el concepto usado como fundamento epistemológico que permitirá que el enunciado lógico se exponga con un carácter exploratorio permitiendo fijar la atención para concentrarla en los rasgos esenciales del problema analizado y sus emplazamientos, que serán parte inseparable de las vivencias, -particularmente de las registradas en los casos de estudio, el proceso metodológico de la propuesta se basa en el diseño y estructura de la distribución de desplante arquitectónico, así como de los elementos y partes que la integran, alcanzando a percibir desde su análisis, que los criterios se basaron en la percepción del dimensionamiento de los espacios, disposición de volúmenes, vacíos y entorno.



Fig. 4.- Estructura de horcón, viga de madera (tronco), morrillos y cama de corazón de pitahaya, para recibir terrado. (construcción en Masiaca, Sonora).
Prop. De Carlos V. Tostado C. 2004.

No es difícil considerar, y es posible, que dentro del simbolismo y significados del uso de los materiales apropiables y del empirismo de la mano de obra que, en el estudio de la arquitectura vernácula regional, se advierta, que una vez que la construcción pragmática satisfacía al hombre, ya no había cambios substanciales, por lo que los llevó a repetir la imagen grabada en su mente. La imagen retenida, transmitida y repetida en una nueva construcción, sin ser casual, es uno de los elementos que ha generado que la arquitectura vernácula, bordándose en arreglos a los modelos transmitidos por generaciones y que varían según los materiales de cada región, al igual que las necesidades específicas de cada habitante.

Pareciera ser bajo este discurso, una bizarra lectura en lo contemporáneo mostrada a partir de la aparición de los conjuntos habitacionales en los que los tres o cuatro modelos de fachadas y un par de alternativas

de distribución de los espacios interiores, hacían que la repetición sin ser originada en lo vernáculo, cubriera una imagen retrasmitada y repetida de carácter mediterráneo, asimilada mercantilizada como resultado de la moda a consecuencia del neoliberalismo.

Emplazamiento y tipología de las viviendas de la etnia mayo.

En la realización y registro de los resultados de los trabajos iniciados en orden de los lugares visitados así como por la relevancia de distribución de las formas arquitectónicas, función orgánica, componentes estructurales, partes y elementos constructivos que la integran, se develan el tipo y/o de las tipologías que le son propias para concluir finalmente, con un ejercicio epistemológico en el que sus valores socio-culturales se fundamentan y se exponen de forma detallada en el devenir histórico de la etnia, en el intento de describir las características más relevantes, tanto de su territorio, como los aspectos demográficos y los valores que han potenciado su identidad, cultura y lengua.



Figura 5.- Vivienda mestiza en Choacalle, Sonora, mostrando la estructura de horcones, vigas y morrillos, cubiertos sus muros con adobe y ramada cubierta de tierra.
Prop. De Carlos V. Tostado C. 2004.

No incumben, en un supuesto, los aspectos fisonómicos de la arquitectura al hablar de *tipo* desde el momento en que se reconoce, -entre ciertos objetos arquitectónicos-, la existencia de similitudes estructurales, al margen de las diferencias en el nivel más aparente o epitelial. Se trata de identidad arquitectónica que se asume en variantes formales percibidas a través de ejemplos diferentes, sin denostar que la idea de tipo, presuponga una actitud indiferente con respecto al problema del estilo, al vincular la arquitectura a la historia frente a un aspecto del desarrollo de la cultura material, a recursos o a una técnica constructiva determinada, ya que al encontrar referencias a determinados tipos arquitectónicos, incorporados a una dimensión cronológica, simultáneamente representa la arquitectura de un tiempo y un lugar precisos.



El modelo *básico* reconocido de las construcciones de las etnias yaqui, mayo y guarijíos, es la “ramada” construida a base de horcones y morrillos de mezquite cubierta de ramas para lograr sombra y desde ella, se generan algunas de las propuestas como las mostradas en la figura 7, en la que se aprecia la intervención del sistema constructivo mixto y mestizo derivado de la intervención horcones, muros de adobe, bahareque y ladrillo con una ramada con sobre techo acabado de tierra. Los emplazamientos de las viviendas elegidas como parte del estudio de caso en las diferentes comunidades mayo, se registran a partir de su geometría, emplazamiento y orientación dentro del predio que, durante el estudio de campo en las cuatro poblaciones, el intento en un intento de identificar el esquema de posicionamiento no se logró advertir un grado de exactitud en lo referente a superficie de posesión y propiedad, siendo interesante señalar la escasa palizada y el mínimo uso de alambre con púas para determinar la propiedad y defender la seguridad en los límites del predio, así como también la ausencia de líneas de alimentación de energía eléctrica y de servicios de agua potable, las calles sin banquetas y de tierra.



Figura 6.- Ramada del centro comunitario en la población del Sivial, Sonora.

Propiedad de Carlos V. Tostado C. 2004

La casa mayo se construye con diversos materiales en ocasiones combinados a pesar de sus diferencias de origen. Un tipo de casa, es hecha de bahareque, con carrizo o corazón de pitahaya o sahuaro enjarrado de adobe. Los postes de mezquite están fijos y en ocasiones, el techo es una estructura de madera y carrizo con emplastes de tierra y en otras utilizan plástico industrial para impermeabilizarla.



Figuras 7y 8.- La vivienda mestiza con muros de adobe y terrado en techumbre, es emplazada, muchas veces, a corta distancia de la calle y con escasa vegetación. En la construcción se observa una ventana de dimensiones mínimas y orientación hacia el poniente, en tanto el ingreso principal se posiciona hacia el sur para aprovechar los vientos dominantes en verano.

Propiedad de Carlos V. Tostado C. 2004

El uso del adobe con aplanados, enjarre y encalado, se hace para evitar que la destruya el salitre, muy común en algunas comunidades. Normalmente, todas las casas tienen una gran ramada hecha con postes de mezquite y cubierta con carrizo, tule o palma, según la región; en este lugar se desarrolla buena parte de la vida, ya que las ceremonias familiares como velaciones se realizan ahí, en algunas ocasiones en las enramadas se cuenta con un pequeño horno de adobes para hacer el pan.

La etnia mayo, forjó con ingenio sus viviendas con elementos constructivos y a partir de ellos, fueron descubriendo la capacidad para tener más seguridad en los espacios que diseñaron para vivir. Así, fueron formando su hábitat confiados en la resistencia de los materiales que la misma naturaleza les proveía.

CONCLUSIONES

Universo observado.

