

ISSN: 2007-042X

Ciencia en la frontera

Revista de ciencia y tecnología de la UACJ

Respuesta plástica al corte en plantas cultivadas de frijol "ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.)

David Martínez Moreno
Jenaro Reyes Matamoros,
Agustina Rosa Andrés-Hernández
Tobías Rodríguez Ramírez

Procedimiento creativo para diseñar posiciones gráficas de probabilidad para una muestra estadística de temperatura ambiental

Héctor A. Quevedo Urías
Cecilia M. Luna Moreno
David E. Ávila Sánchez
Jorge A. Salas Plata M.
Víctor H. Esquivel Cevallos
Adrián V. Peña López

Especificación de un modelo de emprendimiento electrónico
Cruz García Lirios



Evaluación volumétrica de microcápsulas de alginato.

Sheila Irais Peña Corona
Pablo León Ortíz
Guillermo Mora Ramiro
Daniel Velázquez
Ma. Dolores García Suárez
Héctor Daniel Serrano García
Héctor Serrano

Asimetría macromolecular en el hipotálamo de la rata de laboratorio.

Héctor Serrano
Martha Felipe Hernández
Alondra Castro Campillo
José Luis Gómez Olivares
Arturo Salame
Héctor Daniel Serrano García
Ma. Dolores García Suárez

Jonatan Torres Pérez
Jorge Alberto Pérez León
(Coordinadores)

VOLUMEN XIII, No. 1
2015

Includes
abstracts
in English

Revista indexada en

latindex

UACJ

UACJ

Jonatan Torres Pérez
Jorge Alberto Pérez León
(Coordinadores)

UACJ



*Ciencia en la frontera:
revista de ciencia y tecnología
de la Universidad Autónoma
de Ciudad Juárez.*

DIRECTORIO

Ricardo Duarte Jáquez
Rector

David Ramírez Perea
Secretario General

Manuel Loera de la Rosa
Secretario Académico

Luis Enrique Gutiérrez Casas
*Coordinador General de
Investigación y Posgrado*

Daniel Constandse Cortez
Director del ICB

Alejandro Martínez Martínez
Jefe del Departamento de Ciencias Químico Biológicas

Ramón Chavira Chavira
*Director General de Difusión
Cultural y Divulgación Científica*

Jorge Alberto Pérez León
Coordinador Editorial

COMITÉ EDITORIAL DEL ICB

Daniel Constandse Cortez

Alejandro Martínez Martínez

Eduardo Pérez Eguía

Beatriz Aracely Díaz Torres

Salvador D. Nava Martínez

Irma Delia Enriquez Anchondo

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO BIOLÓGICAS,
INSTITUTO DE CIENCIAS BIOMÉDICAS**

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la uacj / Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Coordinación General de Investigación y Posgrado. Vol. 13. (2015). Ciudad Juárez, Chih.: uacj, 2015. v.; 21 cm. Seriada.

Apoyado con Recursos PIFI

Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ Vol. XIII, núm. 1, 2015, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Biomédicas y de la Coordinación General de Investigación y Posgrado del icb y el Departamento de Ciencias Básicas. Editor responsable: Jorge Alberto Pérez León. Reserva al uso exclusivo otorgada por INDAUTOR Núm. 04-2013-03221300-5400-102 y el ISSN 2007-042X. Copyright © UACJ. Esta obra se terminó de imprimir en agosto de 2015 en los talleres de la Imprenta Universitaria de la UACJ, Edificio R, campus ICB, Av. Hermanos Escobar y Av. Plutarco Elías Calles, zona Pronaf, C.P. 32310. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Tiraje: 100 ejemplares.

Los manuscritos propuestos para publicación en esta revista deberán ser inéditos y no haber sido sometidos a consideración a otras revistas simultáneamente. Al enviar los manuscritos y ser aceptados para su publicación, los autores aceptan que todos los derechos se transfieren a *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, quien se reserva los de reproducción y distribución, ya sean fotográficos, en micropelícula, electrónicos o cualquier otro medio, y no podrán ser utilizados sin permiso por escrito de *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*; véase, además, notas para autores.

Permisos para otros usos: el propietario de los derechos no permite utilizar copias para distribución en general, promociones, la creación de nuevos trabajos o reventa.

CONTENIDO

Respuesta plástica al corte en plantas cultivadas de frijol “ayocote” (Phaseolus coccineus L.)

D. Martínez Moreno	
J. Reyes Matamoros	
A. R. Andrés Hernández	
T. Rodríguez Ramírez	7

Procedimiento creativo para diseñar posiciones gráficas de probabilidad para una muestra estadística de temperatura ambiental

H. A. Quevedo Urías	
C. M. Luna Moreno	
D. E. Ávila Sánchez	
J. A. Salas Plata M.	
V. H. Esquivel Cevallos	
A. V. Peña López.....	15

Especificación de un modelo de emprendimiento electrónico

C. García Lirios.....	27
-----------------------	----

Evaluación volumétrica de microcápsulas de alginato

S. I. Peña-Corona	
P. León Ortiz	
G. Mora Ramiro	
D. Velázquez	
M. D. García Suárez	
H. D. Serrano García	
H. Serrano	43

Asimetría macromolecular en el hipotálamo de la rata de laboratorio

H. Serrano	
M. F. Hernández	
A. C. Campillo,	
J. L. Gómez Olivares	
A. Salame	
H. D. Serrano García	
M. D. García-Suárez.....	49

ABSTRACTS

Plastic response in plants grown cut beans “ayocote” (Phaseolus coccineus L.)

D. Martínez Moreno

J. Reyes Matamoros

A. R. Andrés Hernández

T. Rodríguez Ramírez 7

The experiment was conducted in a tunnel type greenhouse with plastic cover in the city of Puebla, Mexico. The objective was to evaluate the plastic artificial defoliation in cultured *Phaseolus coccineus* L. plants response. The experimental design was a one factor with an arrangement of a randomized complete block. This experiment was carried out in *Phaseolus* in vegetative and reproductive structures due to the cut. Three levels of rod removal were applied to plants: control, 20% and 40 % cut off. In plants with 20 % and 40% removal of rod produced less primary branches but longer compared to the control plants. In reproductive structures inflorescences only treatments of 20% and 40 % cut was higher compared to the control plants. In the vegetative and reproductive structures of biomass allocation pattern revealed no significant differences between treatments were presented. However, changes in the response of all leaves, reproductive structures and biomass allocation pattern in plants treated cutting tolerated than offset losses and damage began its life cycle.

Key words: plasticity, defoliation, *Phaseolus coccineus*, biomass

A creative procedure to design probability plotting positions for a statistical sample of environmental temperature

H. A. Quevedo Urías

C. M. Luna Moreno

D. E. Ávila Sánchez,

J. A. Salas Plata M.

V. H. Esquivel Cevallos

A. V. Peña López..... 15

The main objective of this study was the construction of probability plotting positions as a function of probability of occurrence and periods of return applied to temperature data from a sampling station located at the Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), in Chihuahua, México. The study tried different probability graphs to identify the most appropriate continuous probability distribution, based on the Anderson-Darling (A-D) goodness of fit test value. Cumulative and density probabilities calculations were included. The study performed a hypothesis test using mean annual temperatures. Likewise, the study compared the temperature values of the time series tendencies and the A-D values of both, the International Boundary Water Commission (IBWC) and that of UACJ. It was observed that the temperature tendencies for both sampling stations were increasing. The estimated regression equation had values of $R^2 = 0.987$ and $s = 0.96$. The superimposed temperatures graphs for both stations showed increasing temperatures, especially on the UACJ sampling station, situation which testified the underway climate change effects. The study concluded that the innovative method used to structure probability plotting positions is more precise than the traditional methods, because it first selects the most appropriate continuous probability distribution (that does not always follow the normal distribution), without using empirical formulas and without having to assign ranges to the data, as usually done.

Key words: meteorology, temperature, probability plotting position.

Specification of a model electronic entrepreneur

Cruz García Lirios.....27

The digital entrepreneurship involves the emergence of empathy, commitment, innovation and satisfaction to make a program to build a global digital village process. In this scenario, state deregulation looming citizen participation through electronic devices in order to generate ideas for Human Development. But in either scenario, digital exclusion or inclusion, the differences between resources and groups exacerbate asymmetries between individuals. This paper argues that in both contexts, gap or digital village, entrepreneurship generates human development, but also intensifies the helplessness of people exposed to harassment. A review of the theoretical and conceptual frameworks and of the findings reported in the state of knowledge warns that entrepreneurship is generated by perceptions of opportunity that the expectations associated with compatibility, usability and user generated asymmetric relations between ciberusuarios. Therefore, a model for the study of these phenomena in order to open the discussion about the relevance of electronic devices in the dissemination of equity is proposed.

Keywords: divide, Internet, entrepreneurship, innovation, development

Volumetric evaluation of Alginate microcapsules.

S. I. Peña-Corona

P. León Ortiz

G. Mora Ramiro,

D. Velázquez

M. D. García Suárez,

H. D. Serrano García

H. Serrano.....43

Encapsulation of cells and molecules has been used in research fields. In three-dimension tissue culture the effects of different hydrophilic substances have been evaluated. Hydrophobic substances, it is difficult to maintain a close, controlled contact with the treating cells. In order to determine the volumetric compound retention and liberation in different polarity media characteristics of calcium alginate microcapsules, 3-methylfluorescein was included into the capsules and diffusion of the fluorescent substance was spectrophotometrically determined on the surrounding salt solution or ethanol as well as their volume. A direct relationship between sodium alginate volume and that assessed either by direct measurement. In water-based media, microcapsules are able to maintain ethanol dissolved fluorescein molecule in their interior for as long as 4 hours but is released in ethanol. It can be concluded that calcium alginate microcapsules are a controlled inclusion and release alternative of hydrophobic compounds

Keywords: Microcapsules, Calcium alginate, controlled release.

Macromolecular asymmetry in rat hypothalamus.

H. Serrano

M. F. Hernández

A. C. Campillo,

J. L. Gómez Olivares

A. Salame

H. D. Serrano García

M. D. García-Suárez.....49

Macromolecular distribution in paired organ is asymmetrical. Several lines of evidence have shown that there is a correlation between the asymmetrical gene expression and organ physiology. This phenomenon has profound effects in the whole animal, as is the case of sexual behavior. Here we investigate the macromolecular distribution in hypothalamus from male and female laboratory rats and also their variations during the estrous cycle. Adult male and female rats were sacrificed and their hypothalamus excised and halved. By a two step phenolic extraction, DNA, RNA and proteins were obtained and quantified. RNA content is not only asymmetrical in both males and females but also has a sex-specific complimentary pattern: higher in the right hypothalamic half of males whereas in females is in the left side; male and female left hypothalamus show a higher protein content than the right side; DNA content is higher in males than in females, specially in the left male hypothalamus. Variations in RNA content along the estral cycle follows a cyclic pattern being higher in proestrous than during diestrous and being the left side the one having a higher RNA content, except for metaestrous. Our data indicate that this asymmetry and variations could be the base of the role of the hypothalamus in controlling the sexual behavior of the adult animal.

Keywords: Hypothalamus, macromolecular asymmetry, estrous cycle., sex-specific asymmetry, rat



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Respuesta plástica al corte en plantas cultivadas de frijol “ayocote” (*Phaseolus coccineus* L.)

David Martínez-Moreno¹, Jenaro Reyes-Matamoros²,
Agustina Rosa Andrés-Hernández¹ y Tobías Rodríguez-Ramírez¹

RESUMEN

El experimento se realizó en un invernadero tipo túnel con cubierta de plástico en el Municipio de Puebla, México. El objetivo fue evaluar la respuesta plástica a la defoliación artificial en plantas cultivadas de *Phaseolus coccineus* L. El diseño experimental fue de un factor con un arreglo de bloques completamente al azar. Este experimento se llevó a cabo en *Phaseolus* en estructuras vegetativas y reproductivas debido al corte. Tres niveles de remoción del vástago fueron aplicadas a las plantas: testigo, 20% y 40% de corte. En plantas con 20% y 40% de la remoción del vástago produjeron menos ramas primarias pero más largas en comparación con las plantas control. En estructuras reproductivas sólo las inflorescencias de los tratamientos del 20% y 40% de corte fueron mayores que las plantas testigo. En estructuras vegetativas y reproductivas el patrón de asignación de biomasa reveló que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, los cambios en la respuesta del total de hojas, estructuras reproductivas y patrón de asignación de biomasa en plantas bajo tratamiento de corte, toleraron y sobrecompensaron pérdidas por daño al inicio de su ciclo de vida.

Palabras clave: plasticidad, defoliación, *Phaseolus coccineus*, biomasa

1 Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

2 Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. *Autor para correspondencia: 14 Sur 6301, Col. San Manuel, CU, 72570, Puebla, Pue., México, e-mail: jenaro.reyes@correo.buap.mx

INTRODUCCIÓN

Las plantas son organismos que no pueden eludir las condiciones ambientales adversas ni escapar a ser consumidos, lo cual ha originado que éstas a lo largo de su evolución hayan obtenido mecanismos que les permitan tolerar y superar las condiciones ambientales adversas (falta de agua, altas y bajas temperaturas, sombreado, escasez de nutrimentos, depredación). Entre los mecanismos adquiridos se encuentra la plasticidad, la cual ha sido objeto de estudio durante muchos años (Bradshaw, 1965; Jain, 1978; Grime *et al.*, 1986; Levin, 1988; Zhang, 1995; Schlichting y Pigliucci, 1998). Debido a que la plasticidad es una medida de la cantidad o proporción en que las expresiones de las características manifiestas cambian a simple vista por los organismos debido al efecto de la variación ambiental, ésta ha sido confundida con flexibilidad, estabilidad y regulación interna, llegando a la conclusión de que sólo se trata de homologías, pues flexibilidad es el punto en el cual un organismo puede crecer y reproducirse en cualquier ambiente por variación de su forma (plasticidad) o para mantenimiento de un forma constante (Hume y Cavers, 1982); estabilidad, indica una condición en la cual no ocurren muchos cambios y regulación interna, es la tendencia de un sistema a mantener sus características morfológicas y fisiológicas constantes (Bradshaw, 1965). La plasticidad es un mecanismo que favorece a las especies ante condiciones heterogéneas, lo que hace que éstas respondan positivamente ante la selección natural (Darwin, 1859).

Las diferencias en cuanto al tipo de respuesta por parte de los organismos demuestra el grado de plasticidad fenotípica que pueden tener en ambientes heterogéneos. Thomson (1991) confirma esto diciendo que las bases genéticas de la plasticidad pueden ser complejas entre la interacción de diferentes tipos de genes y hace una crítica acerca de los modelos de Vía y Lande (1985), quienes propusieron que las correlaciones genéticas de +1 o -1 entre los estados de caracteres (por ejemplo un carácter expresado en dos ambientes) podría restringir la evolución de la plasticidad. Esta propuesta asume que la plasticidad está en función de la expresión diferencial de un sólo gen en diferentes ambientes, lo cual implica que la selección es estabilizadora dentro de los ambientes.

En maíz, el 25% de la pérdida por daño o defoliación debido a la herbivoría hace que las plantas produzcan hijuelos (Phillip y Showers, 1987). Con

una defoliación del 75% en plantas criollas e híbridos de maíz se afecta la producción de grano a madurez fisiológica (Barnett y Pearce, 1983). Con un 50 y 100% la producción se reduce en un 8.3 y 12.3%, respectivamente (Vasilas *et al.*, 1991). Mientras que el daño en tallo durante la etapa de floración afectó la producción de seis híbridos (Barnett y Pearce, 1983). Finalmente, si la defoliación se realiza durante el estadio de plántula, la producción disminuye de 3 a 9% (Gibb y Higgins, 1991).

En experimentos con plantas de soya (*Glicine max* L.) una reducción en la asignación de asimilados a raíz, tallo y hojas fue observado (Lyton y Boethel, 1988). También la defoliación en esta especie varía con relación al estadio de desarrollo y cantidad de daño foliar. La remoción de un 33% del área total no causa efectos negativos en la producción de nuevas hojas y semillas (Turnipseed, 1972; Hintz y Fehr, 1990), lo cual puede ser interpretado como tolerancia a la herbivoría (Rosenthal y Kotanen, 1994).

En los agrosistemas donde las condiciones ambientales son modificadas drásticamente por la aplicación de las escardas (remoción de especies ajenas al cultivo) y por el manejo que se hace de las plantas con la finalidad de obtener un incremento mayor del órgano con interés antropocéntrico, las plantas presentan diferentes normas de reacción, las cuales si no presentan variación genética en el presente, su conocimiento nos brinda al menos la manera de cómo se puede presentar la evolución por medio de la selección (Núñez, 1993, Schlichting y Pigliucci, 1998). Además, la plasticidad puede ser adaptativa, ya que si los organismos presentan un amortiguamiento a las condiciones ambientales adversas y favorables por medio de caracteres morfológicos y fisiológicos, la plasticidad adaptativa contribuye al mantenimiento de la adecuación relativa a ambientes heterogéneos (Thompson, 1991).

Un ejemplo en el cual se demuestra la plasticidad, es el estudio llevado a cabo por Martínez (1999), utilizando para ello como modelo plantas de *Amaranthus*. Dicho estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la remoción apical en la morfología de las plantas de Amarantho bajo condiciones de campo e invernadero. Encontrando que las plantas de *Amaranthus* en estudio bajo dos tratamientos de corte (10 y 40%) del ápice, presentaron cambios morfológicos y de asignación de biomasa, demostrando una gran capacidad de tolerancia al corte y sobrecompensación como resultado del mis-

mo, considerándose esto como una expresión de la plasticidad de las especies debido a un incremento en el número de meristemos desarrollados para la producción de nuevas ramas y hojas.

Este estudio fue dirigido para medir las respuestas fenotípicas por daño (corte) al eje principal en plantas cultivadas de *Phaseolus coccineus*, que en la sierra norte de Puebla es aprovechado como que-lite, tanto las guías tiernas como la flor. Simulando el daño aplicado por los agricultores, fue analizado éste usando plantas cultivadas a dos niveles de corte (20 y 40%), con el fin de registrar la existencia de las respuestas compensatorias de los caracteres involucrados. La especie de *Phaseolus coccineus* se distribuye desde México hasta Guatemala en forma silvestre y cultivada y a una altitud entre los 1000 a 2800 metros. La planta es perenne con raíz pivotante y con amplio desarrollo de raíces secundarias, su crecimiento es indeterminado; presenta inflorescencia en forma de racimo con dos o más de 35 entrenudos; de cada nudo nacen dos yemas florales; las flores son de color rojo; las vainas son rugosas, glabras o pubescentes cuando verdes, al madurar son de color amarillo de 4-15 cm de longitud; el número de semillas por vaina es de 3-4 en especies cultivadas y de 4-7 en las silvestres y son de color blanco, rojo, amarillo, café, negro, morado gris y pinto (Miranda, 1990; Kohashi, 1996).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue llevado a cabo durante el ciclo primavera-verano de 2012 en condiciones de invernadero en la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Localizada a 19° 00' de latitud norte y 98° 12' longitud oeste, con una altitud de 2016 metros, temperatura media anual de 15.2 °C y una precipitación media anual de 900.8 mm (INEGI, 2000).

El diseño experimental fue de un factor con un arreglo en bloques completamente al azar con tres tratamientos, cuatro repeticiones por tratamiento y diez individuos por repetición. Se utilizó semilla de Santa María Ixtiyucan, Nopalucan, Puebla, que tiene hábito de crecimiento indeterminado postrado (Tipo III de CIAT). La siembra se llevó a cabo en macetas de plástico con un diámetro de 21 cm y 17 cm de profundidad, con una capacidad de 4 kg de suelo; una mezcla de tierra negra, arena de río y arcilla en proporción de 2:1:1. Se sembraron 3 semillas por maceta para asegurar la emergencia de al menos una de ellas y a una profundidad de 4 cm.

Una vez que emergieron las plántulas se seleccionó en cada maceta la planta con mejor apariencia y se llevó a cabo el aclareo (15 días después de la siembra), con la finalidad de tener una población uniforme. El riego fue aplicado durante todo el tiempo que duró el experimento, manteniéndose a capacidad de campo. Se fertilizó a los treinta días después de la siembra, utilizando la dosis de 3 gramos de Triple 17 por maceta. Los tratamientos se aplicaron a los 24 días después de la siembra, cuando el 75% de las plantas presentaron una longitud de 35 cm, éstos consistieron en testigo (sin corte de ápice), 20% de corte y 40% de corte de la longitud total de la planta.

Para registrar las respuestas vegetativa y reproductiva debidas al corte, se llevaron a cabo 3 cosechas destructivas, a los 45, 65 y 97 días después de la siembra (en todas se incluyó la raíz). Cabe mencionar que esta especie de frijol "ayocote" se comporta como planta trepadora con un ciclo de vida de hasta 5 meses cuando la siembra se realiza en enero en la sierra norte de Puebla, lugar con menor altitud y mayor humedad que el altiplano. En el altiplano de Puebla la siembra se realiza a mediados de junio y la cosecha a finales de septiembre o principios de octubre, el ciclo vegetativo se reduce debido a las condiciones climáticas y al menor periodo de lluvias.

El peso seco de todos los órganos de las plantas se registraron en las tres cosechas destructivas, donde se evaluaron raíz, tallo, hojas, inflorescencias, botones, flores y frutos, éstos fueron colocados en bolsas de papel estraza previamente etiquetadas e introducidas a una estufa (Modelo Felisa No. 291 de 0-220 °C), durante 72 horas y a una temperatura de 70°C. El material fue pesado utilizando una balanza electrónica (Marca Ohaus con una capacidad de 10 x 0.002 g).

En las cosechas se seleccionaron tres individuos por repetición, pero las siguientes mediciones sólo se registraron en la última cosecha: número de ramas primarias y secundarias, longitud (cm) de las ramas primarias y secundarias, número de hojas en el eje principal, ramas primarias y secundarias, inflorescencias, botones, flores, frutos y semillas de acuerdo con su posición dentro de la vaina, así como número de rastros florales y longitud (cm) de las inflorescencias, y su peso seco (g). Para la obtención de la raíz se empleó el método de flotación, que consistió en colocar cada maceta en una cubeta de plástico de 60 cm de longitud y 60 cm de diámetro, llena de agua, de modo que el suelo de la maceta se humedeciera y se diluyera para de esta

forma obtener la raíz completa y en perfecto estado, posteriormente cada raíz fue colocada en bolsas de papel estraza previamente etiquetadas y se introdujeron en una estufa, para posteriormente registrar el peso seco (g). Los resultados fueron sometidos a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$) (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El registro de la estructura vegetativa respecto al número total de hojas, número de ramas primarias y longitud (cm) de las ramas primarias. Los resultados indican que no hay diferencias significativas en el número total de hojas entre los distintos tratamientos, mientras que en el número de ramas el testigo mostró el mayor número, pero la menor longitud (Cuadro 1).

Cuadro 1. <i>Registro del total de número de hojas, ramas primarias y longitud (cm) de ramas primarias.</i>			
Ramas primarias			
Variable	Testigo	20%	40%
No. total de hojas	87.38 (±9.22) a	95.19 (±7.82) a	93.19 (±5.13) a
No. de ramas primarias	8.13 (±1.21) a	3.31 (±0.21) b	3.00 (±0.30) b
Longitud (cm) de ramas primarias	60.02 (±10.18) a	218.77 (±14.89) b	244.83 (±22.24) b

Números entre paréntesis significa error estándar y letras iguales denotan que no hay diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) (Olivares 1994).

En la cosecha, al final del ciclo, el registro promedio del número y longitud (cm) de las estructuras reproductivas mostró que sólo en el número total de inflorescencias se presentaron diferencias significativas de las plantas testigo con respecto a las de corte. En general la mayoría de las estructuras reproductivas en los tratamientos de corte mostraron una compensación con respecto a las plantas testigo (Cuadro 2).

Cuadro 2. <i>Registro del número total de inflorescencias, botones, flores, rastro floral, frutos inmaduros (para este estudio inmaduros significa que no alcanzaron a llenar las semillas), número de frutos maduros (maduro para este estudio es que las semillas si alcanzaron a madurar) y longitud (cm) de vainas maduras.</i>			
Tercera cosecha			
Variable	Testigo	20%	40%
No. Total de Inflorescencias	55.56 (±6.37) a	70.50 (±5.80) b	66.62 (±10.39) b
No. Total de botones	170.75 (±26.65) a	193.13 (±27.77) a	164.38 (±22.73) a
No. Total de flores	594.31 (±40.18) a	687.63 (±48.18) a	619.56 (±49.9) a
No. de rastro floral	362.19 (±41.21) a	383.06 (±45.3) a	366.06 (±54.36) a
No. de frutos inmaduros	5.69 (±2.27) a	7.38 (±2.86) a	13.00 (±5.2) a
No. de frutos maduros	3.75 (±1.19) a	4.63 (±1.72) a	5.19 (±1.58) a
Longitud (cm) de vainas maduras	5.77 (±1.99) a	4.94 (±1.14) a	6.80 (±1.05) a

Números entre paréntesis significa error estándar y letras iguales y denotan que no hay diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) (Olivares 1994).

Los registros de peso seco (g) de las estructuras vegetativas (raíz, tallo y hojas; Figura 1) en las tres cosechas, no presentaron diferencias significativas las plantas testigo con respecto a los tratamientos de corte, compensando pérdidas al inicio del desarrollo.

Mientras que en estructuras reproductivas, no se presentaron diferencias significativas en peso seco, pero en inflorescencias fue mayor el tratamiento de corte del 20% con respecto al 40% y testigo al final del ciclo (Figura 2A). Asimismo, el patrón fue diferente en lo que respecta a botones, ya que las plantas testigo mostraron el mayor incremento con respecto a los tratamientos de corte, aun cuando no presentaron diferencias significativas (Figura 2B). Pero los datos de peso seco (g) en flores (Figura 3A) y frutos (Figura 3B), muestran que no existieron diferencias significativas. El 20% mostró el mayor incremento con respecto a los tratamientos del 40% de corte y testigo, lo que denota una sobrecompensación en dichas estructuras.

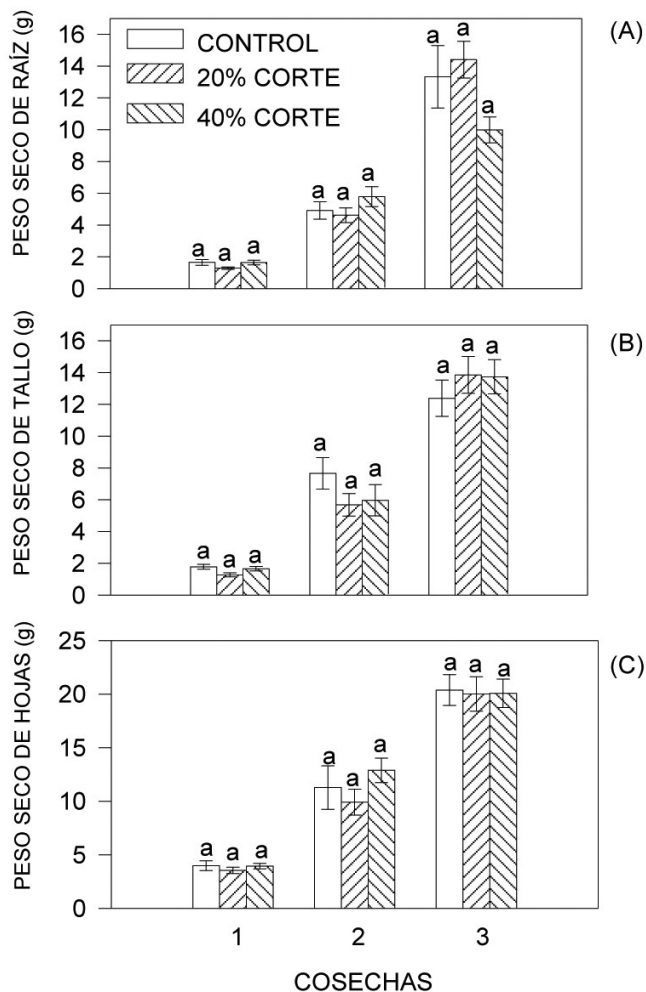


Figura 1. Registro de peso seco (g) de las estructuras vegetativas (Raíz (A), Tallo (B) y Hojas (C)) de plantas de frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.) bajo tratamientos de corte (20% y 40% de corte) y testigo. Líneas paralelas denotan error estándar y letras iguales significa que no hay diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) (Olivares, 1994).

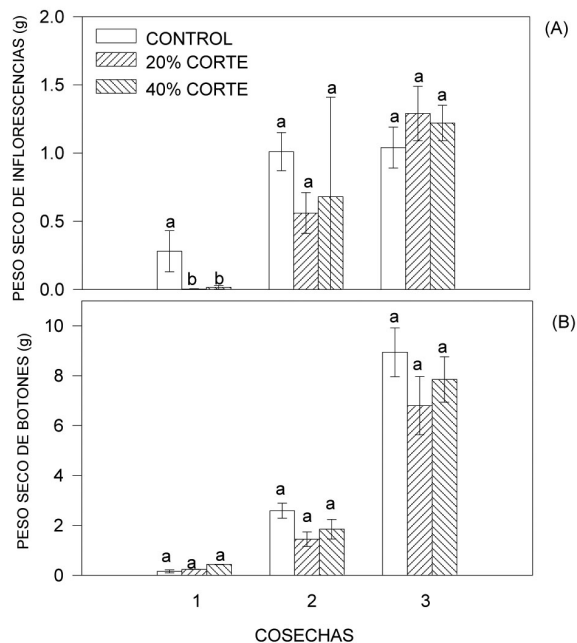


Figura 2. Registro de peso seco (g) de las estructuras reproductivas (Inflorescencias (A) y Botones (B)) de plantas de frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.) bajo tratamientos de corte (20% y 40% de corte) y testigo. Líneas paralelas denotan error estándar y letras iguales significa que no hay diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) (Olivares, 1994).

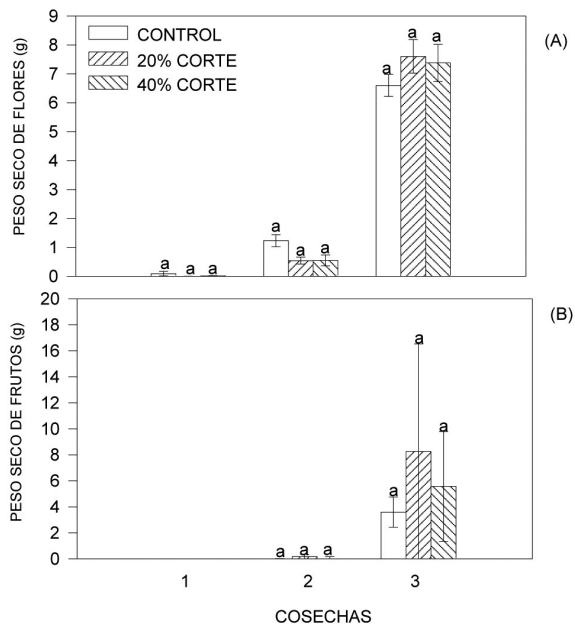


Figura 3. Registro de peso seco (g) de las estructuras reproductivas (Flores (A) y Frutos (B)) de plantas de frijol "Ayocote" (*Phaseolus coccineus* L.) bajo tratamientos de corte (20% y 40% de corte) y testigo. Líneas paralelas denotan error estándar y letras iguales significa que no hay diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) (Olivares, 1994).

En lo referente al número de hojas, los tratamientos no presentaron diferencias significativas, pero en ambos tratamientos de corte su incremento fue mayor, así en número de ramas, las plantas testigo mostraron un incremento mayor con respecto a los tratamientos de corte. Sin embargo, la longitud de las ramas fue superior en las plantas bajo tratamiento de corte, llegando a ser de hasta 3.6 y 4 veces mayor que las registradas en las plantas testigo. Las diferencias en la respuesta de las plantas de *Phaseolus coccineus* es el resultado en el diferencial de la liberación y disponibilidad de los meristemos para producir nuevas ramas en ambos tratamientos de corte (20% y 40%) o debido a la competencia en la asignación de recursos a las partes vegetativas o las semillas (Gerber, 1993; Rosenthal y Dirzo, 1997).

Los resultados demuestran que en cuanto al número de hojas en las diversas cosechas no se presentaron diferencias significativas tolerando con ello el daño producido al inicio de su crecimiento; en otras especies como amaranto (Martínez *et al.*, 1999) se ha encontrado el mismo patrón, pero los tratamientos de corte sobrecompensaron pérdidas iniciales.

El número de ramas presentó diferencias significativas, siendo mayor en las plantas testigo, mientras que en longitud las plantas de ambos tratamientos de corte registraron el mayor tamaño, demostrando con ello que los organismos de esta especie sobrecompensan pérdidas al inicio de su ciclo de vida causadas por daño mecánico, lo que coincide con lo reportado por Martínez (1999) en plantas de amaranto. Asimismo, el número total de hojas de los tratamientos no presentó diferencias significativas.

En estructuras reproductivas las diferencias encontradas sólo se presentaron en el número de inflorescencias, siendo mayor en plantas bajo tratamiento de corte. Esto indica el efecto compensatorio de los organismos de *Phaseolus coccineus* cuando son dañados en los primeros estadios de su ciclo de vida.

En referencia al peso seco, los resultados en estructuras vegetativas y reproductivas mostraron una sobrecompensación en plantas bajo tratamiento de corte comparado con las plantas control, siendo las plantas con el 40% de corte las que presentaron diferencias significativas respondiendo de esta manera al corte producido en etapas tempranas, esto sugiere la capacidad de adecuación por corte al más

tago, siendo registrado en otras plantas bajo condiciones de daño (Turnipseed y Kogan, 1976; Remison, 1978; Wallace *et al.*, 1984; Crick y Grime, 1987; Lyton y Boethel, 1988; Verma *et al.*, 1992; Kang *et al.*, 1995; Martínez, 1999), esto indica que la compensación en plantas puede ser una compensación positiva (sobrecompensación) debido a que las plantas crecieron en un ambiente rico en nutrientes, agua y libre de competencia, aun cuando el corte fue aplicado al mismo tiempo.

Probablemente la acumulación de biomasa en raíz, tallo y hojas denote el carácter perenne de esta especie, y a que la acumulación de fotosintatos en estos órganos tenga como consecuencia que se compita por los recursos y no se asigne a las estructuras reproductivas (principalmente semillas) la mayoría de asimilados. De esta manera, se puede decir que las plantas bajo este estudio presentaron plasticidad y los efectos observados se deban a que existe un ajuste de tipo fisiológico a nivel de toda la planta, pues las condiciones nutrimentales, de agua y polinización fueron satisfactorias. Con respecto a este último punto, se observó la presencia de los tres mayores polinizadores de esta especie, colibrí, abejas y abejorros, esto se debió a que el invernadero permaneció abierto durante esta época para no interrumpir la visita de los polinizadores.

CONCLUSIÓN

En estructuras reproductivas sólo las inflorescencias de los tratamientos del 20% y 40% de corte fueron mayores que en las plantas testigo. En estructuras vegetativas y reproductivas, el patrón de asignación de biomasa reveló que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, los cambios en la respuesta del total de hojas, estructuras reproductivas y patrón de asignación de biomasa en plantas bajo tratamiento de corte, toleraron y sobrecompensaron pérdidas por daño al inicio de su ciclo de vida, lo cual indica la alta respuesta plástica de estas plantas cuando son ramoneadas o sufren alguna alteración por algún fenómeno natural (viento, lluvia, truenos, caída de árboles), dando como consecuencia que sobrecompensen pérdidas de alrededor del 40%.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Laboratorio Integral de Biología Vegetal y Micología de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por las facilidades otorgadas a este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1.] Barnett, K.H. & Pearce, B.R. 1983. Source-sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. *Crop Science* 23: 294-299.
- [2.] Bradshaw, D.A. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13: 115-155.
- [3.] Crick, C.J. & Grime, J.P. 1987. Morphological plasticity and mineral nutrient capture in two herbaceous species of contrasted ecology. *New Phytology* 107: 403-414.
- [4.] Darwin, C. 1859. El origen de las especies. Ed. Porrúa, México, 379 p.
- [5.] Geber, M.A. 1993. The cost of meristem limitation in *Polygonum arenastrum*: negative genetic correlations between fecundity and growth. *Evolution* 44: 799-819.
- [6.] Gibb, J.T. & Higgins, R.A. 1991. Aboveground dry weight and yield responses of irrigated field corn to defoliation and root pruning stresses. *Journal Economic Entomology* 84: 1562-1576.
- [7.] Grime, J.P., Crick, J.C. & Rincon, E. 1986. The ecological significance of plasticity: En: Jennings, D.H. & Trewevas, A.J. (eds.), *Plasticity in plants. Company of Biologists*, Cambridge. pp. 5-29.
- [8.] Hintz, R.W. & Fehr, W.R. 1990. Plant density and defoliation effects on the recovery of soybean injured by stem cutoff during vegetative development. *Agronomic Journal* 82: 57-59.
- [9.] Hume, L. & Cavers, P.B. 1982. Geographic variation in a widespread perennal weed, *Rumex crispus*. The relative amounts of genetic and environmentally induced variation among populations. *Canadian Journal Botany* 60: 1928-1937.
- [10.] INEGI. 2000. Síntesis geográfica del estado de Puebla. Ed. INEGI, México.
- [11.] Jain, S.J., 1978. Inheritance of phenotypic plasticity in soft chess. *Bromus mollis* L. (Graminae). *Experientia* 34: 835-836.
- [12.] Kang, H.J., Brink, G.E. & Rowe, D.E. 1995. Seedling white clover response to defoliation. *Crop Science* 35: 1406-1410.
- [13.] Kohashi S., J. 1996. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol *Phaseolus vulgaris* L. y su relación con el rendimiento. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 44 p.
- [14.] Levin, A.D., 1988. Plasticity, canalization and evolutionary stasis plants. In: Davy, J.A., Hutchings, M.J. & Watkinson, A.P. (eds.), *Plant population ecology. Blackwell Scient. Publ.*, Oxford. pp. 33-45.
- [15.] Lyton, M.B. & Boethel, D.J. 1988. Recovery of N₂ fixation in soybean following Insect-Induced defoliation. *J. Econ. Entomology* 81: 1217-1225.
- [16.] Martínez M., D. 1999. Plasticidad como responsable del incremento de la productividad de *Amaranthus cruentus* L. y *Amaranthus hypochondriacus* L. Tesis de Doctorado, Colegio de Postgraduados Instituto de Recursos Naturales, Especialidad en Botánica, Montecillo, Texcoco, México. 75 p.
- [17.] Martínez M., D., Núñez F., J., Terrazas, T., Ruiz, P.L. del M., Trinidad S., A., Trejo, L.C., & Larque S., A. 1999. Plastic responses to clipping in two species of *Amaranthus* from the Sierra Norte de Puebla, México. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46: 225-234.
- [18.] Miranda, C.S. 1990. Infiltración genética de *Phaseolus vulgaris* en *P. coccineus*. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México. 58 p.
- [19.] Núñez F., J. 1993. Selección natural en el campo: revisión de la evidencia reciente. En: Núñez F., J. y Cordero, C. (eds.), *Tópicos de Biología Evolutiva: Diversidad y Adaptación*. pp. 19-59.
- [20.] Olivares, S.E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL, versión 2.5 Facultad de Agronomía UANL, Marín, N.L. México.
- [21.] Phillip, G. & Showers, W.B. 1987. Corn growth response to larval *Armyworm* (Lepidoptera: Noctuidae) defoliation. *Iowa State Journal Research* 62: 279-292.
- [22.] Remison, U.S. 1978. Effect of defoliation during the early vegetative phase and at silking on growth of maize (*Zea mays* L.). *Annals Botany* 42: 1439-1445.
- [23.] Rosenthal, P.J. & Dirzo, R. 1997. Effects of life history, domestication and agronomic selection on plant defence against insects: Evidence from maizes and wild relatives. *Evol. Ecol.* 11: 337-355.
- [24.] Rosenthal, P.J. & Kotanen, P.M. 1994. Terrestrial plant tolerance to herbivory. *Tree* 9: 145-148.
- [25.] Schlichting, C.D. & Pigliucci, M. 1998. Phe-