La *casa mayoam* se construye con diversos materiales que en ocasiones se combinan a pesar de sus diferencias de origen; existe un tipo de casa hechas con carrizo o corazón de pitahaya o sahuaro enjarrado de adobe; las estructuras están fijos a horcones de mezquite; en ocasiones el techo mismo es una estructura de madera y carrizo con emplastes de tierra y otra utilizan plástico industrial para impermeabilizarla.

Otro tipo de construcción se basa en el uso del adobe, el cual enjarran y encalan para evitar que lo destruya el salitre que en algunas comunidades normalmente las casas tienen una gran ramada hecha con postes de mezquite y techada con carrizo, tule o palma, según la región; en este lugar se desarrolla buena parte de la vida, ya que las ceremonias familiares como velaciones o cabos de año se realizan ahí, en algunas ocasiones en las enramadas se cuenta con un pequeño horno de adobes para hacer el pan, así como la toma de agua, el lavadero y el tendedero; a veces la gente duerme ahí en catres de tijera.

Es de considerar que la desafortunada ventaja del también abandono de estos pueblos alejados del “progreso” han permitido que muchas construcciones de la arquitectura vernácula de la etnia conserven aún los valores ancestrales en sus procedimientos constructivos y uso de elementos materiales, así se advierte en la hibridación y uso de los sistemas a base de una “estructura” de horcones de madera de mezquite para soportar la techumbre de troncos y morrillos de madera de mezquite y soportería de corazón de pitahaya terminando la cubierta con terrado (adobe). En este caso, como existen muchos de ellos, el muro está construido a base de adobe sin cocer y cumpliendo la función de muro divisorio aunada a la capacidad que como masa térmica se opone a la transmisividad de los inclementes rayos solares directos.



Fig.9.- En el poblado de Masiaca, se aprecia la trabe de concreto dividiendo el espacio interior y permite que los morrillos no mayores de 3.00 m y diámetro de 15 cm., conserve el carácter regional con la tradición vernácula mayo.

Propiedad del autor. 2004

En forma reiterativa se ha mencionado la solución y formas que se adoptaban para realizar las techumbres de las viviendas, estas, se soportan mediante vigas o troncos de mezquite, amapa, u otro propio de la región y con solo una forma de soportarlo y esta con media caña de pitahaya, varejones o carrizos colocados transversalmente sobre los morrillos y posteriormente se colocaba el terrado que es una capa de tierra inorgánica de espesor variable donde y hasta después de la llegada de los españoles se adopto la técnica de colocar una capa de mortero cal y arena en un proceso llamado bruñido que servía para evitar la filtración de agua y dar los declives para el escurrimiento de agua de lluvia. Cuando los modelos mestizos deseaban engrandecer la altura de la construcción, se procuraba desaguar la techumbre por medio de gárgolas de metal o piezas de piedra labradas.

El concepto de puerta en la arquitectura vernácula Mayo, no fue considerado como parte integral de su vivienda ya que solo en alguna condiciones climáticas se hacía necesario colocar alguna para cerrarla con una manta, lámina o madera, permitiendo el paso del aire. Al parecer su forma de convivencia y respeto a la propiedad ajena era considerada por las costumbres como de gran cuidado. Y en ellos vemos como las viviendas tanto como sus predios no son espacios cerrados físicamente. Ahí se encuentran sus pertenencias y no están preocupados por perderlas.

Seguramente un análisis mas detallado nos hubiera permitido deslindar las ventajas de las características de los diseños de la vivienda vernácula de los mayoam y no



solo nos brindara la oportunidad de satisfacer la curiosidad del efecto del humo de las cocinas dentro de las zonas habitables, deseable hubiera sido, establecer la velocidad y efectos de diferencia de temperatura hacia el interior de la habitación cerrada atendiendo la reducida dimensión de la ventana y del espacio cubierto porticado en referencia directa a la dimensión de las aberturas de paso y de las puertas, así como la geometría de los elementos estructurales de muros y postería (horcones), así como el papel que juega la forma de la techumbre que como ala de avión se perfila para romper y modificar la trayectoria del viento.

Desde la noción de tipología y los conceptos de Joseph María Montaner (2015) se nos orienta en la interpretación de las bases de la arquitectura hacia el espacio, pero aún en este espacio funcional, distributivo, constructivo y/o matemático, la consonancia con el estructuralismo señala, que la esencia de las formas arquitectónicas estriba en los modos de la estructuralidad del espacio. Se trata paradójicamente de un estructuralismo que es a la vez historicista. Una de las partes más importantes de la adaptación de una construcción a un lugar y al entorno, se juega en las características de la piel, donde el objetivo sería no hacer una fachada unívoca sino plural que conduzca a una aplicación del contenido a la situación actual de la arquitectura, posiblemente, para cualificándola y explicando los contenidos dados en ella devenen que "El problema



de la arquitectura es que está en coordinación entre figura y concepto; es a nivel espacial de habitar, de utilizar, del mirar que nos sumamos a la apreciación que, por una fachada plana, así como lo entiende Joseph Muntañola (---) de un concepto con alto contenido figurativo.

Si se asume la visión del principio metodológico establecido por Claude Levi Strauss (1974), que lejos de que la búsqueda de inteligibilidad culmine en la historia como su punto de llegada, es la historia la que sirve de punto de partida para toda búsqueda de inteligibilidad. Por lo que se puede advertir que en la vivienda vernácula, el uso de materiales renovables y/o reciclables, reproduciéndose en una baja escala que, al término de su vida útil, éstos se integran al ecosistema natural sin alterar los modos de vida.

También en los patrones tradicionales, se ofrecen expectativas a largo plazo coherentes a la protección del medio ambiente y depende exclusivamente de la economía local o regional con la utilización sólo de sus propios insumos e forma individual o colectiva su ejecución local, existiendo siempre, la participación del usuario y/o de la comunidad. La forma se explica por el clima y la necesidad de cobertura. Los materiales, la tecnología y el lugar; así como por cuestiones sociales que se relacionan con la economía, la defensa y la religión. Los materiales no determinan la forma por sí mismos, pues existen distintas formas realizadas con los mismos materiales y, tanto los materiales como las técnicas de construc-



ción elegidas, influenciarán en la forma más no la determinarán, pues únicamente posibilitan modelos de vivienda rural y conocimientos empíricos de construcción que han sido seleccionados sobre otras bases, como las siguientes:

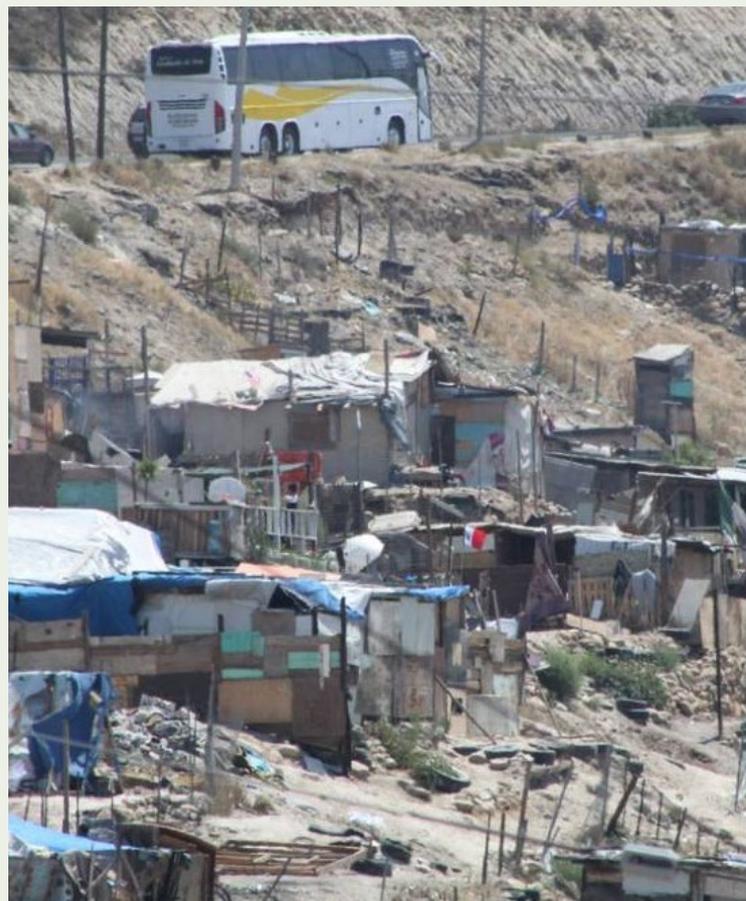
1. Es realizada con materiales de la zona, sin influencias contaminantes.
2. Los volúmenes primordialmente son rectangulares con líneas rectas que dominan en la antigua arquitectura vernácula.
3. Los primeros colonizadores tenían un legado cultural mediterráneo, influenciaron, aunque de manera mínima a la indígena, derivado de la ausencia de construcciones anteriores a la colonización y se manifiesta sobre todo en los jacales.
4. Los materiales utilizados han sido: varas, carrizos, barro, palma, adobe, sillar, piedra de canto rodado, piedra brasa, terrados, vigas y/o troncos de mezquite.
- 5.- El ya mencionado deseo de alejarse del calor, pero además del polvo, llevó a construir pocas ventanas, siendo de dimensión pequeñas y altas, o en ocasiones, tan grandes como puertas, enmarcándolas utilizando molduras, cornisas, pilastras, montantes y medias muestras, éstas últimas hechas con el fin de enmarcar esquinas, límites o entradas en las fachadas de los edificios, utilizando también, remates, balaustradas e inscripciones de fechas, años e iniciales influenciados por los colonizadores. Los pretilos altos vendrán a ser una respuesta más al calor de la región, con ellos se logra sombrear una mayor superficie de la cubierta, disminuyendo temperatura interior. Éste es un fenómeno social con una paradoja interesante; este fenómeno ha sido temido y anhelado por la sociedad. Temido, porque pone a prueba la firmeza con la que las edificaciones fueron construidas y las reta a seguir en pie; las reta a ser realmente el refugio de la vida, a luchar una batalla contra la naturaleza; y anhelado, porque es una de las únicas fuentes generadoras de lluvia.
- 6.- Los muros exteriores se recubren con un aplanado de arena, cal y/o arcilla. El acabado se realiza rústico, liso, aborregado o combinación de ambos. Los aplanados con dibujos geométricos, motivos vegetales y otros, simulando aparejos de sillar o almohadillado. El acabado aborregado en las paredes es una manifestación del deseo de protección contra el clima, pues "quiebra los rayos solares disminuyendo la temperatura interior, incorpora juegos de luz y sombra en los paños donde se incluye".

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Címbraños, F., D. H. Montesinos y M. Bustelo. El análisis de la realidad. En *La Animación socio-cultural: una propuesta metodológica*. España 1999. (23-55).
- [2] Carlos Castañeda, *Una realidad aparte*. Las enseñanzas de don Juan. Fondo de Cultura Económica. próls. de Octavio

Paz y Walter Goldschmidt; trad. de Juan Tovar—2ª ed. México: FCE, 2000

- [3] Chávez, Oscar. Publicado en la revista "Ciudades" *Frontera norte de México: procesos territoriales*. N° 118, abril-junio de 2018, p.2
- [4] Diccionario Enciclopédico Larousse. 2002.
- [5] Diccionario Larousse Conciso Ilustrado, 2002, p 774
- [6] Figueroa, Alejandro, *Por la Tierra y por los Santos*, Culturas Populares de México, 1994
- [7] Gobierno del Estado de Sonora.
- [8] Pag.Web::www.sonora.gob.mx/conoce-sonora/documento publicado el 20 de noviembre de 2014
- [9] Heidegger, Martin (1951) *Construcción, Habitación, pensamiento*. Ediciones del Serbal, España 1994
- [10] J. H. Lambert. *Nuevo Organón*. Edic., de Geo Siegwart. Meiner, Hamburgo, 1988
- [11] Paul Ricoeur *Narratividad, fenomenología y hermenéutica*. Gabriel Aranzueque, Ed., Madrid, España, 1997
- [12] Levi-Strauss, Claude. *Antropología Estructural* Librairie Plon, Paris © de todas las ediciones en castellano. Ediciones Paidós, S.A. Mariano Cubí, 92 -08021 Barcelona y Editorial Paidós, SAICF, Defensa, 599 - Buenos Aires. 1958 y 1974
- [13] Martí Arís, Carlos (1993). *Variaciones de la identidad, ensayo sobre tipo en arquitectura*. Ediciones del Serbal.
- [14] Norberg-Shultz, Christian. *Anthropologie structurale*. 12ª reimpression. 1958 y 1974, Librairie
- [15] Montaner Joseph María. *La condición contemporánea de la arquitectura. Cultura, tipología y memoria urbana*. P 40 ed. Gustavo Gili, México. 2015
- [16] Pierre Bourdieu y Norbert Elías: *Los conceptos de campo social y hábitus*. www.redalyc.org. Consultada 30 diciembre de 2014



“VIVIENDA Y PATRIMONIO EDIFICADO EN EL ESTADO DE SONORA”

“Housing and heritage built in the state of Sonora”

EPISTEMUS

ISSN: 2007-8196 (electrónico)

ISSN: 2007-4530 (impresa)

Luis Antonio Urías de la Vega
Jesús Fernando García Arvizu

Recibido: 20 de septiembre de 2016,
Aceptado: 30 de noviembre de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Luis Antonio Urías de la Vega.
Correo: arqurias@hotmail.com

Resumen

El presente escrito, pretende relatar, la experiencia y visión de un arquitecto, que detecta de manera analítica y crítica el riesgo que el patrimonio edificado tiene ante la visible transculturización que se genera en el fenómeno de la globalización, y aunque lo aquí expresado, forma parte de una investigación, se presenta, aquí, como un hecho vivo, con una perspectiva diferente, de cómo se ha tratado el tema del patrimonio popular edificado.