- notypic evolution: A reaction norm perspective. Ed. Sinauer Associates Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts, EU, pp. 51-84.
- [26.] Thompson, D.J. 1991. Phenotypic plasticity as a component of evolutionary change. *Tree* 6: 246-249.
- [27.] Turmipseed, S.G. & Kogan, M. 1976. Soybean Entomology. *J. Econ. Entomology* 69: 247-282.
- [28.] Turnipseed, S.G. 1972. Response of soybeans to foliage losses in South Caroline. *Journal Economic Entomology* 60: 1054-1056.
- [29.] Vasilas, L.B., Fuhrmann, J.J. y Taylor, R.W. 1991. Response of three corn hybrids to defoliation of neighboring plants. *Canadian Journal Plant Science* 71: 311-315.
- [30.] Verma, R., Kawasthi, A. & Chodhary, B.S. 1992. Effect of artificial defoliation on plant growth and seed weight of soybean (*Glicine max*). *Indian Journal of Agricultural Science* 62: 290-292.
- [31.] Via, S. & Lande, R. 1985. Genotype-Environment interaction and the evolution of phenotypic plasticity. *Evolution* 39: 505-522.
- [32.] Wallace, L.L., McNaughton, S.J. & Coughenour, M.B. 1984. Compensatory photosynthetic responses of three African Graminoids to different fertilization, watering and clipping regimes. *Bot. Gaz.* 145: 151-156.
- [33.] Zhang, J. 1995. Differences in phenotypic plasticity between plants from dimorphic seeds of *Cakile edule*. *Oecologia* 102: 353-360.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Procedimiento creativo para diseñar posiciones gráficas de probabilidad para una muestra estadística de temperatura ambiental

Héctor A. Quevedo Urías, Cecilia M. Luna Moreno,
David E. Ávila Sánchez, Jorge A. Salas Plata M.,
Víctor H. Esquivel Cevallos, Adrián V. Peña López *¹

El objetivo principal de este estudio fue diseñar la estructuración de posiciones gráficas de probabilidad en función de la probabilidad de ocurrencia y periodos de retorno, aplicado a tasas de temperaturas de una estación de muestreo de la Universidad de Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), en Chihuahua, México. Se elaboraron diferentes gráficos de probabilidad para identificar la distribución de probabilidad continua más apropiada, con base en el valor de la prueba de bondad de ajuste Anderson-Darling (A-D). Se incluyó el cálculo de probabilidades acumuladas y de densidad. Se hizo una prueba de hipótesis con las temperaturas medias anuales. Se usaron datos de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA) y se compararon las tendencias de series de tiempo y los valores de la A-D de las gráficas de las temperaturas de ambas estaciones. Las tendencias de temperatura resultaron acrecentadas para ambas estaciones. Se estimó la ecuación de regresión de las temperaturas que tuvo valores de $R^2 = 0.987$ y $s = 0.96$. Las gráficas sobrepuestas para ambas estaciones muestran incrementos de temperatura, especialmente en la estación de muestreo de la UACJ, situación que da indicios acerca de los efectos del cambio climático en curso. Se concluye que el método de este estudio, para estructurar posiciones gráficas de probabilidad, es más preciso que los tradicionalmente usados, porque primero selecciona la distribución continua más idónea (que no siempre sigue a la distribución normal), sin usar fórmulas empíricas y sin tener que asignar rangos a los datos, como comúnmente se hace.

Palabras clave: Meteorología, temperatura, posiciones gráficas de probabilidad.

* Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Chihuahua, México. Correo electrónico: hquevedo@uacj.mx.

INTRODUCCIÓN

Las variaciones en las temperaturas extremas a escala global, además de otros desastres naturales como huracanes, tornados, tormentas, inundaciones, sequías e incendios forestales, son los efectos del calentamiento global que está ocasionando el cambio climático (García, Santillán, Ojeda y Quintero, 2012: 349). Esto se debe a la constante globalización, subordinación económica al uso del petróleo y compuestos fósiles y al crecimiento poblacional que afectan las condiciones de vida de la gente y provocan impactos ambientales muy severos. Según Ríos-Alejandro (2011: 225), eventualmente se espera que ocurran serios desastres naturales que podrían matar a miles de personas. Por otra parte, García, Santillán, Ojeda y Quintero destacan que:

“Son de particular importancia las variaciones en las temperaturas extremas por su relación con la biodiversidad, el confort térmico humano, y por su utilización en las evaluaciones de impactos de variabilidad y cambio climático en sectores como la agricultura y demanda de energía” (2012: 350).

El análisis de las variaciones extremas de la temperatura ambiental es de suma importancia, debido a los riesgos asociados a la salud humana, sus efectos en los ecosistemas y su capacidad de adaptación ante estos cambios. Es preciso generar medidas de prevención y contingencia que nos permitan minimizar los daños y costos provocados a la salud humana y a los ecosistemas.

La vulnerabilidad en México ante esta situación es muy evidente (García, Santillán, Ojeda y Quintero, 2012:350). En este país, particularmente en la frontera norte, se pronostica la escasez del recurso hídrico debido a la disminución de la precipitación, aunado al aumento en las temperaturas ambientales (García, Santillán, Ojeda y Quintero, 2012: 350). Según los panoramas climáticos nacionales, el aumento en la temperatura en la zona noroeste para el periodo 2070-2099 será de 3.5°C y aproximadamente 3°C para la zona noreste en ese mismo periodo (García, Santillán, Ojeda y Quintero, 2012: 350). También se anticipan incrementos en la temperatura máxima extrema para el mes de julio, de 0.5°C en los 2020 a 9°C en los 2050; para la mínima extrema, de 0.5°C en los 2020 a 7°C en los 2050 (García, Santillán, Ojeda y Quintero, 2012: 350).

En Ciudad Juárez, según datos del Servicio Me-

teorológico Nacional (2010) en el periodo de 1951 al 2010, la temperatura máxima media anual fue de 24.8°C, la mínima media anual registrada fue de 8.4°C y la temperatura promedio anual fue de 16.7°C. Sin embargo, las temperaturas extremas registradas en ese mismo periodo fueron de 47.3°C para la máxima y de -23°C para la mínima.

Se han realizado estudios relacionados con la variación de la temperatura a escala global, los cuales incluyen el análisis de datos con herramientas estadísticas para la predicción de cambios bruscos de temperatura y para la formulación de modelos estadísticos. En estos estudios está el de Ríos-Alejandro (2011), llevado a cabo en Monterrey, Nuevo León, México, donde estima las temperaturas mínimas y sólo algunos periodos de retorno, aplicando el teorema y la metodología de valores extremos y la distribución Gumbel para la modelación de los datos. García, Santillán, Ojeda y Quintero (2012), por su parte, realizaron un estudio en la ciudad de Mexicali, Baja California, México, utilizando también el teorema de valores extremos, la distribución generalizada de valores extremos y la distribución generalizada de Pareto para calcular temperaturas extremas y los periodos de retorno para esa región. Aunque la metodología utilizada es efectiva, las ecuaciones para la modelación son extensas y complejas. Por otro lado, el estudio realizado por Domonkos, Kysely, Piotrowicz, Petrovic y Lycso (2003), está enfocado en la región sur-central de Europa, donde se analizaron datos de temperaturas diarias promediadas en el periodo de 1901 a 1998 para siete series y cuatro series de datos promediados en el periodo de 1949 a 1998. Se identificaron dos umbrales absolutos, uno para temperaturas extremas mínimas en temporada de invierno y otro para temperaturas extremas máximas en verano. La significancia estadística en el estudio de Domonkos, Kysely, Piotrowicz, Petrovic y Lycso (2003) estuvo basada en los procedimientos de prueba Wilcoxon y Mann-Kendall y se concluyó que las islas de calor urbano pueden ser una de las causas de la variabilidad en los rangos de temperatura máxima generados en el área geográfica norte de su estudio.

Desde el punto de vista estadístico, uno de los argumentos de la presente investigación está basado en la estructuración de posiciones gráficas de probabilidad, que han sido tradicionalmente usadas en estudios hidrológicos para visualizar gráficamente la precipitación, flujos de corrientes y ríos, entre otros. Sin embargo, la aplicación de las posiciones

de graficación de probabilidad en función de los datos de temperaturas, probabilidad de ocurrencia y periodos de retorno, no es muy común. En un esfuerzo para promover y avanzar el estado del arte de la ciencia, en este estudio se aplicaron métodos estadísticos y gráficos para establecer una posición gráfica de probabilidad, para datos de temperaturas de la estación de muestreo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

Con respecto a posiciones gráficas de probabilidad aplicadas a problemas hidrológicos, existen múltiples estudios sobre el tema. Tradicionalmente, las fórmulas de posiciones gráficas en función de valores hidrológicos, probabilidades de ocurrencia y periodos de retorno han sido desarrolladas por Hazen, Gringorten, California, Cunnane, Weibull, Gumbel y otros (Hirsch, 1987). Estos enfoques asignan fórmulas empíricas y rangos a los datos (de la más grande a la más pequeña) asumiendo que estos siguen una distribución normal (que no siempre ocurre así). Por ejemplo, Hazen asignó rangos desde el más grande hasta el más pequeño de una muestra de tamaño n usando el cociente $(2r - 1)/2n$ (Ward, 1995). Enfoques similares fueron aplicados por Cunnane (1978). Sin embargo, Quevedo (2013) en su libro de *Aplicaciones estadísticas a la hidrología* diseñó una metodología innovadora para construir una posición de graficación de probabilidad en función de datos hidrológicos, probabilidad de ocurrencia y periodos de retorno (Quevedo, 2013: 208). Este enfoque tiene predominio sobre los métodos tradicionales de posiciones de graficación, que usan fórmulas empíricas y que asignan rangos a los datos o que asumen que los valores siguen una distribución normal.

De esta manera, el objetivo en este estudio es la estructuración de gráficas tridimensionales de los valores de temperaturas mensuales y anuales en función de los periodos de retorno de las probabilidades de ocurrencia, para las temperaturas registradas en una estación de muestreo localizada en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, cuyos datos corresponden al periodo 2008-2013. Se emplearon datos registrados en la estación meteorológica en el campus del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), que se ubica a una latitud de $31^{\circ}41'36''$, longitud $106^{\circ}25'54''$ y una altura de 1127.0 msnm. También se usaron diversas funciones estadísticas en el programa de computadora Minitab 16 para calcular las probabilidades acumuladas y de densidad.

Asimismo, se utilizó este programa para determinar la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos mediante la prueba de ajuste y estimación de máxima verosimilitud Anderson-Darling. Se probaron diferentes distribuciones continuas, entre ellas la distribución Normal, Gamma, Lognormal, Mayor Valor Extremo y la Weibull, resultando ser la distribución de probabilidad continua Normal la que mejor se ajusta a los datos. También se hizo una prueba de hipótesis con la distribución t de estudiante considerando que la temperatura media anual esperada es de 16.7°C de acuerdo con los datos adquiridos por el Servicio Meteorológico Nacional, para los datos registrados en el periodo del 2008 al 2013.

La construcción se realizó aplicando una metodología innovadora, que incluye la elaboración de posiciones gráficas de probabilidad tridimensionales que permiten obtener las probabilidades de ocurrencia y los periodos de retorno de los datos de temperatura en Ciudad Juárez, sin depender de los métodos tradicionales de posiciones gráficas de probabilidad como los utilizados por Shukri, Chong, Azam, Ahmad (2012: 107) y de otros investigadores como Hazen, Cunnane, Weibull, Gringerton, entre otros.

La importancia de este estudio radica en establecer un método no tradicional, usando una posición de graficación de probabilidad de temperaturas en función de probabilidades de ocurrencia y periodos de retorno. Es decir, un método gráfico, preciso y efectivo para determinar los cambios en las temperaturas ambientales, de tal manera que se puedan adoptar medidas de seguridad y contingencia que sean útiles para la adaptabilidad de la población y de los ecosistemas ante escenarios de riesgo extremo atribuidos a las variaciones de temperatura en el área de estudio y lugares circunvecinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de los datos históricos registrados durante seis años (periodo del 2008 al 2013). Los datos fueron registrados por la estación meteorológica ubicada en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en el edificio E. Para tales fines, se usó un equipo Vantage Pro2, el cual cuenta con un sensor de temperatura que toma los registros de la temperatura ambiental cada cinco minutos.

Las medias mensuales de las temperaturas de la estación meteorológica de IIT se observan en la

tabla 1. Igualmente, las medias anuales de las temperaturas se muestran en la tabla 2.

Tabla 1. Medias mensuales de los datos obtenidos de la estación meteorológica del IIT							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Promedios
Enero	8.4	10.3	7.4	8.2	10.4	7.0	8.6
Febrero	12.8	13.2	9.9	9.4	11.5	9.9	11.1
Marzo	15.6	16.4	13.7	18.6	16.4	17.0	16.3
Abril	19.8	19.5	19.0	22.1	22.9	20.7	20.7
Mayo	24.1	25.6	24.5	24.3	25.0	24.5	24.7
Junio	30.5	28.0	30.0	31.2	31.2	31.0	30.3
Julio	26.9	30.6	28.2	30.3	28.5	28.0	28.8
Agosto	26.6	28.8	29.4	30.8	29.8	29.1	29.1
Septiembre	23.2	24.5	26.4	26.7	25.1	25.3	25.2
Octubre	19.8	19.3	21.3	20.9	21.3	20.1	20.4
Noviembre	13.4	13.8	13.0	13.0	15.6	13.0	13.6
Diciembre	9.9	8.0	11.2	6.0	8.3	8.3	8.6

Tabla 2. Medias anuales de los datos obtenidos de la estación meteorológica de IIT	
2008	19.3
2009	20.1
2010	19.6
2011	20.3
2012	20.6
2013	19.5

El procedimiento estadístico consistió, primeramente, en determinar e identificar la distribución de probabilidad continua que mejor se ajusta a los datos, por medio de probar diferentes distribuciones, como la distribución Normal, Gamma, Lognormal, Weibull y así sucesivamente; es decir, basando el criterio en la prueba de bondad y ajuste Anderson Darling (A-D). Una vez probados los valores de las distribuciones, se seleccionó aquella que mostrara el valor más pequeño de la función estadística A-D, el cual identifica la distribución que mejor se ajusta a los valores analizados. En este caso la distribución Normal fue la que mejor se ajustó a las medias anuales y mensuales arrojando un valor de A-D igual a 0.249 para las temperaturas anuales y un valor de 0.351 para las temperaturas mensuales. Estas situaciones se muestran en la figura 1 y figura 2, respectivamente.

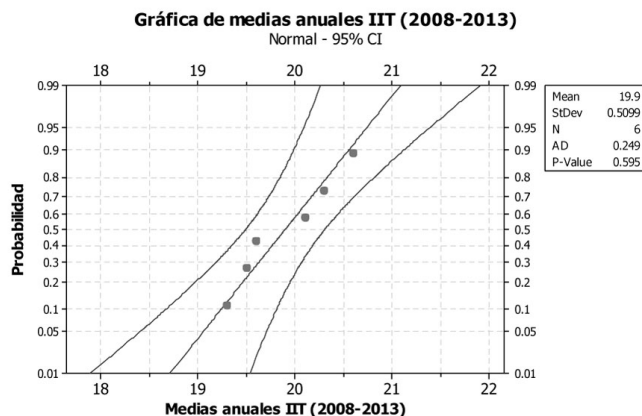


Figura 1. Gráfica de probabilidad de las medias anuales de los datos de IIT

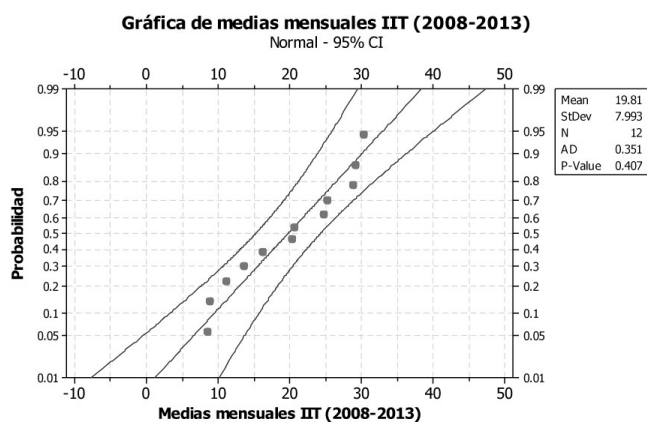


Figura 2. Gráfica de probabilidad de las medias mensuales de los datos de IIT

Una vez determinada la distribución continua más apropiada (la distribución normal en este caso) se procedió a calcular la probabilidad de densidad y la probabilidad acumulada; el programa Minitab 16 calcula de forma automática estas probabilidades mediante el uso de las siguientes ecuaciones:

La función de densidad de la distribución normal, la cual se define como:

$$f(x; \mu, \sigma) = P(X = x) = \frac{1}{\sigma(2\pi)^{0.5}} \exp - 0.5 \left[\frac{(x-\mu)^2}{\sigma^2} \right]; -\infty < x < +\infty$$

(Ecuación 1)

Donde μ = media, σ = desviación estándar, $\exp = e = 2.71828\dots$, y $\pi = 3.1416$

Igualmente, se da la descripción de la función acumulada de la distribución normal, la cual se define como sigue:

$$\frac{1}{(2\pi)^{0.5}} \int_{-\infty}^x \exp - \frac{t^2}{2} dt = 0.5 \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{2}} \right) \right]; x \in \mathbb{R}$$

(Ecuación 2)

Aquí, la integral puede ser expresada en términos de una función especial *erf*, llamada función de error.

La probabilidad de densidad y acumulada de las medias anuales y mensuales de IIT se muestran en las tablas 3 y 4, respectivamente.

Tabla 3.

Tabla de probabilidad de densidad y acumulada de las medias anuales de los datos de IIT

Temperatura media anual	Probabilidad acumulada anual	Probabilidad de densidad anual
19.3	0.119703	0.391553
20.1	0.652529	0.724345
19.6	0.278187	0.657964
20.3	0.783572	0.575125
20.6	0.915054	0.304971
19.5	0.216428	0.575125

Tabla 4.

Tabla de probabilidad de densidad y acumulada de las medias mensuales de los datos de IIT

Temperaturas medias mensuales	Probabilidad acumulada mensual	Probabilidad de densidad mensual
8.6	0.0804237	0.0186740
11.1	0.137977	0.0275719
16.3	0.330373	0.0453287
20.7	0.544429	0.0496016
24.7	0.729743	0.0413866
30.3	0.905349	0.0210885
28.8	0.869702	0.0265082
29.1	0.877487	0.0253944
25.2	0.750032	0.0397542
20.4	0.529521	0.0497747
13.6	0.218674	0.0369156
8.9	0.0861746	0.0196692

Enseguida se graficaron los valores obtenidos de las probabilidades anuales y mensuales, obteniendo las gráficas que se muestran en las figuras 3 y 4, respectivamente.