En este tiempo de globalización, donde la influencia de muchas culturas traspasa fronteras sin ninguna restricción, es importante consolidar fuertemente el patrimonio cultural de nuestro país, para que el efecto de dicho pensamiento no represente una pérdida, sino al contrario, se reciban las influencias con un soporte que le permita al país saber discernir si lo que llega del extranjero es útil y positivo. Solo con una identidad, apoyada en un patrimonio cultural, la globalización traerá efectos positivos. El patrimonio cultural es una realidad compleja, contenedora de la memoria histórica, el valor simbólico de las identidades culturales y el referente material e inmaterial para la sociedad.

Exponer de manera específica, los elementos que permitan valorar el patrimonio edificado en el Estado de Sonora, es una tarea de todos, para de esa manera, entender de manera plena, la riqueza cultural expresada en sus edificaciones, construidas a través del tiempo.

Palabras clave: Patrimonio edificado, Arquitectura regional.

Abstract

The present writing, intends to relate, the experience and vision of an architect, that detects in an analytical and critical way the risk that the built patrimony has before the visible transculturation that is generated in the phenomenon of the globalization, and although it here expressed, it is part of an investigation, it is presented, here, as a living fact, with a different perspective, of how the theme of the popular heritage built has been treated.

In this time of globalization, where the influence of many cultures crosses borders without any restriction, it is important to strongly consolidate the cultural heritage of our country, so that the effect of this thought does not represent a Loss, but on the contrary, we receive the influences with a support that allows the country to know whether what comes from abroad is useful and positive. With only one identity, supported by acultural onion Patrim, globalization will bring positive effects. Cultural Heritage is a reality complex, container of historical memory, the symbolic value of cultural identities and the material and immaterial reference for society.

To expose in a specific way, the elements that allow to value the patrimony built in the state of Sonora, it is a task of all, for that way, to understand in a full way, the cultural richness expressed in its buildings, built over time.

Keywords: Built heritage, regional architecture.

INTRODUCCIÓN

El noroeste de México es una región ambientalmente diversa, más no solo en el sentido físico, y sí en el aspecto cultural y étnico, en los que posee mayor diversidad. La mayor parte del noroeste de México lo abarca el desierto de Sonora, que no comprende solamente al estado del mismo nombre, sino también las áreas colindantes de Sinaloa, Chihuahua, Baja California y, principalmente, Arizona. En este escenario natural se encuentran diversas culturas regionales, siendo algunas, consecuencia de procesos demográficos históricos, que han adquirido identidades diferenciadas, con elementos culturales propios y particulares y, por otra parte, culturas regionales llamadas "grupos indígenas", académicamente reconocidas como etnias; es decir, culturas que tienen un sentido de origen común, tanto en lo biológico como en lo cultural.

Ahora bien, es importante empezar por hacernos este cuestionamiento: ¿Qué es el patrimonio cultural? El patrimonio cultural es la herencia propia de una comunidad, con la que ésta vive en la actualidad y que transmite a las generaciones presentes y futuras: así mismo, es el reflejo de la actividad humana que nos habla sobre la cultura material, histórica y artística de distintas épocas, y que, por su condición ejemplar y representativa del desarrollo de la cultura, es necesario conservar. Becerril Miró (2003, pp 9-10), nos ofrece la siguiente definición de cultura como

"el conjunto de bienes y manifestaciones tangibles e intangibles, presentes o pasadas, producto de la acción conjunta o separada del hombre y la naturaleza, que tienen una relevancia histórica, estética, arquitectónica, urbanística, económica, social política, tradicional, etnológica, antropológica, científica, tecnológica, e intelectual para un pueblo".

El patrimonio cultural es una realidad compleja que es a la vez contenedor de la memoria histórica, del valor simbólico de las identidades culturales y el referente material e inmaterial para la sociedad. Según la UNESCO (2001):

"El patrimonio es el instrumento de este proceso de ida y vuelta entre el pasado, el presente y el futuro. Como receptáculo de la memoria, éste encierra el valor simbólico de las identidades culturales y constituye una referencia fundamental para estudiar una sociedad. De igual manera, así como nos permite entendernos a nosotros mismos, el patrimonio cultural es una de las claves para entender a los otros". (UNESCO/culture. S.f, en línea).

Cuando hablamos de arquitectura popular, arquitectura rural y arquitectura doméstica, entre otras, nos estamos refiriendo a la arquitectura realizada en el medio rural de modo espontánea, sin contar con arquitectos y por procedimientos de autoconstrucción, adaptándose al medio climatológico y paisajístico, aparte de utilizar materiales naturales extraídos del propio entorno; suele contar con características comunes propias de la zona geográfica donde se ubica, sin apenas variaciones, pese al paso del tiempo, porque en este tipo de arquitectura lo que más pesa, son el uso y la costumbre, los modos de vida, así como las tradiciones locales y la acumulación de experiencias en materia de construcción.

Los rasgos que definen un conjunto urbano pueden codificarse en una serie de parámetros. En primer lugar, el de una escala única de aplicación a todo el conjunto, escala que tiene por modulo aquel que favorece la satisfacción de las necesidades del ser humano, su libertad de movimiento



y que, en definitiva, le proporciona la sensación de dominio de su entorno y de subordinación de este medio ambiente construido. Esta escala en nuestros pueblos, en su mayor parte, está conseguida por una geometría que, siendo aparentemente espontánea en sus dimensiones, disposición y relación mutua, de forma armónica. Dicha armonía resultante en nuestros conjuntos urbanos no es más que la aplicación de esa experiencia secular de sus constructores, obtenida de la familiarización con los materiales y su entorno y como respuesta a necesidades muy concretas.

El paisaje urbano rural, no presenta solo esos rasgos, pues de su apariencia, es parte peculiar, la textura que produce la vinculación a un medio geográfico y la utilización de recursos materiales que, al extraerlos de este medio geográfico, mantienen su integración con él. Sin embargo y es una realidad, la invasión de formas y costumbres, soluciones y exigencias propias de la cultura urbana, han modificado estas armonías y alterado estos ritmos vitales, emanados de la convivencia con el medio ambiente natural.

PATRIMONIO EDIFICADO

La tierra ha sido uno de los materiales de construcción más empleada en toda la historia de la humanidad. Se tienen referencias de su uso desde el sexto milenio antes de nuestra era y ha sido reconocida junto con la cal por su docilidad y buenas propiedades para construir.

Guerrero Baca (2008) Resumen, comenta:

Dentro de los componentes patrimoniales de la arquitectura de tierra que mayor interés representan para México debido a su pervivencia y estado de conservación, se encuentran las llamadas "casas en acantilado" localizadas en los estados de Sonora, Chihuahua y Durango, al norte del país. Igualmente, en Arizona como parte que fue de Sonora.

Testimonian su presencia estudios arqueológicos, que fijan su presencia desde los años 900 y 1450 d.C., aunque en muchos casos existen pruebas de ocupación habitacional todavía anterior, con un grado de conservación sorprendente de la mayoría de los sitios, como consecuencia a su relativo aislamiento en escabrosas laderas montañosas. Su permanencia hace posible identificar el origen y evolución de su tecnología edilicia".

Se trata de conjuntos predominantemente habitacionales que, mediante su emplazamiento en altos abrigos rocosos localizados en cañadas, lograron una destacada adaptación a su medio natural, gracias al racional aprovechamiento de los recursos locales, especialmente de la tierra utilizada como material constructivo.

Sonora es un estado con gran tradición indígena apache que, a diferencia de la cultura mesoamericana, se distingue por la gran altura y atlética complejión física

de sus miembros, y por la hostilidad y violencia con que recibieron a colonizadores y a misioneros. (Moctezuma, Aguilar y López, 2003).

Numerosas tribus habitaban y habitan el extenso territorio. Entre ellas destacan los Yaquis, grandes defensores de su autonomía y su cultura, aún conservada. Los Seris, grandes artistas, que nunca fueron evangelizados por los misioneros católicos; los kikapús, cucapás, pápagos, guarijíos y pimas, este último, nombre genérico que aplica a diversas etnias hostiles de la región. Los Yaquis merecen una mención aparte.

Patrimonio edificado de los Yaquis.

Hablar sobre Los Yaquis, ocuparía varios tomos, que sin duda serían fascinantes, lo que describiré aquí, será solo lo que de manera personal y por intentar realizar trabajo profesional con esta etnia, me tocó conocer y descubrir en sendas pláticas que logré con algunos de los "gobernadores".

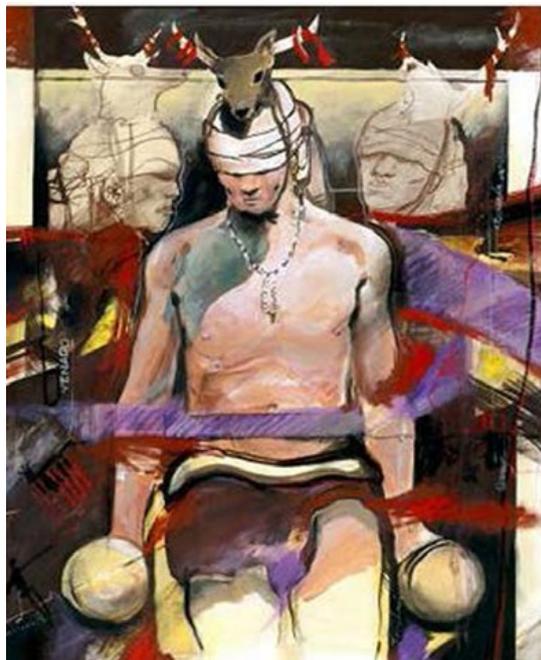


Ilustración 1.- Danza del Venado, Litografía de Fernando Saldaña, propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega

Los Yaquis, es sin duda, la etnia más representativa de Sonora; se estima existen con una población de 33,000, los que se distribuyen en ocho pueblos con sus propios gobernadores

Para los integrantes de la etnia es de suma importancia preservar su lengua, sus tradiciones y su arraigo a la tierra. La historia de los yaquis está cubierta con actos de heroica resistencia por la defensa de su territorio y su cultura.

Los yaquis se identifican a sí mismos y a los mayos como *yoremes*, palabra que significa hombre o persona. La noción de *yoris*, hombres blancos, los distingue, a su vez, de los demás grupos indígenas.

Forman parte del dialecto cahita que se compone de tres lenguas: mayo, yaqui y tehueco, éste último desaparecido. El cahita pertenece al grupo lingüístico yutoazteca.



Ilustración 2.- Casa Habitación. Pótam, Sonora.
Fotógrafo: Fernando Rosales, 2005. Fototeca Nacho López. cdi.

La arquitectura de los yaquis antes de los Jesuitas fue de dos tipos: la ramada habitacional y la ceremonial. Las primeras construcciones, según la descripción del Padre Andrés Pérez de Ribas *“Eran forma circular con techos de cúpula de esteras de carrizo, muy toscas y de forma rectangular con muros de carrizo y repellido de lodo con techos planos”*. (PÉREZ, de Ribas, 1896).

Las ceremoniales fueron rectangulares y construidas con horcones de carrizo de mezquite, sin muros; utilizada como sombra y comedor donde se celebraban las danzas tradicionales sobre dibujos pintados en la tierra. Entre otras, las rancherías de Cócorit y de Bácum.

Esta forma de habitar autóctona nos llega como arquitectura tradicional de la tribu yaqui, y pueden observarse en todos los poblados de su territorio, construcciones que no han cambiado sustancialmente porque sus ramadas son un espacio físico habitacional y ceremonial-conceptual de un grupo humano culturalmente homogéneo, que la habita y utiliza familiar o colectivamente. La construye con sistemas ancestrales propios, con conceptos nativos de una arquitectura naturalista, bioclimática y artesanal.

El terreno donde se construyen las ramadas es propiedad comunal de la tribu, solo se le presta un lote al dueño para levantar su vivienda. Si es *yori* (hombre blanco), se le renta temporalmente sin propiedad privada ni derechos de posesión. Si es *yoreme* tradicionalista o tiene cargo relacionado a las autoridades tradicionales, la

construye dispersa entre los matorrales alrededor de sus 40 rancherías. Sí es autoridad religiosa; circunvecina a los templos en sus 8 Pueblos Tradicionales.