Gráficas de densidad y acumuladas de temperaturas mensuales IIT (2008-2013)

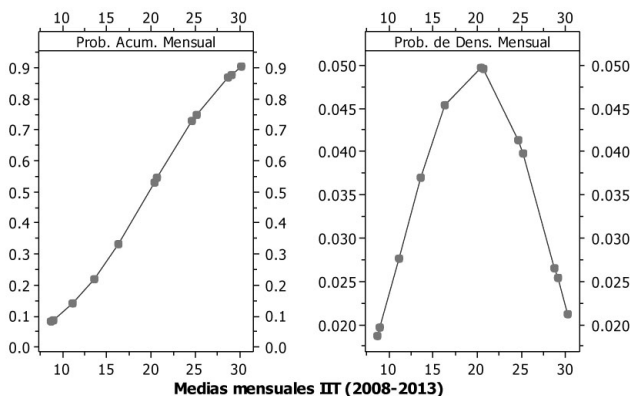


Figura 3. Gráfica de la probabilidad acumulada y de densidad para las medias anuales de los datos de la estación de muestreo de IIT

Gráficas de densidad y acumuladas de temperaturas anuales IIT (2008-2013)

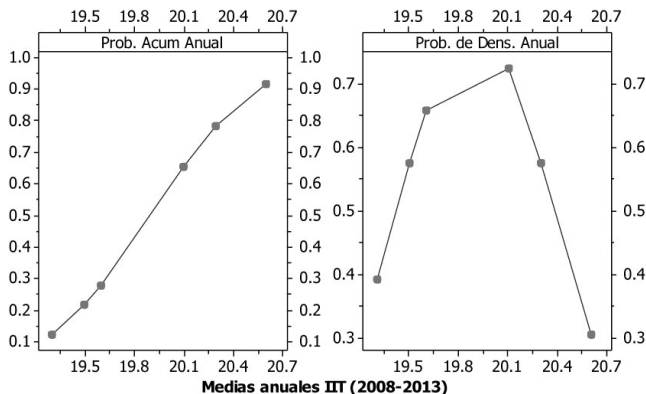


Figura 4. Gráficas de la probabilidad de densidad y acumulada para las medias mensuales de IIT

El siguiente paso consistió en estructurar la posición gráfica de probabilidad en función de los datos de temperatura, probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno. Para realizar este novedoso enfoque gráfico se modificaron manualmente las gráficas de probabilidad normal mostradas en las figuras 1 y 2, tomando como referencia la metodología citada en la literatura de Quevedo (2013: 208: 212). Esta metodología descrita por este investigador usa como punto de partida la gráfica de probabilidad de la distribución continua seleccionada y se estructura manipulando los valores del eje vertical y horizontal, trasponiéndolos, es decir, colocando los valores de la probabilidad en el eje horizontal, y los valores de las temperaturas en el eje vertical. Enseguida se invierten los valores de probabilidad que se encuentran en el eje horizontal, es decir, poniendo los valores de mayor a menor. Posteriormente, se suprimen los valores del eje superior horizontal y se procede manualmente a calcular los periodos de retorno del inverso de cada probabilidad de ocurrencia, situándolos en el eje horizontal superior. El periodo de retorno consiste en el recíproco de la probabilidad de ocurrencia ($T= 1/P$), donde T corresponde al periodo de retorno y P es la probabilidad de ocurrencia de un evento específico que pueda ocurrir durante un tiempo determinado (Quevedo, 2013: 208-212).

Los materiales utilizados para construir las posiciones gráficas de probabilidad de los datos de las temperaturas mensuales y anuales se hicieron usando el programa de cómputo Minitab 16 para el análisis estadístico y el equipo Vantage Pro2 para el registro de las temperaturas ambientales.

En cuanto a los procedimientos estadísticos, se realizó una prueba de hipótesis para una media con la distribución continua t de estudiante para probar que el valor esperado de la temperatura media anual fuera de 16.7°C, ya que este registro fue calculado en función de los datos que tiene y proporciona el Servicio Meteorológico Nacional (2010). Se utilizó esta función de t debido a que el tamaño de muestra anual es pequeño ($n < 30$ casos), ya que sólo se tienen datos de seis años. Para elaborar el análisis estadístico se asume que la población madre tiene una distribución normal, lo cual ya se comprobó anteriormente y se consideró probar la hipótesis nula de que la media es igual a 16.7°C y la hipótesis alternativa de que es desigual a 16.7°C. El equipo de cómputo usado para realizar esta prueba fue el programa de cómputo Minitab 16. Los resultados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. <i>Tabla mostrando los resultados usando la función t de estudiante para las temperaturas medias anuales</i>	
N	6
Media	19.9
Media SE	0.208
IC al 95%	(19.365, 20.435)
Desviación estándar	0.51
Valor de T	15.37
Valor de p	0.000

Con la distribución normal seleccionada, se estructuraron gráficas de probabilidad de densidad y acumuladas, para los datos de temperaturas mensuales y anuales. Esto se observa en las figuras 3 y 4, respectivamente.

Después, la metodología consistió en estructurar las posiciones gráficas de probabilidad de las temperaturas anuales y mensuales de IIT, en función de probabilidades de ocurrencia (probabilidad) y periodos de retorno. Estas situaciones se observan en las figuras 5 y 6, respectivamente.

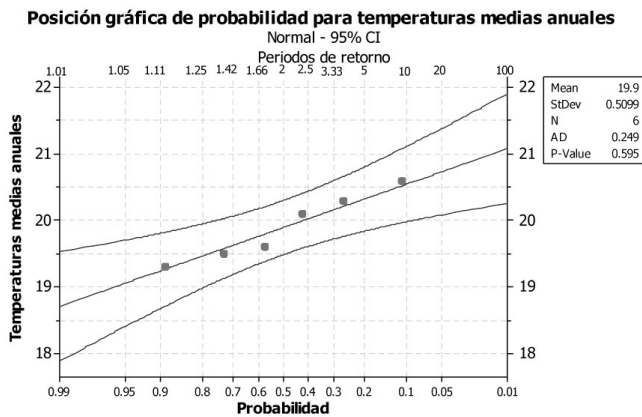


Figura 5. Gráfica de posición de probabilidad para las temperaturas medias anuales de IIT

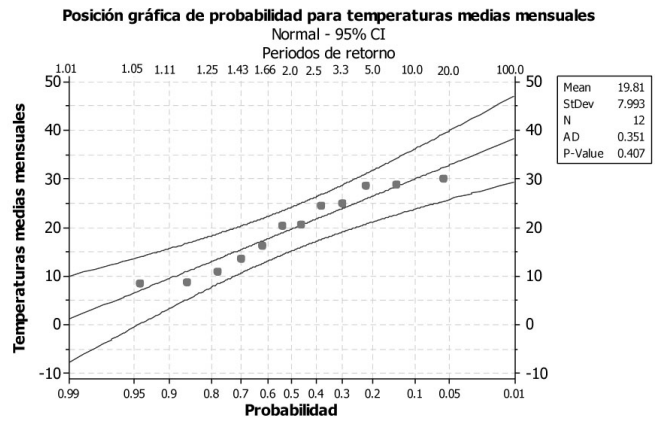


Figura 6. Gráfica de posición de probabilidad para las temperaturas medias mensuales de los datos de IIT

Posteriormente, se procedió a elaborar gráficas de tendencias de series de tiempo con los datos registrados para las temperaturas medias anuales y mensuales de IIT, los cuales se muestran en la figura 7 y figura 8.

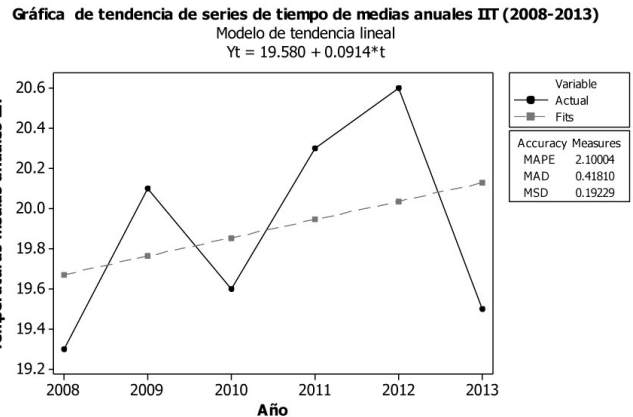


Figura 7. Gráfica de tendencia de series de tiempo para las medias anuales de los datos de IIT

Gráfica de tendencia de series de tiempo de medias mensuales IIT (2008-2013)

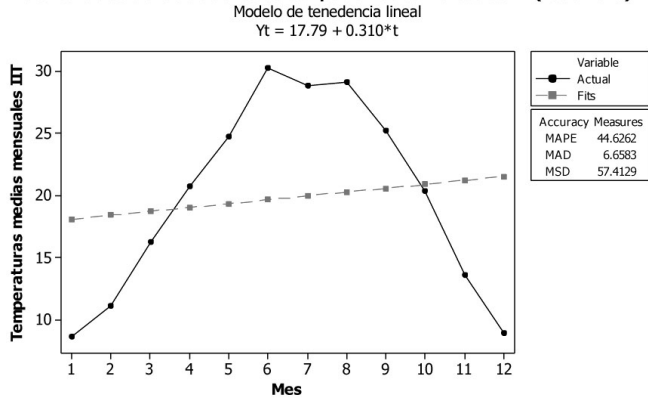


Figura 8. Gráfica de tendencia de series de tiempo, para las medias mensuales de los datos de IIT

Igualmente, y a manera de comparación, se hizo una gráfica usando las medias mensuales de los valores de las temperaturas de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Esta situación se observa en la figura 9.

Gráfica de tendencias de series de tiempo de medias mensuales CILA (1951-2010)

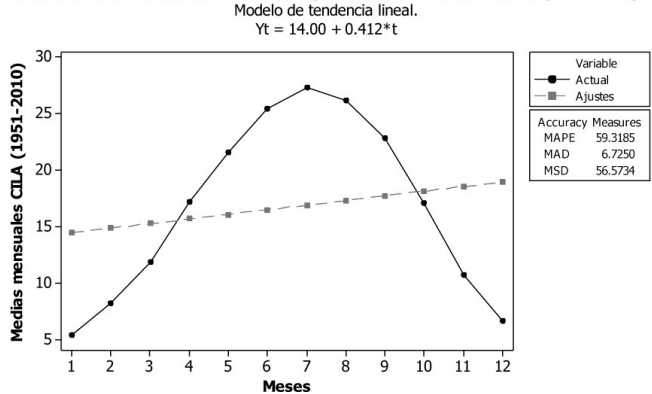


Figura 10. Gráfica de tendencia de las medias mensuales de los datos de la CILA

Asimismo, se elaboró un gráfico con las temperaturas medias mensuales sobrepuestas para los datos de IIT y CILA. Esta situación se observa en la figura 11.

Gráfica de medias mensuales CILA (1951-2010)

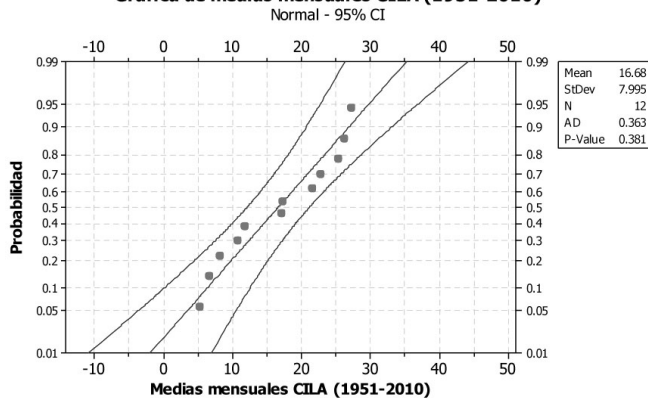


Figura 9. Gráfica de probabilidad normal para las medias mensuales de los datos de la CILA

También para fines comparativos se estructuraron gráficas de tendencia de series de tiempo de las medias mensuales de temperaturas de CILA. Esta situación se observa en la figura 10.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
5.3	8.2	12	17	21.5	25
Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
27.3	26	22.8	17.1	11	6.6
Anual				16.7	

Tabla 6. Temperaturas media mensual (°C) para Ciudad Juárez, Chihuahua, México correspondientes al periodo 1951-2011. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Normales climatológicas 1951-2010, Estado: Chihuahua, Estación: Ciudad Juárez (CILA)». Servicio Meteorológico Nacional. Consultado el 16 de octubre de 2011.

Gráficas sobrepuestas de temperaturas de IIT y CILA

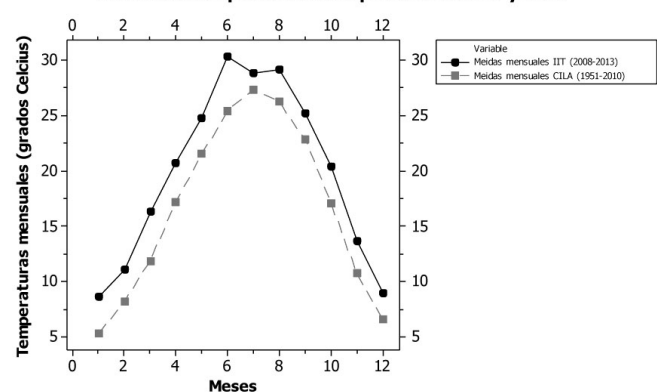


Figura 11. Gráfica comparativa de las medias mensuales de los datos de las temperaturas de IIT y las temperaturas de la CILA.

Finalmente, la metodología de este estudio consistió en hacer un análisis de regresión con los datos de las temperaturas medias mensuales del IIT y con datos de temperaturas medias registradas durante el periodo de 1951-2010 por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Este método estimó la ecuación de regresión, el coeficiente de determinación, R^2 , el valor del error estándar estimado, s , el valor PRESS y la tabla de análisis de varianza. Esta información se observa en la tabla 7.

Tabla 7.
Resultados del análisis de regresión para las medias de mensuales de IIT y CILA

Ecuación de regresión					
Medias mensuales (CILA) = - 3.01 + 0.994					
(Medias mensuales IIT)					
Predictor	Coef.	SE Coef.	T	P	VIF
Constant	-3.0097	0.7692	-3.91	0.003	
Medias mensuales (IIT)	0.99376	0.03622	27.44	0	1
S = 0.960171	R-Sq = 98.7%		R-Sq(adj) = 98.6%		
PRESS = 14.1796	R-Sq(pred) = 97.98%				
Análisis de varianza					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	693.96	693.96	752.73	0
Residual Error	10	9.22	0.92		
Total	11	703.18			

RESULTADOS

Se probaron las gráficas de distribución Normal, Gamma, Lognormal, Weibull y así sucesivamente, para los promedios de temperaturas anuales y mensuales, basando el criterio en la prueba de bondad de ajuste Anderson Darling (A-D). Se concluyó que la distribución Normal fue la que mejor se ajustó a los datos porque tuvo el valor de A-D más bajo, es decir, un valor de 0.249 y un valor-P de 0.595 para los promedios anuales. Igualmente, para los promedios mensuales, la distribución normal arrojó un valor A-D de 0.351 y un valor-P de 0.407, ambos con un intervalo de confianza del 95%. Estos datos se pueden observar en las figuras 1 y 2, respectivamente.

Los resultados del cálculo de las probabilidades de densidad y acumuladas para los datos anuales y mensuales pueden observarse en las tablas 3 y 4. Las gráficas de estos valores se muestran en las figuras 3 y 4, respectivamente. Con estos datos de las tablas 3 y 4 se pueden calcular las probabilidades de densidad y acumuladas para cualquier valor de temperatura ambiental que se desee. Por ejemplo, si se quiere calcular la probabilidad de que la temperatura mensual sea de 30.3°C , es decir, $P(X = 30.3)$, la probabilidad es de 0.0211. Análogamente, si se desea calcular la probabilidad de que la temperatura mensual sea de cuando menos 20.4°C , es decir, $P(X \geq 20.4)$, entonces, la probabilidad es 0.4705. También si se desea calcular la probabilidad de que la temperatura sea de cuando mucho 20.7°C , es decir, $P(X \leq 20.7)$, entonces la probabilidad es 0.544429 y así sucesivamente.

En relación con la estructuración de la posición gráfica de probabilidad tridimensional de temperaturas promedio anual y mensual (figuras 5 y 6), respectivamente, se puede observar que estas gráficas permiten visualizar y calcular la probabilidad de ocurrencia de la temperatura y su periodo de retorno. Por ejemplo, si se desea calcular la probabilidad de ocurrencia de una temperatura anual de 19.0 grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), por interpolación se usa la figura 5, y la probabilidad de ocurrencia será de aproximadamente 0.95, con un periodo de retorno de 1.05 años. También, si se desea calcular la probabilidad de ocurrencia de una temperatura anual de 20°C , por interpolación se usa la figura 5, la probabilidad de ocurrencia será de 0.4 con un periodo de retorno de 2.5 años. Análogamente, si se quiere encontrar la probabilidad de ocurrencia de una temperatura mensual de 30°C , por interpolación se usa la figura 6, y la probabilidad de ocu-

rrencia será de 0.1 con un periodo de retorno de 10 años y así sucesivamente.

Con respecto a la prueba de hipótesis nula (H_0), el valor resultante esperado de la hipótesis alternativa (H_A) es de 16.7°C y muestra un valor de P significativo (tabla 5).

Con relación a los resultados de la regresión lineal simple se estableció la ecuación de regresión de los datos de IIT y CILA poniendo como variable independiente los valores de CILA (tabla 6). Esta tabla muestra la ecuación de regresión como: Medias mensuales (CILA) = $-3.01 + 0.994$ (Medias mensuales IIT). Igualmente, el valor de $t = -3.91$ y el valor de $p = 0.003$ sugieren que existe una correlación muy significativa. Igualmente, de acuerdo con los valores del coeficiente de determinación $R^2 = 98.7\%$ y el error estándar estimado de $s = 0.960171$ y el valor de PRESS = 14.18; esto indica que existe una correlación significativa de los valores de las temperaturas de CILA y de IIT. Igualmente en el análisis de varianza el valor de P es también significativo, lo que refrenda lo anterior.

Por otra parte, las gráficas de series de tiempo de las tendencias anuales y mensuales de temperatura, las figuras 7 y 8, respectivamente, muestran tendencias a la alza.

Las gráficas de probabilidad Normal de los valores mensuales de la temperatura de CILA se dan en la figura 9, donde se puede apreciar un valor de A-D igual a 0.363. Este valor es mayor que el arrojado por IIT, que fue de 0.351 (figura 2).

Con relación a las tendencias de series de tiempo de temperaturas mensuales para CILA (figura 10), muestra una tendencia que va en incremento, al igual que la de IIT (figura 8). En ambas estaciones se observa que la tendencia de las temperaturas fue a la alza, situaciones que refuerzan la idea del cambio climático.

Finalmente, las gráficas sobrepuestas de la figura 11, muestran que las temperaturas son mayores

en la estación de IIT, lo que da indicios, nuevamente, del progresivo cambio climático.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

El enfoque usado en este estudio sugiere que la estructuración tridimensional de posiciones gráficas de probabilidad (figuras 5 y 6) es más precisa que las tradicionales posiciones gráficas de probabilidad usuales que asignan rangos y probabilidades y que asumen que los datos siguen a una distribución normal.