En Cajeme, los yaquis, al perder el antiguo pueblo de Cócorit por la guerra de exterminio, optaron por asentarse y levantar otra población más acorde a su modo de vida y tradiciones en la Loma de Guamúchil y otros más.

Si el yaqui, hombre o mujer tiene un grado de aculturación campesina o rural sonorenses y trabaja en una sociedad productiva, se asienta en centros urbanos como en el barrio del Cóniti, en Cócorit y otros barrios, en Vicam Estación, Vicam Pueblo o en Bácum, donde levanta su vivienda en un lote rectangular de 600 a 1200 metros cuadrados de superficie, delimitado al frente con una calle y un patio posterior que enmarca con una portería o bardas de carrizo. La ramada habitacional es unifamiliar, abriga hasta seis miembros y tiene un crecimiento gregario en relación con los mayores de la familia por los individuos con parentesco o por matrimonio. Consta de tres espacios vitales: la enramada, la cocina y un cuarto para dormir con una superficie de 32 metros cuadrados.



Ilustración 3 y 4.- Fogones yaqui. Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

La enramada o sombra, es el espacio primordial abierto comunicado a la cocina donde se convive socialmente y se

duerme durante el verano. La cocina es de uso exclusivo de las mujeres de tres generaciones. Cuenta con un fogón, mesas, sillas o bancos, olla de barro para el agua, metates y molinos de café. Se les ha agregado una hornilla, un tabor para las tortillas de harina y en algunos casos una estufa de gas. El cuarto para dormir tiene una o dos camas, un ropero y demás mobiliario rústico; por lo general se utiliza durante las frías noches de invierno. (Sánchez, 2005).



Ilustración 5.- Interior de casa Yaqui. Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

El sistema constructivo es a base de una estructura modular con troncos de mezquite sin tallar, rústico, con su pátina natural, resistentes a la humedad y enclavados en suelos limo arcilloso. Los muros son de carrizo entretejido horizontal, reforzados con estelas o con fajas de madera de álamo para refuerzo vertical, rellenos con lodo y terminados al natural o repellados con adobe. Entre los carrizos dejan pequeñas rendijas para iluminación y ventilación. El techo es plano con vigería de horcones de mezquite y soleras de varas de álamo o carrizo y sobre ellos, un tendido de estelas de carrizo que cubren con una capa de 30 centímetros de tierra para plantar un aislante térmico natural; el zitábaro planta silvestre que crece durante el verano produciendo frescura interior y seca en invierno, deja transmitir el calor del sol.

Patrimonio edificado de los Mayo.

Los Mayo, es la segunda etnia más importante en Sonora. La vivienda tradicional consistía y consiste en muchos casos, en un cuarto de lodo y carrizo que les resguardaba del ardiente sol. Sus alimentos eran elaborados bajo una ramada (armazón de troncos con techumbre de hoja de palma) por fuera de la casa.



Ilustración 6.- Casa Mayo. Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

Su vivienda actual la construyen con adobe, block y/o ladrillo, ya que estos materiales son más resistentes a las torrenciales lluvias y ciclones que se presentan regularmente en la región y consiste en dos o más habitaciones dormitorio, un cobertizo de carrizo y una cocina con estufa a base de leña al lado de éste. En casi todas las casas Mayo, es constante ver una cruz hecha del corazón del árbol de palo fierro, la cual se coloca en el patio o al frente de la casa para protegerla de cualquier mal.



Ilustración 7.- Casa tradicional mayo, con enramada y fogón al frente. La primavera, Huatabampo, Sonora. Fotógrafo: José Luis Moctezuma Zamarrón, 2000. Acervo personal

La persistencia de las rancherías en la región determinó la cotidianidad de los mayos, especialmente al vivir en contacto con el monte, del que obtenían no sólo alimentos, sino también lo necesario para la construcción

de sus viviendas. Estas, son elaboradas con lodo y varas de carrizo, materiales que los protegían de los ardientes rayos del sol.

Otro aspecto de la casa tradicional es la enramada: techumbre hecha de ramas de álamo y sostenida por gruesos horcones de mezquite. La importancia de la enramada no radica sólo en la fresca sombra que brinda, sino en que es un espacio acogedor donde se recibe a los visitantes, al mismo tiempo que resguarda la cocina, cuyas hornillas se elaboran con lodo cocido.

Destacan también como elementos tradicionales el tronco de mezquite, cuyo extremo fuera de la tierra, en forma de trípode inverso, sirve para acomodar un cántaro con agua fresca, lista para beber al colocar en su tapa un vaso de barro o aluminio; pero lo que más sobre sale siempre a la entrada de los solares es la cruz de mezquite: símbolo protector de los hogares mayos.



Ilustración 8.- Casa Mayo de ramada. Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

Ciertamente, cada vez se ven menos habitaciones construidas con materiales tradicionales, no así con los otros elementos señalados, que persisten aún en estructuras de block y ladrillo. Ha habido otras innovaciones; por ejemplo, se ha integrado el baño al cuerpo de la vivienda, aunque en otras partes sigue estando en algún sitio discreto y apartado dentro del solar. A pesar de todo, las casas fabricadas con materiales industrializados están aumentando en número, eso sin tomar en cuenta los elementos distintivos de la casa mayo; esto se advierte principalmente en los poblados que se han formado como resultado de la repartición de tierras, cuya arquitectura, por otro lado, oculta la presencia indígena en muchos ejidos.

ARQUITECTURA REGIONAL

Un análisis de la arquitectura regional requiere tener como “telón de fondo” una historia propia orientada al entendimiento de que la arquitectura surge de una dinámica social que va transmutando los valores, que va descubriendo relaciones sociales. La teoría de la arquitectura

nos llega como reglas por aplicar y, al despojarla de aquel juego social e histórico del cual surgieron, se recurre a la forma por la forma en sí. En este sentido, la arquitectura regional carece de hilo conductor, construido por aquellos paradigmas que son nuestro molde. Un paradigma sin trasfondo histórico es el responsable del olvido, es el responsable de un diálogo constantemente interrumpido por el arribo de nuevas formas.

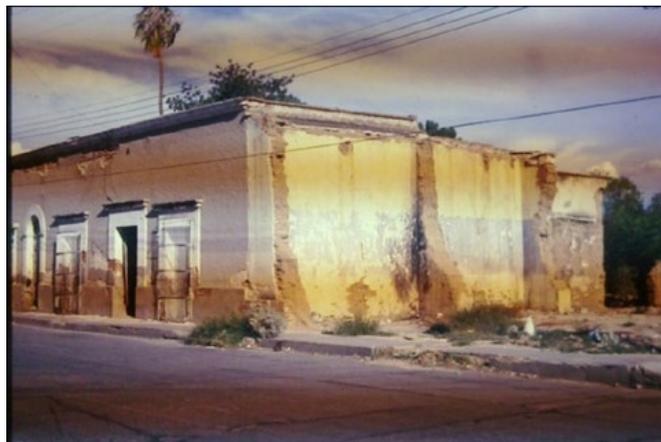


Ilustración 9.- Vivienda en Hermosillo, Son . Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

En Sonora, independientemente del reconocimiento de una Arquitectura Virreinal por cierto notable, se puede plantear que la arquitectura anglosajona llegó, sí no primero, sí de manera simultánea a la que se reconoce como porfirista y que tiene su antecedente en el academicismo decimonónico. El modelo arquitectónico porfirista, incluyendo el afrancesamiento, se desplazó de manera muy lenta hacia nuestra región.



Ilustración 10.- Detalle de las fachadas de casas porfiristas en Álamos, Sonora. Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

La estructura poblacional de Sonora durante el porfirismo es el resultado de las relaciones regionales con

el suroeste de los Estados Unidos que vienen desde la parte media del siglo XIX. Un corredor comercial del puerto de Guaymas a la frontera y los inicios de la agricultura en términos modernos, marcan el espacio sonoreño a principios de siglo. Dentro de un proyecto nacional, en lo económico y en lo social, las respuestas arquitectónicas se sobreponen a aquellas otras que en tiempos anteriores trataron de resolver las condiciones impuestas por el medio ambiente. (URIBE, García Jesús. 2010)

La influencia constructiva norteamericana va sustituyendo los materiales que, como el adobe, se consideraban como sinónimo de atraso. Esta sustitución trajo en ocasiones verdaderas calamidades para los vecinos del pueblo donde tomaban el lugar del viejo y noble adobe.



Ilustración 11.- Viviendas porfiristas en Hermosillo, Son.
Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

En 1920 y 1930, el presidente Plutarco Elías Calles adoptó el Art Decó como el “estilo oficial” y éste, sustituyó al nacionalismo Vasconcelista, por una estética de corte internacional. El espacio arquitectónico como un medio de comunicación puede ser el responsable de un brusco cambio del estilo nacionalista al Art Decó.



Ilustración 12.- Viviendas porfiristas en Hermosillo, Son.
Foto propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

Por lo que respecta a Sonora, fue en 1926 cuando hizo su aparición el Art Decó y antes de que este pasara de la órbita oficial a la privada, la arquitectura habitacional recurrió a dos estilos venidos del “otro lado”, el neocolonial californiano y el estilo victoriano. Un recorrido por la historia de la casa-habitación nos da un panorama de la forma en que se fueron integrando los diferentes estilos arquitectónicos. La célebre “picota del progreso” (Balmaceda, Valdés, 1969), frase que coloquialmente se ha utilizado para los que con el pretexto de “no frenar el progreso”, han demolido mucho del patrimonio edificado en muchas ciudades.

Con esta frase, se empezaron a derrumbar las viejas y sólidas casonas de adobe para levantar las modernas construcciones del conocido estilo porfirista, en las cuales la ornamentación nos remite al academicismo decimonónico.

Las ventanas rasgadas hasta el piso de las viejas casonas porfiristas, protegidas por fuertes postigos de madera y rejas de hierro. Las ventanas en fachada con arcos moldurados de medio punto, en una proporción 1:2., es la arquitectura que se manifiesta en todo el estado, hasta los 50.





Ilustración 18 y 19. Vivienda demolida en un “Sabadazo”, aun cuando el INAH, les había informado que estaba incluida en la Declaratoria de patrimonio edificado. Fotos propiedad de Luis Antonio Urías de la Vega.

CONCLUSIONES

El patrimonio edificado en Sonora ha tenido diferentes manifestaciones, que evidencian la parte sociológica de la arquitectura, ya que esta es un reflejo de lo que sucede en la sociedad.

Las circunstancias que han determinado el patrimonio construido en Sonora a través de la historia han sido, a juicio nuestro, las siguientes:

El hecho de que nuestros indígenas, no fueron sometidos tan fácilmente por los conquistadores.

Las condiciones agrestes que nuestra región desértica tiene.

La vecindad con Estados Unidos ha sido siempre un factor muy influyente, que aunque en menor medida que en otros estados con mayor migración hacia el vecino país, también, ha sufrido de transculturización.

La participación de los Sonorenses en la historia de la Revolución, en donde, tres presidentes de la República; Adolfo de la Huerta, Álvaro Obregón, y Plutarco Elías Calles, influyeron con su liderazgo en todos los ámbitos, y en consecuencia, cada uno de ellos se identificó con un estilo arquitectónico que se repitió por cada época en todo el estado.

Asumimos como parte de nuestra conclusión, algunos puntos que emanaron del 6º Taller de Imagen Urbana en Ciudades Turísticas con Patrimonio Histórico que se realizó

en la ciudad de Campeche, por la iniciativa conjunta y el patrocinio de la Secretaría de Turismo y el Instituto Nacional de Antropología e Historia, con el apoyo y la colaboración del Gobierno del Estado de Campeche y el H. Ayuntamiento de Campeche. En dicho taller se expresó abiertamente, en el transcurso de las sesiones de trabajo, la preocupación e inquietud generadas por el deterioro del patrimonio construido, sus características y las causas del mismo y la necesidad de integrar a toda la sociedad, población y autoridades, en el cuidado y mejoramiento del patrimonio natural, cultural y edificado de nuestro país, situación que tiene vigencia.

Los poblados rurales, los conjuntos de arquitectura vernácula y popular, las zonas y barrios patrimoniales, los centros históricos y otras zonas con características históricas o de valor ambiental de nuestro país, deben considerarse como un patrimonio total, de toda la sociedad y prioritario frente al interés privado y el afán comercial y especulativo.

La conservación y el mejoramiento integral de nuestro patrimonio y la imagen de nuestras localidades incidirá positivamente, cuando se conserve su autenticidad, la calidad de vida de su población y contribuirá notablemente al orgullo de ella por su lugar de residencia y, consecuentemente, a la identificación con esta y a su arraigo.