En cuanto al resultado de las temperaturas anuales, el valor de $p = 0.0001$ es muy significativo, lo que indica que el diseño experimental es aceptable.

Con relación al análisis de regresión, los resultados de $R^2 = 98.7\%$ y el valor de s indican que existe una correlación significativa entre las temperaturas de la estación de IIT y de CILA. Además, en el análisis de varianza la prueba de hipótesis de que la pendiente de la ecuación de regresión es igual a cero, se rechaza con un valor de p significativa.

En las gráficas de series de tiempo de IIT y CILA (figuras 8 y 10), se observa que los valores del intercepto y de la pendiente de las ecuaciones de regresión de ambas estaciones son parecidas, a pesar de que los periodos de tiempo fueron muy diferentes. Comparando los valores de A-D de los datos de ambas estaciones, sugieren que los datos de la estación de IIT tienen una distribución más confiable, aunque el periodo de tiempo no es igual. Asimismo, se concluye que las tendencias alcistas de ambas estaciones (IIT y CILA) son muy parecidas, aunque si bien, con valores más altos en IIT, lo que respalda los argumentos a favor del cambio climático.

Las gráficas sobrepuestas (figura 11) de los valores de las temperaturas de la estación de IIT y de CILA dan indicios de que las tasas de temperaturas en la región de Ciudad Juárez siguen aumentando y sufriendo los efectos del calentamiento global.

BIBLIOGRAFÍA

- [1.] Cunnane, C., (1978). Unbiased plotting positions: A review. *Journal of Hydrology*, vol.37: 205-222.
- [2.] Domonk, P., *et al*, (2003). Variability of extreme temperature event in South-Central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation. *International Journal of Climatology*, vol. 23, p.p. 987-1010.
- [3.] García, O.R., *et al*, (2013). Extreme temperature scenarios in Mexicali, México under climate change conditions. *Atmósfera*, vol. 26, n° 4, p.p. 509-520.
- [4.] Ward, A. D y W. J. Elliot, (1995). *Environmental Hydrology*. Lewis Publishers, CRC Press, Inc.
- [5.] Hirsch, R. M., (1987). Probability Plotting Position Formulas for Flood Records With Historical Information. *Journal of Hydrology*, vol. 96, 1-4, p.p. 186-199.
- [6.] Laboratorio de Climatología y Calidad del Aire (LCCA). (2013). Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental (DICA). Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
- [7.] Looney, S.E y J. Gullledge, (1985). Probability plotting positions and goodness of fit for normal distribution. *The Statistician*, vol. 34, p.p. 297-303.
- [8.] Quevedo, H. y A. Dominguez, (2013). Aplicaciones de Probabilidad y Estadística a Problemas de Hidrología: El Cambio Climático y sus efectos en los Recursos Hidrológicos. Editorial Académica Española. Saarbrucken, Germany.
- [9.] Ríos-Alejandro, J., (2011). Temperaturas extremas en la ciudad de Monterrey N.L. México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, vol. 17, n° 2, p.p. 225-230.
- [10.] Servicio Meteorológico Nacional, (2010). Normales climatológicas: Estado de Chihuahua. Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL08283.TXT>. Consultado el 21 de Mayo del 2014.
- [11.] Shurki, A., y A. Azman., (2007). Finding the best wind speed distribution: A case of study. World Engineering Congress. 5-9 August 2007, Penang, Malasya. p.p. 14-19.
- [12.] Shurkil, *et al*, (2012). Determination of the best probability plotting position for predicting parameters of the Weibull distribution. *International Journal of Applied Science and Technology*, vol. 2, n° 3, p.p. 106-111.
- [13.] Servicio Meteorológico Nacional, (2014). Normales climatológicas 1951-2010, Estado: Chihuahua, Estación: Ciudad Juárez (CILA). <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL08283.TXT>. Consultado el 16 de octubre de 2011.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Especificación de un modelo de emprendimiento electrónico

Cruz García Lirios*

RESUMEN

El emprendimiento digital supone la emergencia de empatía, compromiso, innovación y satisfacción que conforman un proceso orientado a la construcción de una aldea digital global. En este escenario, la desregulación del Estado avizora la participación ciudadana mediante dispositivos electrónicos con la finalidad de generar ideas para el Desarrollo Humano. Empero, en cualquiera de los escenarios, exclusión o inclusión digital, las diferencias entre los recursos y grupos exacerban las asimetrías entre los individuos. El presente trabajo plantea que en ambos contextos, brecha o aldea digital, el emprendimiento genera Desarrollo Humano, pero también intensifica la indefensión de personas expuestas al hostigamiento. Una revisión de los marcos teóricos y conceptuales, así como de los hallazgos reportados en el estado del conocimiento advierte que el emprendimiento es generado por percepciones de oportunidad que al asociarse a expectativas de compatibilidad, utilidad y facilidad generan relaciones asimétricas entre ciberusuarios. Por consiguiente, se propone un modelo para el estudio de ambos fenómenos con la finalidad de abrir la discusión acerca de la relevancia de los dispositivos electrónicos en la difusión de la equidad.

Palabras claves: brecha, Internet, emprendimiento, innovación, desarrollo

* Estudios de Doctorado en Psicología Social y Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. Profesor de asignatura, Universidad Autónoma del Estado de México, Unidad Académica Profesional Huehuetoca. Teléfono: 5622 6666 extensión 47385 correo electrónico: garcialirios@uaemex.mx

INTRODUCCIÓN

El Desarrollo Humano supone la intensificación de la educación en escenarios virtuales, pero las problemáticas relativas a los grupos que conforman las redes digitales exacerban diferencias que inhiben el desarrollo de habilidades computacionales. Es el caso del *ciberbullying*, que es producto de la utilidad y autoeficacia en el uso de protocolos informativos y dispositivos electrónicos en tanto que éstos son complementados con estrategias de ridiculización, sexismo o agresión en internet (Rojas, García y García, 2011). En este sentido, el capital humano, según lo plantea la elección racional, integra habilidades, conocimientos y valores que no sólo los llevan a la autoformación, sino al establecimiento de relaciones asimétricas con sus pares y las redes que forman más bien son una extensión de la exclusión social en la red (Ballester, Gil, Gómez y Gil, 2010).

En virtud de que el emprendimiento es un fenómeno emergente, o cuando menos adyacente a la incertidumbre y el riesgo, principales factores que motivan el Desarrollo Humano, el presente trabajo se apoya en marcos teóricos y conceptuales para explicar el emprendedurismo digital (Campillo, 2012).

La Teoría de la Elección Racional (TER), en primera instancia, y la Teoría del Capital Humano (TCH), en segunda, plantean al Desarrollo Humano como producto de la optimización de información y recursos (Simsek, 2011). Ambas aproximaciones advierten un proceso racional que se activa ante la generación de oportunidades y la formación de habilidades. Las dos teorías sostienen que las libertades de elección anteceden a las capacidades y responsabilidades (Bizer, Larsen y Petty, 2010).

Empero, la TER supone que el individuo es capaz de reunir la información suficiente para anticipar escenarios desfavorables o favorables a sus objetivos y recursos mientras que la TCH considera que la formación profesional no depende de la información disponible, sino de la calidad de su contenido (Shrroff, Denenn y Ng, 2011). En este sentido, la información optimizada determina la gestión y especialización de conocimientos que permitirán delimitar objetivos y llevar a cabo las estrategias para la consecución de los propósitos y metas (Cardon, Gregoire, Stevens y Patel, 2013).

Ambas aproximaciones fueron sintetizadas por la Teoría de la Acción Razonada (TAR) y la Teoría

del Comportamiento Planificado (TCP), antecedentes de la Teoría de la Aceptación de la Tecnología (TAT) (Wirth, Matthes, Schemer, Wettstein, Friemel, Hånggli y Siegert, 2010).

La TAR señala como clave de las decisiones racionales y la formación de capitales a las creencias que se generan de la información disponible. El acceso a fuentes informativas genera categorización de contenidos y establecimiento de temas que serán rechazados o aceptados por usuarios de los medios informativos (Rojas, García y García, 2012). De este modo, el procesamiento de información generará acciones deliberadas, pero la generalidad de contenidos en reiteradas circunstancias no se corresponde con las decisiones o acciones esperadas. La TCP propondrá que las creencias específicas se correlacionen con las decisiones y acciones delimitadas. Es así como las creencias en torno a la facilidad o utilidad de una tecnología determinará más puntualmente el uso intensivo de dispositivos electrónicos (Chuo, Tsai, Lan y Tsai, 2011).

Ambas teorías, TAR y TCP, aseguran que la información circundante es procesada por sistemas de creencias para la toma de decisiones y acciones relacionadas con tecnologías digitales, pero soslayan el efecto de recencia que supone la aceptación de dispositivos que constantemente están actualizando sus aplicaciones informativas (Summer, 2011). La TAT propondrá las percepciones de utilidad y facilidad de uso como los factores determinantes de la aceptación y uso intensivo de protocolos digitales y dispositivos electrónicos (Danes y Juyoung, 2013).

De este modo, la TER, TCH, TAR, TCP y TAT explican consistentemente el proceso de elección, aceptación y uso de tecnologías que, vinculadas con el emprendedurismo, potenciarán el Desarrollo Humano (Teh, Chong, Yong y Yew, 2010).

Por consiguiente, el emprendimiento digital, entendido como percepciones de oportunidad y capacidades de gestión e innovación de un conocimiento orientable al Desarrollo Humano, supone respuestas de una comunidad ante las problemáticas relativas a la brecha digital (Fenoll, 2011).

En el marco de la Sociedad de la Información, el emprendimiento digital es producto de los avances científicos y tecnológicos en los que los usos intensivos de los dispositivos electrónicos permiten la diversificación de iniciativas, así como la discusión de temas que por su grado de tendencia impactarán en la opinión pública (Díaz, Hernández y Roldán, 2012).

Sin embargo, el emprendimiento digital, a diferencia del emprendimiento social, está supeditado al avance tecnológico y la adopción de estilos de vida compatibles con las innovaciones electrónicas y discursivas de los internautas. Mientras que el emprendimiento digital supone la especialización y actualización de conocimientos y habilidades, el emprendimiento social implica percepciones de riesgo y oportunidad (Flores y Mendieta, 2012).

Una revisión de los estudios psicológicos del emprendimiento social y digital muestran que las percepciones de riesgo, autoeficacia y oportunidad son determinantes de iniciativas personales, grupales u organizacionales, pero son las percepciones de compatibilidad, utilidad y facilidad de uso de los dispositivos electrónicos los que explican la generación e innovación de ideas, pero también el hostigamiento entre usuarios (García, 2011).

Si el emprendimiento social determina el Desarrollo Humano, entonces la percepción de oportunidad, riesgo y autoeficacia son factores explicativos del avance educativo, laboral y sanitario, pero en el caso del emprendimiento digital, la percepción de compatibilidad, utilidad y facilidad de uso no sólo explican el avance del capital humano, sino también el hostigamiento entre pares al momento de interactuar mediante una tecnología o dispositivo electrónico (García, 2012).

Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo es revisar los estudios relativos al emprendimiento digital, la gestión y la innovación del conocimiento para especificar las relaciones entre los factores determinantes y poder discutir los alcances y límites del modelo especificado. Tal ejercicio permitirá anticipar escenarios de discusión, hostigamiento e intervención orientados al Desarrollo Humano mediante la explicación del emprendimiento digital del capital humano (Fuente, Herrero y Gracia, 2010).

Son tres los escenarios que la presente revisión espera: 1) emprendimiento digital como indicador de la brecha digital entre internautas y cibergrupos. En este escenario, la gestión e innovación del conocimiento está sin regular por el Estado y supeditada a las organizaciones con fines de lucro; 2) emprendimiento digital como indicador de la equidad informacional entre *hacktivistas* e internautas (Sandoval y Saucedo, 2010). La gestión e innovación depende de las relaciones empáticas, el compromiso y la satisfacción vital que genera el intercambio de información; 3) emprendimiento digital como indicador de la diversidad informacional promovida por la

transformación del Estado y la intensificación de la participación ciudadana, así como la apertura de los medios de comunicación y el acceso a las tecnologías y dispositivos electrónicos (García, 2013).

Cada uno de los tres escenarios supone la interrelación entre agentes informáticos, actores ciberpolíticos, internautas e inteligencias artificiales que por su grado de compatibilidad, utilidad y autoeficacia construirán otros escenarios de poder, influencia, control y dominación social (García, Orellana, Pomalaya, Yanac, Orellana, Sotelo, Herrera, Sotelo, Chavez y Fernandi, 2011).

Sin embargo, la percepción de oportunidad parece mostrarse como un factor clave en el advenimiento de alguno de los escenarios, ya que mientras el Estado no garantice el acceso a internet y la ciudadanía no lo autogestione, las ciberesferas de internautas generan oportunidades que al ser percibidas por otros ciberusuarios suponen el enfoque investigativo en este proceso (Yuangion, 2011).

¿Cuáles serían las dimensiones de la percepción de oportunidad en un contexto de brecha digital, equidad e inclusión electrónica o *hacktivismo*?

La respuesta a esta cuestión aún no ha sido elaborada por los marcos teóricos y conceptuales ni reportada como hallazgo en el estado del conocimiento, pero sí es planteada por el emprendimiento clásico, en el que es posible identificar ocho dimensiones que pudieran ser antecedentes de los factores dimensionales del emprendimiento digital (Garis, 2010).

Es por esta razón que el presente trabajo es de corte documental, ya que se revisan los estudios de 2010 a 2014 siguiendo el criterio de búsqueda de palabras claves: “emprendimiento”, “innovación”, “utilidad”, “compatibilidad”, “facilidad” o “accesibilidad” en tres buscadores: DIALNET, REDALYC y LATINDEX considerados como bastiones de información para comunidades universitarias.

PROBLEMÁTICAS RELATIVAS A LA BRECHA DIGITAL

Si el Desarrollo Humano supone la inclusión digital de los sectores vulnerables, marginados o excluidos y el *ciberbullying* implica una barrera para la inclusión y reducción de la brecha digital, entonces parece contradictorio que las habilidades y conocimientos relacionados con los dispositivos electrónicos y protocolos digitales sirvan para el Desarrollo Humano (Zampetakis y Moustakis, 2013).

Empero, las diferencias sociales entre internautas no sólo se trasladan a las redes electrónicas, sino que además se exacerbaban a medida que el lenguaje predominante es el inglés, o bien, las actualizaciones requieren de mejores dispositivos electrónicos que sólo quienes poseen los recursos económicos y el reconocimiento social podrían tener, aunque existen redes subterráneas que reducen esas diferencias al crear sus propios protocolos, las diferencias se intensifican.

No obstante, las habilidades, conocimientos y valores que suponen la formación de las competencias y capacidades de cibergentes son una vía de inclusión que al diseminarse podrían reducir la brecha digital y la exclusión digital.

México ocupa un lugar periférico en la problemática de la brecha digital que consiste en el avance científico y tecnológico de dispositivos electrónicos con acceso a información académica.

En el rubro de la accesibilidad a internet, México ocupa el último sitio con respecto a otros países integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). En contraste, Suiza, Islandia y Finlandia tienen una cobertura del 100%.

En cuanto a la penetración de internet, las urbes de México que tienen entre 10 y 49 mil habitantes, así como las que tienen entre 50 y 249 mil habitantes, están ligeramente por abajo del promedio de la OECD, pero en las ciudades con más de 250 mil habitantes la penetración está limitada.

Si de suscripciones se trata, México ocupa el quinto sitio entre las economías con menos suscriptores a internet. En este sentido, México no figura entre los países con mayor uso intensivo de dispositivos electrónicos y sus aplicaciones correspondientes.

Sin embargo, el sexto lugar en comercio electrónico es ocupado por México, mientras que Islandia ocupa el último sitio con respecto a Estados Unidos, que se consolidó con el primer lugar en cuanto a exportaciones e importaciones de tecnología.

En resumen, las problemáticas referidas a la brecha digital y la exclusión electrónica muestran que se requiere una intervención entre los países que conforman la OCDE a fin de poder reducir la brecha, promover la inclusión y la equidad informativa. A medida que el Estado garantiza los servicios digitales, no sólo acelera el proceso de inclusión y desarrollo, sino genera redes de empatía, conocimiento, emprendimiento, innovación y satisfacción que explican las diferencias con respecto a los mis-

mos países de la OCDE.

TEORÍA DEL EMPRENDIMIENTO DIGITAL

El emprendimiento digital refiere a libertades y capacidades que anteceden a los agentes de cambio. A diferencia de internautas que reaccionan saturando los servidores en protesta por las políticas públicas, los ciberagentes son quienes: 1) establecen los temas de difusión en los medios de comunicación y 2) inciden en el electorado mediante la difusión sistemática de sus derechos al acceso irrestricto a la información y la privacidad de los datos personales (Groshek, 2011).

De este modo, el emprendimiento digital está vinculado con la agencia social en tanto que promueve el cambio a partir de las competencias digitales de los internautas más que a partir del empleo de la violencia o desobediencia civil (Gu y Goldfarb, 2010).

Por consiguiente, el establecimiento de temas relativos a la agenda pública es resultado de un proceso inverso que los medios de comunicación mantuvieron para influir en las sociedades de masas al atribuir estereotipos a grupos sociales, pero ahora en la sociedad de la información, las redes de comunicación sobrepasan los niveles de audiencia, pero sobretodo influyen en las decisiones y acciones de la ciudadanía al establecer algún tema en la agenda pública que se relacione con alguna decisión infortunada de las autoridades o gobernantes (Hallak, Brown y Lindsay, 2012).

Si el emprendimiento digital es el resultado de políticas públicas que promueven la inclusión de la ciudadanía en los asuntos de gobierno a través de servicios digitales, entonces la Teoría del Emprendimiento Digital explicaría dos procesos: conformidad e innovación (Hazlina, Mohd y Rohaida, 2012).

Si la dominación y el control social es el propósito de un Estado y su ciudadanía, entonces la reproducción de la conformidad y la obediencia serían dos indicadores que contrastan con el emprendimiento y la innovación característicos de la transformación del Estado y la participación ciudadana en las políticas públicas (Hee y McDaniel, 2011).

Se trata de cuatro ámbitos en los que la relación entre Estado y sociedad generan representaciones, habitus, campos y capitales desde los que se reproduce la equidad e inclusión, pero también la inequidad y exclusión (Humanes y Moreno, 2012).

La brecha digital como producto de la dominación y el control social, la conformidad y la obediencia es explicada desde el poder que ejercen los

grupos mayoritarios sobre los grupos minoritarios (Izquierdo, 2012).

En contraste, la aldea global supondría la diseminación de confianza, emprendimiento, compromiso, innovación y satisfacción como elementos centrales de la desregulación del Estado y la participación ciudadana, pero como escenario propulsor de percepciones de compatibilidad, utilidad y autoeficacia que son determinantes en las relaciones de dominación tales como el hostigamiento entre pares (Jyoti y Jyoti 2011).

De este modo, la Teoría del Emprendimiento Digital explica la emergencia de agentes informativos, ciberactores políticos, internautas y dispositivos electrónicos que pueden ampliar o reducir la brecha digital misma que estaría indicada por la equidad e inequidad, inclusión y exclusión, conformidad e innovación, dominación y liberación, control y desregulación, obediencia y desobediencia (León, Castaño, Fajardo y Gómez, 2012).

También, la Teoría del Emprendimiento Social anticiparía el afloramiento de nuevos agentes, actores y sujetos en la medida en que los dispositivos electrónicos evolucionan, la innovación se intensifica y los riesgos aumentan (Long, 2013).