En Sonora, el INAH, ha tenido un papel poco afortunado, pues no ha podido impulsar ninguna iniciativa que preserve realmente al patrimonio construido. No se han



concluido de realizar en todo el estado, las declaratorias de patrimonio, y solo se cuenta con la declaratoria del patrimonio histórico que contempla a lo edificado de 1900 hacia atrás, y lo de 1900 hacia adelante que se considera como patrimonio artístico, se supone que el INBA lo debería de proteger, y solo existe una oficina en el estado, pero sin facultades reales en este aspecto. Esta circunstancia, desgraciadamente, ha permitido que, en todo el Estado, se haya demolido con el nefasto argumento de “la picota del progreso”, mucho del patrimonio edificado.

Por otro lado, los otros actores que deberían participar activamente en defensa del patrimonio, como deberían ser las Universidades y/o sus Escuelas de Arquitectura, con un compromiso de formación para las nuevas generaciones, así como los Colegios de Arquitectos de los diferentes municipios. No actuamos, e inclusive nos reflejamos sin una crítica oportuna, y en una entrega total, a los intereses de los “empresarios” y o del gobierno. Esto es una deuda constante en lo que a los arquitectos se refiere para con la historia e identidad de las ciudades de este estado. Algo se tendrá que hacer.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] BECERRIL Miró, José Ernesto. *El Derecho del Patrimonio Histórico Artístico en México*. Ed. Porrúa 2003. P. 303-307.
- [2] BALMACEDA, Valdés, Eduardo, “Un mundo que se fue.....Ed. Andrés Bello, inscripción No.36, 045, p.290. 1969.
- [3] BAÑUELOS Flores, Noemí, *De plantas, mujeres y salud. Medicina doméstica mayo*, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo / World Wild Foundation, Hermosillo, 1999.
- [4] CRUMRINE, Ross N., El ceremonial de Pascua y la identidad de los mayos de Sonora (México), Secretaría de Educación Pública / Instituto Nacional Indigenista, (Serie de Antropología Social 31), México, 1974.
- [5] The Mayo Indians of Sonora. A People Who Refuse to Die, the University of Arizona Press, Tucson, 1977.
- [6] FIGUEROA Valenzuela, Alejandro, Por la tierra y por los santos. Identidad y persistencia cultural entre yaquis y mayos, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, 1994.
- [7] GUERRERO, Baca Luis Fernando. (2008). “Arquitectura prehispánica de tierra en el norte de México: las casas en acantilado”. Universidad Autónoma Metropolitana

Xochimilco. V Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, 2008, Celebrado los días 20 y 21 de septiembre de 2008, en Cuenca de Campos, Valladolid.

- [8] LÓPEZ Aceves, Hugo E., “Allende Mesoamérica. El sistema de cargos en el noroeste de México”, en Cuicuilco, Nueva Época, vol. 7, núm. 19, mayo-agosto. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes / Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2000.
- [9] BECERRIL Miró, José Ernesto, El derecho del patrimonio histórico-artístico en México, Porrúa, México, 2003, pp. 9-10.
- [10] MOCTEZUMA, J., Alejandro AGUILAR y Hugo LÓPEZ, “Etnografía del desierto. La estructura social o’odham, conca’ac, yoreme y yoreme”, en Saúl Millán y Julieta VALLE (coord.), La comunidad sin límites. Estructura social y organización comunitaria en las regiones indígenas de México, vol. III, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2003, pp. 269-318.
- [11] OLAVARRÍA María Eugenia y LÓPEZ Hugo, “Entre el pueblo y el monte. Territorialidad simbólica entre yaquis y mayos”, en Alicia M. BARABAS (coord.), Diálogos con el territorio. Simbolizaciones sobre el espacio en las culturas indígenas de México, vol. III, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2004 pp. 131-149.
- [12] De pascolas y venados. Adaptación, cambio y persistencia de las lenguas yaqui y mayo frente al español, Siglo XXI / El Colegio de Sinaloa, México, 2001.
- [13] “Etnicidad situacional como una práctica entre yaquis y mayos”, en Estudios Sociales. Revista de Investigación del Noroeste, vol. IX, núm. 18 (julio-diciembre 1999), Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo / El Colegio de Sonora, Hermosillo, 1999, pp. 49-58.
- [14] UNESCO (2001) El patrimonio cultural. (www.unesco.org/culture) Consultado en 2008
- [15] URIBE García Jesús Félix, “SONORA: Trazos de una Arquitectura Regional. Sonora, Sept. 1999.
- [16] “Hermosillo Siglo XX. Primera Edición. Febrero 2010, Edit. La Diligencia. Oriental Express.
- [17] LOPEZ Rangel Rafael. “Identidad y patrimonio en los centros históricos”. Memorias seminario internacional sobre ciudades patrimonio de la humanidad. Colegio de Puebla, Pue. México. 2001. Págs. 61-65.
- [17] PÉREZ, de Ribas, Andrés, “Crónica e historia religiosa de la provincia de la Compañía de Jesús de México en Nueva España”, Imprenta del Sagrado Corazón de Jesús. (1896 2 Vols.)(BNMx).
- [19] SÁNCHEZ López Francisco Arq. Suplemento dominical Quehacer Cultural, Periódico El Diario del Yaqui. Ciudad Obregón, Sonora, México. 2005



La Universidad de Sonora, a través de las Divisiones de Ingeniería, de Ciencias Exactas y Naturales, así como de Ciencias Biológicas y de la Salud emite la presente invitación para participar en la

Convocatoria para recepción de manuscritos

No. 26

<https://ojs-epistemus.uson.mx>

La revista *Epistemus* (ISSN: 2007-8196) publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, dirigida a investigadores, profesores, estudiantes y profesionales en diversas áreas.

Áreas de Conocimiento (no limitadas a los siguientes campos):

- ▶ Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información, mecatrónica, alimentos, energía, agua, entre otras.
- ▶ Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas, electrónica y ciencias de la computación.
- ▶ Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuicultura, salud, biología, agricultura, entre otras.

Fechas Importantes: Recepción permanente de manuscritos

- ▶ Límite de envío de manuscritos para el No. 26: Marzo 15 de 2019.
- ▶ Notificación a autores de dictamen: Abril 05 de 2019.
- ▶ Límite de envío de versión final del artículo: Abril 30 de 2019.
- ▶ Publicación electrónica: Junio 15 de 2019.

Envío de manuscritos: revista.epistemus@correom.uson.mx

Mayores informes: <http://www.epistemus.uson.mx/>

Rosales y Blvd. Luis Encinas Johnson, Hermosillo, Sonora, 83000, México



IX CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE PROYECTOS

Noviembre 27-29

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil

CALL FOR PAPERS

Primer llamado 15 de junio

Segundo llamado 15 de agosto

Envío de ponencia final 15 de octubre

Contacto: IX-CIIP-2019@riipro.net