ESTADO DEL CONOCIMIENTO

Si se consideran la definición del *cyberbullying* y de prueba empírica con otras variables en un periodo de 2010 a 2014 arrojadas por una búsqueda en Radalyc, Latindex, Dialnet, principales referentes de datos en español para América Latina, entonces los estudios psicológicos del *cyberbullying* (véase figura 3) han demostrado el efecto directo, positivo y significativo de la percepción de utilidad sobre el acoso, agresión o violencia en internet o las redes sociales.

El *cyberbullying* entendido como una agresión deliberada, alevosa y sistemática de un grupo o individuo sobre otro grupo o individuo en situación indefensa (véase tabla 7), ha sido explicado a partir de diferencias entre grupos étnicos (Campbell y Smalling, 2013; Kupczynski, Mundi y Green, 2013), diferencias por sexos (Elizalde, 2010; Buelga y Pons, 2012), diferencias por pares (Quintana et al., 2012; Romera, Rey y Ortega, 2011), diferencias entre agresores, espectadores y víctimas (Mendoza, 2011; Valdés, Yañez y Martínez, 2013), por tipo de hostigamiento (Martínez, y Reild, 2013), diferencias por socialización (Garaigordobil, y Oñederra, 2010), por uso de dispositivos y por discursos (Gómez, 2013).

Empero, el *cyberbullying* no ha sido explicado desde variables perceptuales.

Aunque las relaciones entre las variables perceptuales esgrimidas explicarían el *cyberbullying*, es menester considerar un factor perceptual más a saber: la percepción de acoso.

Si el *cyberbullying* refiere a una serie de acciones que intimidan o ridiculizan el uso de una tecnología por parte de individuos o grupos indefensos, entonces la percepción de acoso se referiría a aquellos síntomas que presentan los usuarios de una tecnología al momento de interactuar con otros usuarios que son percibidos como amenazas que afectan la adopción de una tecnología o en todo caso incentivan el desarrollo de habilidades y conocimientos para la autodefensa de una víctima de *cyberbullying* o la intensificación del acoso por parte de un agresor (López y López, 2011).

Los estudios psicológicos del emprendimiento advierten que la percepción de oportunidad, derivada de los servicios digitales que el Estado gestiona o la ciudadanía autogestiona está indicado por la capacidad, oportunismo, compromiso, propensión, innovación, confianza, motivación y dedicación (Mao, Richter, Burns y Chaw, 2012).

Las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) al influir en los sistemas educativos y organizacionales propician el desarrollo de percepciones de utilidad que se relacionan directamente con decisiones de producción, gestión y reproducción de conocimiento (Zamiri, Mahamed y Baqutayan, 2012). El aprendizaje de un software supone no sólo expectativas de beneficios y ganancias, sino además está acompañado por la generación de un clima de confianza y compromiso al interior del grupo de aprendizaje.

Sin embargo, el uso intensivo de las TIC requiere de un apoyo técnico, ya que en su mayoría se trata de dispositivos que requieren mantenimiento constante. Es por ello que la percepción de utilidad se incrementa cuando el dispositivo o software tecnológico está sustentado por un apoyo técnico expedito y eficiente (Zaidel y Zhu, 2010). Cuando el soporte técnico es ineficiente, la percepción de utilidad de la tecnología se asocia con la percepción de que las tecnologías y los procesos de enseñanza y aprendizaje son independientes y que el uso intensivo de un dispositivo o software no incrementa significativamente la instrucción en el aula. En contraste, aquellos usuarios que consideran fundamental el apoyo técnico para el uso de las tecnologías asumen que el servicio debe ser expedito, ya que implica pérdidas

y costos que pueden suprimirse si el mantenimiento de los dispositivos se hiciera constantemente.

Debido a que en los sistemas educativos los instructores determinan el uso de los dispositivos y software en función de su relación con estudiantes más que con el soporte técnico, ello implica que el uso intensivo de las tecnologías a menudo se vea interrumpido por falta de mantenimiento (Bakabulindi, 2012). Ante tal situación, los instructores desarrollan percepciones de riesgo que paulatinamente sustituyen a las percepciones de utilidad.

La incertidumbre, riesgo e inseguridad son factores que inciden sobre la satisfacción en el uso del dispositivo o software electrónico (Sharma y Abrol, 2011). En ese sentido, la rentabilidad de un sistema tecnológico o electrónico se entiende como aquel que reduce costos y maximiza beneficios en cuanto a inversión, tiempo y mantenimiento del sistema.

Empero, a pesar de que las organizaciones están expuestas a contingencias, quienes toman decisiones ven en el caos oportunidades de desarrollo a partir de la implementación de tecnologías de información. Las decisiones que afectarán el clima laboral están supeditadas por percepciones de utilidad en los mandos directivos (Wang y Huynh, 2013). Son estas expectativas de oportunidad las que incentivan la aceptación, adopción, compra e implementación de dispositivos o software en las transnacionales.

Al asociarse las percepciones de utilidad con la privacidad y la seguridad, determinan la adopción de la tecnología, el mantenimiento correspondiente y la actualización que implica (Jalal, Marzooj y Nabi, 2011). En los casos en los que el manejo de datos personales implica a la percepción de riesgo por el mal manejo que pudiera presentarse de la información personal, la credibilidad y la privacidad son factores determinantes de la captura electrónica de datos personales.

En referencia a la percepción de control, la capacidad percibida y la facilidad de uso percibidas al momento del adiestramiento, capacitación, entrenamiento o inducción para familiarizarse con la tecnología, la percepción de utilidad determina, a través de las tres habilidades percibidas, el uso del dispositivo electrónico (Kotaman, 2010). Esto es así porque los usuarios están motivados para usar las tecnologías a partir de que desarrollan percepciones y habilidades en su uso intensivo.

A medida que los usuarios orientan estas habilidades según sus objetivos, cumplen sus metas

y diseminan sus logros en su equipo de trabajo, la confianza, compromiso y satisfacción determinarán la eficiencia, eficacia y efectividad formando un círculo virtuoso e innovador.

Sin embargo, cuando de la adopción, compra y consumo de una tecnología se trata, la accesibilidad al dispositivo más que su facilidad de uso, control o manipulación determina la implementación de la tecnología (Ramayah y Ignatius, 2010). En virtud de que la tecnología está en constante cambio, la inclusión de múltiples funciones genera indefensión o ambivalencia en aquellos usuarios que perciben estos cambios vertiginosos como barreras en su intento por actualizarse y especializarse en la tecnología. En el caso de la indefensión, los usuarios que no se adaptan a los cambios tecnológicos al ritmo que estos les dictan, terminan por desestimar su uso. En el caso de la ambivalencia, esta se observa en aquellos usuarios que tienen actitudes positivas hacia los dispositivos electrónicos, pero su uso les significa un mayor costo que beneficio, ya que sin ellas los resultados varían en menor grado que con su implementación.

Ambos casos, de indefensión y ambivalencia, se explican por la relación que las percepciones tienen con las creencias, actitudes, decisiones y comportamientos (Tekeher, 2013). Se trata de una relación automática o lineal, improvisada o deliberada, espontánea o planificada, asistemática o sistemática en la que:

- Las percepciones de riesgo determinan creencias generales, actitudes desfavorables, decisiones heurísticas y acciones imprevistas. O bien:
- Las percepciones de utilidad inciden en creencias específicas, actitudes favorables, decisiones planificadas y acciones sistemáticas.

No obstante que los dos procesos explican la aceptación o rechazo de una tecnología, cuando la percepción de utilidad se asocia con factores socio-demográficos tales como sexo, edad, ocupación e ingreso predicen la resistencia al cambio o actualización de la tecnología (Mutengezanwa y Fungai, 2013). Los microempresarios con mayor edad se resisten al uso de dinero electrónico mientras que las profesionistas con ingresos superiores a 10 mil dólares son más proclives al uso intensivo de tecnologías que se actualizan constantemente.

En el caso de los protocolos digitales financieros, indicador de desarrollo económico y sustentable, la actualización de software a fin de garantizar

la seguridad de los inversionistas, genera incertidumbre, riesgo, insatisfacción e inseguridad que inhibe las alianzas entre transnacionales y Pymes en los mercados locales, o bien, la internacionalización de las Pymes a través de las multinacionales en el mercado global.

Sin embargo, la compatibilidad parece tener una mayor influencia sobre la aceptación de la tecnología (Di Russo y Douglas, 2013). Los usuarios que aceptan otras tecnologías asociadas a la que pretenden adoptar están más cercanos a su consumo en comparación con quienes no han sido usuarios de alguna tecnología vinculada con la que pretenden adquirir.

En efecto, los servicios y productos tecnológicos no sólo son dispositivos o software que se actualizan en función de las exigencias del mercado, sino que además son parte de redes de tecnologías que innovan y transforman los estilos de vida de los usuarios. En este sentido, las tecnologías que han sido adoptadas generaron la confianza suficiente en los usuarios para adquirir algún dispositivo o software relacionado.

En las organizaciones la confianza en la tecnología, tanto como en los grupos de trabajo, es fundamental para la consecución de metas (Hsuan, Hsu, Shan y Ming, 2013). Se trata de un proceso en el que los usuarios pueden seleccionar una tecnología que potenciará su desempeño. Si los usuarios perciben un alto grado de utilidad en la tecnología, entonces se aproximan a un clima de confianza que se diseminará en los grupos de trabajo, proveedores de la tecnología y clientes. En contraste, aquellos usuarios que han tenido experiencias desfavorables con alguna tecnología, inhiben la selección de otras tecnologías relacionadas.

Es así como accesibilidad, compatibilidad, utilidad, confianza, compromiso, desempeño y satisfacción son parte de un proceso organizacional y tecnológico en el que los dispositivos electrónicos o software son considerados como instrumentos para el logro de metas, la planificación, control de calidad, gestión del conocimiento e innovación.

Se trata de ecosistemas digitales en los que usuarios, directivos, proveedores, clientes y tecnologías están inmersos en entornos perceptuales, emocionales, actitudinales, motivacionales e intencionales (Wiedmann, Hennings, Varelmann y Reeh, 2010). En estos ecosistemas digitales subyace como una disyuntiva organizacional la confianza en los usuarios o en los dispositivos tecnológicos. Ambos son

fundamentales para el desarrollo del ecosistema digital, pero sólo la confianza en los usuarios genera compromiso. En contraste, la confianza en la tecnología incide en el desempeño y satisfacción.

Tratándose de dispositivos electrónicos, el uso intensivo está vinculado con la satisfacción del usuarios (Sago, 2013). Un incremento en la frecuencia y horas de uso propicia un aumento en los niveles de satisfacción con la tecnología. Se trata de una compatibilidad entre la tecnología y el estilo de vida del usuario, ya que en sus actividades cotidianas la tecnología le permite un mayor confort, entretenimiento, desempeño o satisfacción.

En efecto, el uso intensivo de una tecnología está relacionado con el estilo de vida de los usuarios, ya que a mayor número de horas en el empleo de una tecnología, las necesidades y expectativas se ajustan a los cambios que experimentan el dispositivo electrónico o software computacional (Ruíz, Sanz y Tavera, 2010). Sin embargo, esta relación entre la compatibilidad percibida y el uso de la tecnología al estar mediada por las actitudes hacia la tecnología reduce su poder predictivo, ya que la categorización de los dispositivos supone la aceptación razonada, planificada y sistemática de la tecnología. Ello implica conocimientos previos acerca de las posibilidades de la tecnología, la cual no siempre corresponde con los estilos de vida.

Precisamente, la formación de actitudes hacia la tecnología implica el surgimiento de percepciones relativas a la calidad de los dispositivos electrónicos (Almahamid, McAdmas, Kalalkeh y Alsa, 2012). Cuando los usuarios perciben la utilidad de la tecnología en el mejoramiento de su desempeño, a menudo surge la calidad percibida como un factor mediador que regula las expectativas laborales y orienta las habilidades hacia un determinado producto o servicio.

No obstante que la calidad percibida selecciona la utilidad de la tecnología, es la percepción de eficacia la que determina la utilidad de dicha tecnología (Ramírez, Rondán y Arenas, 2010). En este sentido, los usuarios desarrollan expectativas no sólo de mejoramiento de sus funciones, sino de los resultados posibles que podrán obtener al aceptar una tecnología determinada.

Debido a que la eficacia refiere a la diferencia entre los objetivos esperados y los resultados obtenidos en grupos de trabajo, subyace la influencia social como determinante de la adopción de la tecnología (Kabeer y Muhammad, 2013). Un decremento

en los valores de las expectativas de los integrantes de un grupo de trabajo incide sobre la percepción de utilidad de la tecnología. Del mismo modo, en el caso de la percepción de riesgo al derivar de las expectativas del grupo, también regula la relación entre la utilidad y la decisión de usar una tecnología.

La eficacia percibida, la utilidad esperada, las expectativas de facilidad de uso y control de la tecnología, así como las actitudes, intenciones y usos están encaminadas a la satisfacción del usuario (Thiruchelvi y Koteeswari, 2013). Se trata de un círculo virtuoso en el que las percepciones se incrementan a medida que la tecnología produce satisfacción en el usuario o genera confianza, compromiso e innovación en los grupos de trabajo. Es decir, el uso intensivo de la tecnología no sólo la hace compatible con un estilo de vida individual o grupal, sino que también modifica su apropiación social.

La relación entre individuo y tecnología conlleva dos percepciones de utilidad y facilidad de uso que incidirán sobre las actitudes, intenciones y comportamientos. A nivel individual, los efectos del uso intensivo de la tecnología pueden extenderse a los grupos. En el caso de comunidades o sociedades, la utilidad percibida al asociarse con variables socio-demográficas, socioeconómicas y socioculturales ofrece la posibilidad de explicar el conflicto y cambio social que supone la aceptación de la tecnología (Torres, Robles y Molina, 2011). En el primer caso, el conflicto social es observable en la resistencia al cambio tecnológico, ya que las sociedades estuvieron orientadas por un paradigma social dominante en el que las tecnologías no eran necesarias para las actividades cotidianas o productivas. El advenimiento de las TIC propició un conflicto social que derivó en la aceptación de la tecnología y con ello en un Nuevo Paradigma Tecnológico, principal indicador de cambio social.

La aceptación de las Tecnologías de Información y Comunicación pudo deberse a la compatibilidad o la utilidad, pero fue la escalabilidad —entendida como la inclusión de otras tecnologías en una sola— la que determinó el incremento de ventas de dispositivos electrónicos (San Martín y López, 2010). A medida que las tecnologías se fusionaron e incluyeron otros servicios, la portabilidad emergió como otro valor agregado de las TIC.

La inclusión de varias tecnologías en un solo dispositivo no fue suficiente, fue indispensable que las compañías encargadas de ofrecer los servicios digitales pudieran competir abiertamente sin restric-

ciones (Pepper, Aiken y Garner, 2011). Es por ello que la portabilidad —entendida como la capacidad de una tecnología de ser administrada por más de una compañía— potenció la aceptación de los dispositivos móviles y electrónicos, así como las redes sociales virtuales.

Se trata de la adecuación de la tecnología al estilo de vida de los usuarios, o bien, a otras tecnologías de información. Cuando existe una adecuación informacional, las decisiones de inversión en tecnología se intensifican (Shaheen, 2010). Por el contrario, la desconfianza es el factor que inhibe las inversiones, ya que supone una inadecuación de la información. La información disponible resulta insuficiente para la toma de decisiones, o bien, es información sesgada que supone inversión en dispositivos de mayor costo y beneficios inciertos. Ello implica que la tecnología no es flexible para con el entorno en el que es utilizada.

Las organizaciones que se caracterizan por estilos de dirección flexibles y redes colaborativas innovadoras, a menudo adoptan tecnologías flexibles que les permiten llevar a cabo múltiples funciones, y esa cualidad determina la inversión en el capital humano (Mehra y Omidian, 2010). La tecnología que permitirá potenciar sus habilidades, conocimientos y valores es aquella que previene el tráfico o la pérdida de información.

En síntesis, los estudios psicológicos de la aceptación de la tecnología se han enfocado en las percepciones de utilidad, eficacia, control y calidad, así como en las actitudes e intenciones al ser consideradas determinantes del uso intensivo de dispositivos electrónicos (Rante y Warokka, 2013).

Los usuarios desarrollan habilidades tecnológicas que les permiten incrementar su desempeño siempre que exista un proceso deliberado, planificado y sistemático. Ello implica la formación de grupos colaborativos con climas de confianza, compromiso, innovación y satisfacción. En este sentido, la relación entre usuario y tecnología está determinada por procesos de compatibilidad, flexibilidad, escalabilidad, portabilidad, credibilidad y privacidad que hacen más factible la adopción de una tecnología y su eventual uso (Nisbet, Stoycheff y Pearce, 2012).

Sin embargo, cuando la relación entre usuario y tecnología es ambigua e incierta, subyace la percepción de riesgo, actitudes desfavorables hacia la tecnología e intenciones de resistencia al cambio que promueven la indefensión o la ambivalencia (Orantes, 2011).

Al asociarse las variables psicológicas con factores sociológicos como edad, sexo, ocupación o ingreso, explican las situaciones individuales y grupales que pueden extenderse al diagnóstico de una organización, comunidad o sociedad. En ese sentido, un modelo de relaciones de dependencia sería pertinente para el diagnóstico de grupo social que utiliza intensivamente las TIC con énfasis en las redes sociales electrónicas y virtuales.

En resumen, los estudios relativos al emprendimiento digital muestran que las percepciones de compatibilidad, utilidad y facilidad de uso son esenciales para explicar el proceso de adopción, aceptación y uso intensivo de tecnologías. En referencia a la Teoría del Emprendimiento Digital, el estado del conocimiento advierte que el oportunismo podría explicar las asimetrías entre internautas y cibergrupos al momento de establecer relaciones de poder e influencia en donde la dominación y el control social estarían asociados a una percepción de riesgo que incidiría en la conformidad, o bien, percepciones de utilidad que determinarían la innovación de minorías.

Sin embargo, mientras que los estudios relativos al emprendimiento digital advierten que los protocolos y dispositivos electrónicos, así como las competencias son esenciales para el establecimiento de temas en una agenda pública virtual, los marcos teóricos y conceptuales han desarrollado modelos para explicar el establecimiento de una agenda pública virtual. Las teorías han avanzado hacia la relación entre competencias e innovaciones obviando al emprendimiento social y reduciéndolo a la mera administración de un *ciberblog*.

En el marco de la transformación del Estado, la desregulación de los riesgos derivados de las tecnologías de información y comunicación, así como el derecho a la información y la privacidad, el emprendimiento digital estaría conformado por dimensiones de afectividad más que de racionalidad, ya que una vez sustraído el sesgo economicista, el emprendimiento sería el ejercicio de las libertades, capacidades y responsabilidades que transforman al internauta en un agente de cambio social y digital.

ESPECIFICACIÓN DEL MODELO DE VARIABLES OBSERVABLES

La especificación de un modelo supone la explicación de relaciones entre variables que al interactuar pueden correlacionarse con una tercera variable. O bien, la especificación puede aludir a

las dimensiones que conforman un constructo o variable latente desde la que se pretende explicar la emergencia de un proceso inédito como es el caso del emprendimiento digital. De este modo, un modelo de dimensiones reflejantes supone que cada uno de los indicadores está vinculado entre sí por la influencia de un proceso o factor en común que además es también emergente.

El modelo incluiría aquellas variables más citadas, aunque también las especificaciones de otros modelos tendrían cabida en la lógica explicativa del uso de las redes sociales electrónicas. En efecto, las percepciones de control, eficiencia, utilidad y riesgo interrelacionarían con actitudes, intenciones y uso de la tecnología para explicar la satisfacción.

En esta red de relaciones las variables socio-culturales relativas a normas, creencias y valores, las variables socioeconómicas y demográficas tales como sexo, edad, ocupación, ingreso y estado civil así como las variables organizacionales referentes a compatibilidad, flexibilidad, escalabilidad, portabilidad, credibilidad y privacidad quedarían excluidas. Ello se debe a que el modelo explica los procesos racionales, deliberados, planificados y sistemáticos que subyacen entre usuarios y tecnologías.

Sin embargo, al ser la satisfacción con la tecnología y las percepciones de control y riesgo constructos que los estudios psicológicos no han establecido empíricamente, el modelo de relaciones de dependencia especificadas sólo incluyó las percepciones de eficiencia y utilidad como constructos exógenos que inciden directamente en el uso de la tecnología, así como indirectamente a través de variables mediadoras tales como la actitud hacia la tecnología y la intención de uso. El modelo incluye nueve hipótesis considerando las relaciones directas e indirectas entre las percepciones y el uso de la tecnología.

De este modo, la interrelación entre la percepción de eficiencia y la percepción de utilidad determinarían directa e indirectamente el uso intensivo de la tecnología (hipótesis 1). En consecuencia, las expectativas de un funcionamiento eficiente a partir de la adopción de la tecnología incidirían directamente sobre su uso intensivo (hipótesis 2). O bien, la percepción de eficiencia al influir en las decisiones de adopción de dispositivos electrónicos incrementa su poder predictivo sobre el uso de la tecnología (hipótesis 4). Del mismo modo, las expectativas de mejoramiento al impactar las decisiones de consumo electrónico determinarían el uso de la tecnología (hipótesis 5).

Ahora bien, cuando las expectativas de eficiencia se incrementan por la adopción de una tecnología, producen categorías que influirán en las decisiones de consumo y éstas en el uso de la tecnología (hipótesis 6). De igual forma, los beneficios esperados por el uso de una tecnología generan actitudes favorables a sus decisiones de aceptación y estas mejorarán el uso de la tecnología (hipótesis 7).

Sin embargo, el uso de la tecnología puede deberse a que los consumidores simplemente categorizaron un dispositivo como favorable para la obtención de sus objetivos, o bien, el uso de una tecnología pudo deberse a que las decisiones de aceptación tuvieron un origen emocional (hipótesis 8). Es decir, la tecnología en tanto producto o servicio es susceptible de ser promovida como un objeto de deseo y es a partir de este fenómeno que los consumidores aceptan, compra, adoptan y usan la tecnología.

DISCUSIÓN

El presente trabajo ha expuesto la problemática de la brecha digital, la discusión del tema y la revisión de los marcos teóricos y conceptuales, así como los hallazgos más recientes, con la finalidad de proponer un modelo de relaciones para el estudio del emprendimiento con énfasis en la percepción de oportunidad, factor preponderante en la revisión documental.

Sin embargo, el emprendimiento digital, a diferencia del emprendimiento social, supone percepciones de oportunidad centradas en los dispositivos electrónicos más que en la confianza. En este sentido, es menester el estudio del impacto de los avances tecnológicos sobre los estilos de vida de los internautas, sus capacidades y decisiones de uso. A medida que las investigaciones se especialicen será posible anticipar escenarios en los que el Desarrollo Humano será resultado del emprendimiento de ciberesferas civiles o ciudadanas más que de la regulación y administración del Estado, puesto que la transculturalidad y transterritorialidad de internet implica un gobierno digital que vele por los mismos principios de libertad, justicia y equidad.

Empero, los estudios relativos al emprendimiento digital, en su rubro de uso intensivo, muestran que las percepciones de compatibilidad, utilidad y facilidad son determinantes de las relaciones asimétricas entre ciberusuarios y con ello las asimetrías. Esto es así porque la exclusión social parece reproducirse en internet, pero son las capacidades de procesamiento de información en función de la

evolución de la tecnología las que explicarían la brecha digital entre los mismos internautas.

La diferencia entre internautas y ciberagentes no sólo radica en sus capacidades o competencias, sino en las oportunidades y libertades que el Estado restringe al vigilar los protocolos digitales, o bien, desregula al permitir la violación de la privacidad. De acuerdo con los marcos teóricos y conceptuales, la adopción de internet supuso riesgos que los usuarios decidieron tomar al compararlos con los beneficios informativos y comunicativos. En contraste, el estado del conocimiento advierte que el *ciberbullying* es el principal factor de exclusión, reduciendo con ello, la problematización de los dispositivos electrónicos y competencias digitales que exacerbaban las brechas digitales en los mismos usuarios de una misma generación.

En consecuencia, se propuso un modelo para subsanar las discrepancias entre las teorías, modelos y estudios relativos al emprendimiento social. En esta especificación de relaciones, el *ciberbullying* sólo es considerado un indicador de la brecha digital. Aunque se proponen ocho dimensiones para el estudio de un factor asociado al emprendimiento, la percepción de oportunidad debiera tener más dimensiones que versen sobre el uso de los dispositivos electrónicos y el desarrollo de competencias para el hostigamiento de usuarios que desconocen sus derechos civiles digitales.

No obstante, la brecha digital no se reducirá sólo con la promoción de los derechos en Internet, sino con la transformación de protestas o manifestaciones electrónicas con el desarrollo de habilidades y conocimientos que permitan no sólo reaccionar ante la exclusión, sino promover relaciones equitativas y no discriminatorias entre usuarios de una misma red o protocolo electrónico.

Es decir, se requiere capacitar a las víctimas del *ciberbullying* para aumentar su autoestima, pero también para perfeccionar sus capacidades que le permitan construir escenarios virtuales de respeto y solidaridad, compromiso y empatía hacia quienes no tienen las habilidades computacionales o capacidades digitales que la sociedad de la información demanda día con día.

La prueba empírica del modelo especificado permitirá avanzar hacia la predicción de estilos de vida violentos y agresivos, así como comparar dispositivos que facilitan la empatía, compromiso y satisfacción sin que los usuarios se confronten.

El presente trabajo ha sistematizado el estado

del conocimiento enfocado en establecer diferencias entre grupos étnicos, sexuales, pares, agresores, espectadores, víctimas, o bien diferencias en cuanto a la socialización; dispositivos o discursos respecto al *ciberbullying*.

Empero, estos hallazgos han contribuido a la discusión en torno al Desarrollo Humano como un escenario en el que las percepciones de utilidad, autoeficacia y compatibilidad son inherentes a las diferencias entre grupos y la socialización de dispositivos y discursos.

A medida que las diferencias se exageran entre los grupos, emerge un debate en torno a los factores perceptuales que los hacen diferentes ante los requerimientos del Desarrollo Humano centrado en la formación del capital humano, y que tendría en el *ciberbullying* una consecuencia directa de las diferencias encontradas en la revisión de la literatura.

Sin embargo, el estado del conocimiento no establece un vínculo entre las diferencias grupales con respecto a las observadas en la socialización de dispositivos y los discursos correspondientes.

Por ello es menester llevar a cabo un estudio relativo a las diferencias entre grupos y en cuanto a los usos de tecnologías. En este proceso, las percepciones de utilidad, autoeficacia y compatibilidad permitirán esclarecer la conexión entre los grupos y dispositivos en la formación académica.

Es probable que las diferencias entre grupos permita anticipar diferencias perceptuales y de usos de dispositivos, pero podría suceder que en grupos simétricos, las percepciones de utilidad, autoeficacia y compatibilidad generen o cuando menos exageren las diferencias observadas.

Si las percepciones son determinantes de las diferencias entre grupos y los usos de tecnologías, entonces será posible anticipar la emergencia del *ciberbullying* ya no como un fenómeno grupal, sino como un fenómeno en el que los dispositivos electrónicos generan percepciones que exageran el hostigamiento entre pares o dispares.

CONCLUSIÓN

El aporte del presente trabajo a los marcos teóricos y conceptuales, así como a los hallazgos reportados por el estado del conocimiento estriba en la propuesta de un modelo para el estudio de la exclusión y brecha digital, o bien, la construcción de una aldea digital global en el que el emprendimiento y la innovación serían sus indicadores preponderantes.

Sin embargo, el modelo no incluye variables de orden tecnológica y organizacional que permitan anticipar diferencias entre usuarios ya no desde sus habilidades y conocimientos, sino desde los recursos con que cuentan y los grupos a los que pertenecen.

El presente trabajo ha expuesto los ejes teóricos, conceptuales y empíricos del *ciberbullying* en torno a los cuales el desarrollo humano ha sido considerado como un escenario de oportunidades, percepciones y capacidades. Este tridente explica en buena medida la relación entre usuarios y tecnología al momento de entablar relaciones asimétricas.

Los marcos teóricos revisados plantean al *ciberbullying* como una consecuencia de la compatibilidad entre estilos de vida agresivos y tecnologías de información que potencializan el acoso entre pares. Las relaciones asimétricas que se gestan en las redes sociales suponen la emergencia de tecnologías de información que facilitan el anonimato e incentivan la diversificación de agresiones.

Internet es un escenario en el que convergen oportunidades y capacidades, factores que permiten entender al *ciberbullying* como un fenómeno particular de las redes sociales cuyo impacto en las percepciones centra la atención en el individuo y los dispositivos que es capaz de usar para fines agresivos.

En relación al estudio de la violencia entendida como un factor preponderante en la transformación de seguridad pública en percepciones de inseguridad, el presente trabajo ha expresado que los dispositivos electrónicos aceleran la transformación en cuestión. Esto es así porque la violencia, según el estudio citado, deriva de la relación asimétrica entre autoridades y ciudadanía.

En efecto, la violencia al ser el resultado de percepciones relativas a la exclusión social supone una diseminación de creencias, actitudes, decisiones y comportamientos en ámbitos tecnológicos como internet y las redes sociales.

No obstante, las teorías, conceptos y hallazgos aún están enfocados en plantear al *ciberbullying* como un estado psicológico entre víctima y agresor. Es así como la revisión de variables alusivas al impacto de las TIC en los estilos de vida subraya a las percepciones como las determinantes de la adopción de un dispositivo electrónico, principal instrumento de agresión a usuarios de internet y redes sociales.

De este modo, el Desarrollo Humano no sólo es un escenario de relaciones asimétricas que derivan en violencia y agresión, es además un ámbito de

percepción de utilidad en el que las tecnologías y los dispositivos se convierten en instrumentos de acoso.

El *cyberbullying* en referencia al desarrollo humano implica:

- Oportunidades, tecnologías y capacidades para reproducir las relaciones asimétricas que se gestan en la vida cotidiana. En este sentido, el acoso, agresión y violencia en internet y las redes sociales indican la convergencia de dispositivos electrónicos y habilidades computacionales empleadas para exacerbar las diferencias entre agresores y víctimas.
- Teorías, conceptos y hallazgos que explican las relaciones asimétricas entre usuarios de internet. De este modo el perfil del agresor en las redes sociales parece tener una percepción de utilidad que activa percepciones de facilidad, actitudes, intenciones y comportamientos de acoso a usuarios que no perciben la utilidad de las redes para su defensa, o bien, no han aprendido las estrategias que les permitan inhibir el acoso, denunciar agresiones o prevenir la violencia.
- A internet y las redes sociales como escenarios potenciales para el acoso, agresión y violencia, ya que estas tecnologías inhiben la soledad con la interacción continua y permanente de los usuarios.

REFERENCIAS

- [1.] Almahamid, S., McAdmas, A., Kalaldehy, T. y Alsa, T. (2012). "The relationships between perceived usefulness, perceived ease of use, perceived information quality, and intention the use e-government". *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 1, 30-44
- [2.] Bakabulindi, F. (2012). "Does use of ICT relate with the way it is perceived? Evidence from mekerere university". *International Journal of Computing and ICT Research*, 6, 75-94
- [3.] Ballester, R., Gil, M., Gómez, S. y Gil, B. (2010). "Propiedades psicométricas de un instrumento de evaluación de la adicción al cibersexo". *Psicothema*. 22, 1048-1063
- [4.] Bizer, G., Larsen, J. y Petty, R. (2010). "Exploring the valence framing effect: negative framing enhances attitude strength". *Political psychology*. 32, 59-80
- [5.] Buelga, S. y Pons, J. (2012). "Agresiones entre adolescentes a través del teléfono móvil e Internet". *Psychological Intervention*, 21, 91-101
- [6.] Campbell, E. y Smalling, S. (2013). "American Indians and Bullying in school". *Journal of Indigenous Social Development*, 2, 1-15
- [7.] Campillo, C. (2012). "La gestión estratégica de la información municipal. Análisis de temas, su tratamiento e irrupción en el ayuntamiento del Elche (1995-2007)". *Revista de Estrategia, tendencia e Innovación de la Comunicación*. 3, 149170

- [8.] Cardon, M., Gregoire, D., Stevens, C. y Patel, P. (2013). "Measuring entrepreneurial passion: conceptual foundations and scale validation". *Journal of Business Venturing*, 28, 373-396
- [9.] Chuo, Y-H., Tsai, C-H., Lan, Y-L. y Tsai, C-S. (2011). "The effect of organizational support, self efficacy and computer anxiety on the usage intention of e-learning system in hospital". *African Journal of Business Management*, 5, 5518-5523
- [10.] Danes, S. y Juyoung, J. (2013). "Copreneurial identity development during new venture creation". *Journal of Family Business Management*, 3, 45-61
- [11.] Di Russo, D. y Douglas, M. (2013). "The validity of the technology acceptance model in collaboration system software". *Business and Management Reviews*, 3, 1-5
- [12.] Díaz, C., Hernández, R. y Roldán, J. (2012). "A structural model of the antecedents to entrepreneurial capacity". *International Small Business Journal*, 30, 850-872
- [13.] Elizalde, A. (2010). "Estudio descriptivo de las estrategias de afrontamiento del Bullying, en profesorado mexicano". *Journal of Research in Educational Psychology*, 8, 353-372
- [14.] Fenoll, V. (2011). "Usuarios activos y pasivos. La interactividad de la audiencia en los medios digitales". *Revista de Ciencias Sociales*. 51, 1-26
- [15.] Flores, L. y Mendieta, A. (2012). "La percepción de la nota roja periodística en primera plana, un estudio de caso". *Revista de Comunicación*. 14, 1-13
- [16.] Fuente, A., Herrero, J. y Gracia, E. (2010). "Internet y apoyo social: sociabilidad online y ajuste psicosocial en la sociedad de la información". *Acción Psicológica*. 7, 9-15
- [17.] García, C. (2011). "Estructura de las actitudes hacia el comercio electrónico". *Contribuciones a la Economía*, 14, 1-10
- [18.] García, C. (2012). "Estructura híbrida de los determinantes sociodemográficos del consumo electrónico". *Gepu*, 3, 43-53
- [19.] García, C. (2013). "Confiabilidad y validez de un instrumento de medición de búsqueda en Internet". *Antioquia*, 5, (1) 27-34
- [20.] García, L., Orellana, O., Pomalaya, R., Yanac, E., Orellana, D., Sotelo, L., Herrera, E., Sotelo, N., Chavez, H. y Fernandi, P. (2011). "Intimidación entre iguales (Bullying): empatía e inadaptación social en participantes de Bullying". *Revista de Investigación en Psicología*, 14, 271-276
- [21.] Garis, A. (2010). "Lógica temporal en verificación de modelos de software. Origen y evolución hasta tiempos actuales". *Fundamentos en Humanidades*, 11 (21), 151-162
- [22.] Gómez, A. (2013). "Bullying el poder de la violencia. Una perspectiva cualitativa sobre acosadores y víctimas en escuelas primarias de Colima". *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 18, 839-870
- [23.] Groshek, J. (2011). "Media, instability, a democracy: examining the granger causal relationships of the 122 countries from 1943-2003". *Journal of Communication*. 61, 1161-1182
- [24.] Gu, M. y Goldfarb, B. (2010). "Affect and the framing effect witting individuals over time: risk taking in a dynamic investment simulation". *Academic of Management Journal*. 53, 411-431
- [25.] Hallak, R., Brown, G. y Lindsay, N. (2012). "The place identity performance relationships among tourism entrepreneurs: a structural equation modeling analysis". *Tourism Management*, 33, 143-154
- [26.] Hazlina, N., Mohd, A. y Rohaida, S. (2012). "Nurturing intrapreneurship to enhance job performance: the role of pro-intrapreneurship organizational architecture". *Journal of Innovation Management in Small & Medium Enterprises*, 9, 1-9
- [27.] Hee, D. y Mc Daniel, S. (2011). "Using an extended Technology Acceptance Model in exploring antecedents to adopting fantasy sports league websites". *International Journal of Sport Marketing & Sponsorships*. 17, 240-253
- [28.] Hsuan, Y., Hsu, C., Shan, R. y Ming, C. (2013). "The effects of website trust, perceived ease of use, and perceived usefulness on consumer on line booking intention: Evidence from Taiwan B2B sector". *Life Science Journal*, 10, 1516-1523
- [29.] Humanes, M. y Moreno, M. (2012). "El efecto agenda sobre los temas de campaña en las elecciones generales de 2008". *Revista de Estrategia, Tendencia e Innovación de la Comunicación*. 3, 191-207
- [30.] Instituto Nacional de Estadística, Geografía

- e Informática (2010). *XIII Censo Nacional de Población y Vivienda*. México: INEGI
- [31.] Izquierdo, L. (2012). "La uniformidad temática en las secciones de internacional de los diarios madrileños frente a las secciones locales". *Communication Papers, media Literacy & Gender Studies*, 1, 97-104
- [32.] Jalal, A., Marzooj, J. y Nabi, H. (2011). "Evaluating the impacts of online banking factors of motivating the process of e-banking". *Journal of Management of a Sustainability*, 1, 32-42
- [33.] Jyoti, J. y Jyoti S. (2011). "Factors affecting orientation and satisfaction of women entrepreneurs in rural India". *Annals of Innovation Entrepreneurships*, 2, 1-8
- [34.] Kabeer, A. y Muhammad, A. (2013). "Factors affecting adopting in mobile banking in Pakistan: Empirical evidence". *International Journal and Research in Business and Social Science*, 3, 54-61
- [35.] Kotaman, H. (2010). "Turkish early childhood educators sense of teacher efficacy". *Education & Psychology*, 8, 603-516
- [36.] Kupczynski, L., Mundi, M. y Green, M. (2013). "The prevalence of cyberbullying among ethnic groups of high school students". *International Journal Educational Research*, 1, 48-53
- [37.] León, B., Castaño, E., Fajardo, F. y Gómez, T. (2012). "Cyberbullying en una muestra de estudiantes de educación secundaria: variables moduladoras y redes sociales". *Journal of Research in Educational Psychology*, 10, 771-778
- [38.] Long, H. (2013). "The relationships among learning orientation, market orientation, entrepreneurial orientation, and firm performance". *Management Review*, 20, 37-46
- [39.] López, L. y López, J. (2011). "Los modelos de adopción de tecnologías de información desde el paradigma actitudinal". *Cuadernos Ebape*, 9, 176-196
- [40.] Mao, Y., Richter, M., Burns, K. y Chaw, J. (2012). "Homelessness coverage, social reality, and media ownerships: comparing a national newspapers with to regional newspapers in Canada". *Mass Communication & Journalism*, 2, 1-7
- [41.] Mehra, V. y Omidian, F. (2010). "Predicting factors affecting university student's attitudes to adopt e-learning in using Technology Acceptance Model". *International Journal of New Trends in Education of Their Implications*, 1, 33-43
- [42.] Mendoza, B. (2011). "Bullying entre pares y el escalamiento de agresión en la relación profesor alumno". *Psicología Iberoamericana*, 19, 58-71
- [43.] Mutengezanwa, M. y Fungai, M. (2013). "Socio-demographic factors influencing adoption of Internet banking in Zimbabwe". *Journal of Sustainable Development in Africa*, 15, 132-141
- [44.] Nisbet, E., Stoycheff, E. y Pearce, K. (2012). "Internet use and democratic demand: a multinational, multinivel model of Internet use and citizen attitudes about democracy". *Journal of Communication*, 62, 249-265
- [45.] Orantes, S. (2011). "Viabilidad del Modelo de la Aceptación de la Tecnología en las empresas mexicanas. Una aproximación a las actitudes y percepciones de los usuarios de las tecnologías de la información". *Revista Digital Universitaria*, 12, 1-15
- [46.] Pepper, W., Aiken, M. y Garner, B. (2011). "Usefulness and usability of a multilingual meeting system". *Global Journal of Computer Science and Technology*, 11, 34-39
- [47.] Ramayah, T. y Ignatius, J. (2010). "Intention to shop on line: The mediating role of perceived ease of use". *Middle East Journal of Scientific Research*, 5, 152-156
- [48.] Ramírez, P., Rondán, F. y Arenas, J. (2010). "Influencia del género en la percepción y adopción de e-learning: Estudio exploratorio en una universidad chilena". *Journal of Technology, Management of Innovation*, 5, 129-141
- [49.] Rante, Y. y Warokka, A. (2013). "The interrelative nexus of indigenous economic growth and small business development: do local culture, government role, and entrepreneurial behavior play the role?" *Journal of Innovation Management in Small & Medium Enterprises*, 19, 1-19
- [50.] Rojas, R., García, V. y García, E. (2011). "The influence on corporate entrepreneurship of technological variables". *Industrial management & Data System*, 111, 984-1005
- [51.] Rojas, R., García, V., Ramírez, A. (2012). "How can we increase Spanish technology firm". *Journal of Knowledge Management*, 15, 759-778
- [52.] Ruíz, C., Sanz, S. y Tavera, J. (2010). "Análisis de los factores determinantes del uso de mensajes SMS para participar en programas de

- televisión”. *Cuadernos de Gestión*, 10, 117-132
- [53.] Sago, B. (2013). “Factors influencing social media adoption and frequency of use: An examination of Facebook, Twitter, Pinterest and Google+”. *International Journal of Business and Commerce*. 3, 1-14
- [54.] San Martín, S. y López, B. (2010). “Posibilidades de la compra venta B2C por teléfono móvil en comparación con Internet”. *Cuadernos de Gestión*, 10, 17-34
- [55.] Sandoval, R. y Saucedo, N. (2010). “Grupos de interés en las redes sociales: el caso de Hi5 y Facebook en México”. *Educación y Humanidades*. 4, 132-142
- [56.] Shaheen, Y. (2010). “The perceived usefulness of information for investment decisions: Evidence from Palestine securities exchange”. *Hebron University Research Journal*, 5, 283-307
- [57.] Sharma, R. y Abrol, S. (2011). “Concentration of on line Banking”. *International Research & Education Consortium*, 1, 22-35
- [58.] Shroff, R., Denenn, C. y Ng, E. (2011). “Analysis of the Technology Acceptance Model in examining student’s behavioral intention to use an e-portfolio system”. *Australasian Journal of Educational Technology*. 27, 600-618
- [59.] Simsek, A. (2011). “The relationships between computer anxiety and computer self efficacy”. *Contemporary Educational Technology*. 2, 177-187
- [60.] Summer, L. (2011). “The Theory of Planned Behavior and the impact of past behavior”. *International Business & Economics Research Journal*. 10, 91-110
- [61.] Teh, P., Chong, C., Yong, C. y Yew, S. (2010). “Internet self-efficacy, computer self-efficacy, and cultural factor on knowledge sharing behavior”. *African Journal of Business Management*. 4, 4086-4095
- [62.] Tekeher, S. (2013). “Mathematics teacher educator’s and pre service teacher’s beliefs about the use of technology in teaching in African university”. *International Journal of Innovative Interdisciplinary Research*, 12, 9-20
- [63.] Thiruchelvi, A. y Koteeswari, S. (2013). “A conceptual framework of employees’ continuance intention to use of e-learning system”. *Asian Journal of Research in Business Economic and Management*, 1, 3-6
- [64.] Torres, C., Robles, J. y Molina, O. (2011). “¿Por qué usamos las tecnologías de la información y comunicaciones? Un estudio sobre las bases sociales de la utilidad individual de Internet”. *Revista Internacional de Sociología*, 69, 371-392
- [65.] Wang, D. y Huynh, Q. (2013). “An assessment of the role of the perceived usefulness in the adoption of management accounting practices”. *African Journal of Social Sciences*, 3, 85-96
- [66.] Wiedmann, K., Hennings, N., Varelmann, D. y Reeh, M. (2010). “Determinants of consumers perceived trust in IT-ecosystems”. *Journal of Theoretical Applied Electronic Commerce Research*, 5, 137-154
- [67.] Wirth, W., Matthes, J., Schemer, C., Wettsstein, M., Friemel, T., Hänggeli, R. y Siegert, G. (2010). “Agenda building and setting in referendum campaign: investigating the flow of arguments among campaigners, the media, and the public”. *Journalism & Mass Media Communication*. 87, 328-345
- [68.] Yuangion, Y. (2011). “The impact of strong ties on entrepreneurial intention. An empirical study based on the mediating role of self-efficacy”. *Journal Entrepreneurship*, 3, 147-158
- [69.] Zaidel, M. y Zhu, D. (2010). “Utilization of technical support by instructor in computer supporter learning”. *International Journal of Arts and Sciences*, 14, 12-19
- [70.] Zamiri, M., Mahamed, S. y Baqutayan, S. (2012). “Exploring factor that influence knowledge sharing behavior via computer”. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Science*, 3, 799-805
- [71.] Zampetakis, L. y Moustakis, V. (2013). “Entrepreneurial behavior in the Greek public sector”. *Emerald*, 13, 1-7

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación volumétrica de microcápsulas de alginato

Sheila Irais Peña-Corona¹, Pablo León Ortiz¹,
Guillermo Mora Ramiro¹, Daniel Velázquez²,
Ma. Dolores García-Suárez³, Héctor-Daniel Serrano-García⁴,
Héctor Serrano^{1*}.

RESUMEN

El encapsulamiento de tejidos o moléculas se ha utilizado en diversos campos de la investigación. En cultivo de tejidos tridimensionales se ha evaluado el efecto de diversas sustancias hidrofílicas. Es difícil mantener compuestos hidrofóbicos en contacto estrecho y controlado con las células. Para determinar las características volumétricas, capacidad de retención y liberación de compuestos hidrofóbicos en medios de diferente polaridad de microcápsulas de alginato de calcio, se incluyó 3-metil fluoresceína en microcápsulas, se evaluó espectrofotométricamente la difusión de la fluoresceína en medio acuoso y alcohólico así como el volumen de las microcápsulas. Se encontró la relación directa entre el volumen de solución de alginato y el volumen desplazado. En medios acuosos, las microcápsulas mantienen en su interior la fluoresceína por 4 horas, pero la liberan en medios etanólicos. Se concluye que las microcápsulas de alginato de calcio son una alternativa para la inclusión y liberación controlada de compuestos hidrofóbicos.

Palabras clave: Microcapsulas, Alginato de calcio, liberación controlada.

¹ Departamento de Ciencias de la Salud .Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

² Licenciatura en Ingeniería Bioquímica Industrial. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

³ Departamento de Biología Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

⁴ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina. Av. Universidad 3000, Circuito Escolar, CU, México, 04510, D.F., México.

* Autor para correspondencia: Dr. Héctor Serrano, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento Ciencias de la Salud, Av. San Rafael Atlxco 186, Col. Ejidos del Moral, Delegación Iztapalapa, México, D.F., 09340, México. Tel: 5804 4733. Fax: 5804 4727. Correo electrónico: hser@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La bioencapsulación es uno de los métodos actuales utilizados en diferentes ramas de la investigación, la cual consiste en la incorporación de un compuesto, células o biomaterial de una matriz insoluble dentro de un complejo con las características deseadas (Yoncheva *et al.*, 2009). Es utilizada ampliamente en campos tan diversos como la industria alimentaria, biotecnología, medicina, como apósitos para heridas o el encapsulamiento de células vivas (Abreu-Nogueiro Estevinho, *et al.*, 2013; Fu, *et al.* 2013). El encapsulamiento de células vivas puede tener diferentes fines: inmovilización para mejorar las condiciones de cultivo *in vitro* e incrementar la síntesis y secreción de compuestos de importancia clínica o farmacológica (Breguet, *et al.*, 2007), mantenimiento de bacterias en la remoción de contaminantes (Takei, *et al.*, 2008) o desarrollo alternativo de excipientes para la liberación de microorganismos patógenos (Arenas-Gamboa, *et al.*, 2009). Es una herramienta que permite mantener materiales biológicamente activos.

Bajo circunstancias especialmente controladas, la permeabilidad, composición y forma, pueden actuar como si se tratara de una membrana celular artificial cuya función principal puede ser variada utilizando diferentes tipos de materiales sintéticos o biológicos (Al-Hausey, *et al.*, 2007; Chan, *et al.*, 2007). Estas variaciones en el contenido y membranas permiten a su vez grandes cambios en las propiedades y funciones de las células o moléculas biológicas que se encapsulen. Por ejemplo, cuando se confinan complejos enzimáticos, se puede lograr la conversión de desechos como la urea y amoníaco en aminoácidos esenciales (Chang, 1995).

El Alginato es un copolímero lineal, amorfo de unidades de ácido manurónico (M) y ácido gulurónico (G) unidos por enlaces glucosídicos presente en varias especies de algas; su composición química depende de la especie y de las partes de algas que se extrae.³ La resistencia del gel es directamente proporcional al peso molecular y/o contenido relativo de G (Mercadé-Prieto y Zhang, 2012). La gelificación de alginato de sodio con cationes de calcio se describe convencionalmente por el modelo “empaquete de huevo” en donde los cationes de calcio interactúan con monómeros de ácido gulurónico en las cavidades formadas de las cadenas moleculares de alginato. Este proceso se

lleva a cabo en tres etapas: (1) la interacción de calcio con un único monómero de ácido gulurónico, (2) formación de dímeros de caja de huevos y (3) la asociación lateral de dímeros a multímeros de los geles de alginato de calcio resultantes (Fu, *et al.*, 2011).

Aunque hay avances en cuanto a los diversos materiales que se utilizan en el microencapsulamiento, el fundamento de la técnica sigue siendo la misma: rodear al material biológico activo con una membrana semipermeable porosa con el fin de permitir el intercambio de moléculas necesarias para la supervivencia, viabilidad y funcionalidad del mismo. El sistema más utilizado para la fabricación de microcápsulas utiliza alginato recubierto de poli-L-lisina (Lim y Sun, 1980). Sin embargo, se ha visto que carecen de estabilidad mecánica. Se han desarrollado microcápsulas constituidas por una matriz de alginato recubierta con polipropileno microporoso que las hacen más resistentes a la compresión liberando fármacos (Pawar, *et al.*, 2012).

En el presente estudio se evaluaron las características volumétricas de la gelificación de alginato de sodio con cloruro de calcio y la liberación de moléculas cuando se encapsulan sustancias liposolubles. Los resultados indican que el volumen ocupado por las microcápsulas es proporcional a la cantidad de alginato utilizado y que la pérdida de materiales hidrofóbicos presenta una cinética de menor pérdida proporcional al tiempo requerido para la estabilización de la microcápsula.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la elaboración de las microcápsulas se utilizó alginato de sodio y soluciones de CaCl_2 ; para evaluar la pérdida de moléculas de características hidrofóbicas, se utilizó 3-metilfluoresceína disuelta al 0.1% (w/v) en etanol. Todos los reactivos utilizados fueron obtenidos de Sigma (Sigma Chem. Co. San Luis, MO, USA) o de la mayor calidad disponible.

Para evaluar las características volumétricas de las microcápsulas, se realizaron dos estrategias. La primera prueba consistió en la medición del volumen de CaCl_2 150 mM que fue desplazado por 3 volúmenes diferentes de alginato de sodio al 10% (w/v) partiendo de la idea que éste es igual al volumen de la microcápsulas formado por la gelificación. En la segunda, se midió el volumen de las microcápsulas gelificadas utilizando un vernier.

Para la evaluación de las capacidades de pér-

didada y mantenimiento de sustancias hidrofóbicas dentro de las microcápsulas, se preparó una solución de 3-metil fluoresceína 0.1% (w/v) disuelta en etanol. A partir de ella, se hizo una solución de 5µg/ml de alginato de sodio 10%. Se indujo la formación de microcápsulas por inmersión en CaCl₂ como se describió previamente y se mantuvo hasta la formación y maduración de las microcápsulas. Las diferentes microcápsulas se colocaron en solución salina a diferentes tiempos y se midió la absorbancia A₂₉₀ correspondiente al máximo de absorción de la 3-metil-fluoresceína utilizando un espectrofotómetro Perkin-Elmer Lambda 2 en celdas de cuarzo con vía de paso de 1 cm.

Para determinar la liberación inmediata de la fluoresceína, se determinó la absorbancia del sobrenadante a 10, 20, 30 y 60 min. La liberación a tiempos largos se determinó en el intervalo de 2 a 4 horas con intervalos de 30 min. Finalmente, para extraer la fluoresceína contenida en las microcápsulas, se incubaron en etanol 50% y se determinó la A₂₉₀ en la solución de etanol para determinar la liberación inmediata (10, 20, 30) min y mediata (1, 2 y 2.5 horas). La significancia estadística se obtuvo mediante la utilización de la prueba de t de Student. El nivel de significancia se tomó a p < 0.05.

RESULTADOS

La evaluación de las características volumétricas de las microcápsulas permite determinar su utilidad como contenedores de tratamientos en los cuales se utilicen distintos tipos de moléculas, en particular cuando se requieren que éstas estén en contacto con las células para así determinar sus efectos (Fратиanni, *et al.*, 2014). Como se puede ver en la figura 1, existe una relación directa entre el volumen desplazado con el que se utiliza de alginato sin que se induzca una disminución en el líquido desplazado como producto de la polimerización inducida por el calcio. De forma análoga, el volumen estimado para las microcápsulas, es también directamente proporcional al volumen de alginato de sodio que se utilice para formarlas (figura 1b).

Como puede verse en la figura 2, la liberación de la 3-metil-fluoresceína en un medio acuoso de solución salina, es estadísticamente diferente al que tendría en un medio alcohólico. Esta característica indica que mientras las microcápsulas se mantengan en un medio ligeramente diferente al cual se disuelve el fármaco, puede mantenerse en el interior con una liberación más o menos conti-

nua por lapsos menores a las 2 horas. Sin embargo, cuando el fármaco se coloca en medios similares a los utilizados en su disolución, la liberación es rápida.

La morfología de las microcápsulas es muy simple y su formación es relativamente constante dependiendo de la concentración de CaCl₂ presente en el medio, pues es mediante la intervención del ion Ca²⁺ que se estabiliza la microcápsula.

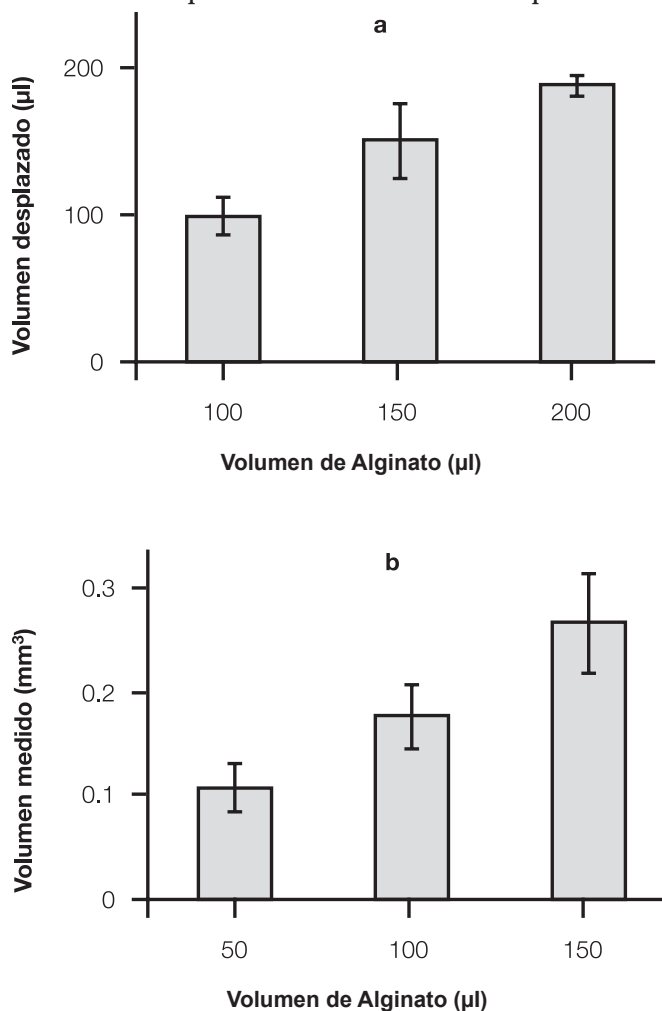


Figura 1. Las microcápsulas de alginato de calcio mantienen una relación directa con la cantidad de monómero utilizado. Se ensamblaron las microcápsulas de alginato de sodio polimerizándolas en cloruro de calcio. Primeramente, se determinó el volumen de cloruro de calcio desplazado por diferentes volúmenes de alginato de sodio (a) y posteriormente, se midieron las esferas con un vernier y se estimó el volumen ocupado (b). Se muestra el promedio de 5 evaluaciones independientes por triplicado.

DISCUSIÓN

La administración de fármacos o la implementación de cultivos *in vitro* en donde se utilizan compuestos de baja solubilidad en agua ha sido desde siempre un reto. Una estrategia es mediante el encapsulamiento que presenta, entre otras características, la dificultad de asociar la “capacidad de carga” o “volumen útil” con la estabilidad (Mercadé-Prieto, *et al.*, 2012). Las variaciones volumétricas de las microesferas ensambladas pueden ser explicadas si se considera que la tensión con la cual se forma la unión del polímero no altera de manera importante el volumen en el cual se encuentra. Se ha determinado que la dureza mecánica depende del ion bivalente que se utilice y que esto afecta de manera directa la constitución de las microcápsulas (Darrabie, *et al.*, 2006).

El volumen ocupado por las microcápsulas depende básicamente de la forma en la cual se estén ensamblando de tal suerte que la mayor parte del volumen es ocupado por los constituyentes de la fase dispersora (Balmayor, *et al.*, 2011). La capacidad de las microcápsulas para poder ser utilizadas como reservorios de productos farmacológicos depende de su capacidad

de liberación y retención de estos (Arenas-Gamboa, *et al.*, 2009). En este estudio se determinó la capacidad de mantener un compuesto con características ligeramente hidrofóbicas y su liberación en un lapso máximo de 4 horas.

CONCLUSIONES

El encapsulamiento de fármacos, células u otro tipo de moléculas, ya sea para su mantenimiento o liberación controlada, requiere de materiales de fácil manejo y de alta reproducibilidad que a la vez permitan evaluar las condiciones necesarias para el fin con el cual fueron diseñadas. Las microcápsulas de alginato de calcio permiten mantener un tamaño dependiente de la cantidad de reactivos utilizados. En el presente trabajo, la correlación entre el volumen de solución de alginato de sodio utilizada en la manufactura de las microcápsulas guarda una relación directa.

Cuando se utiliza un compuesto de hidrofobicidad media, es liberado de manera retardada si se pone en contacto con una solución polar o hidrofílica. Sin embargo, las microcápsulas liberan su contenido de manera simple cuando la fase dispersora es de la misma polaridad que el conte-

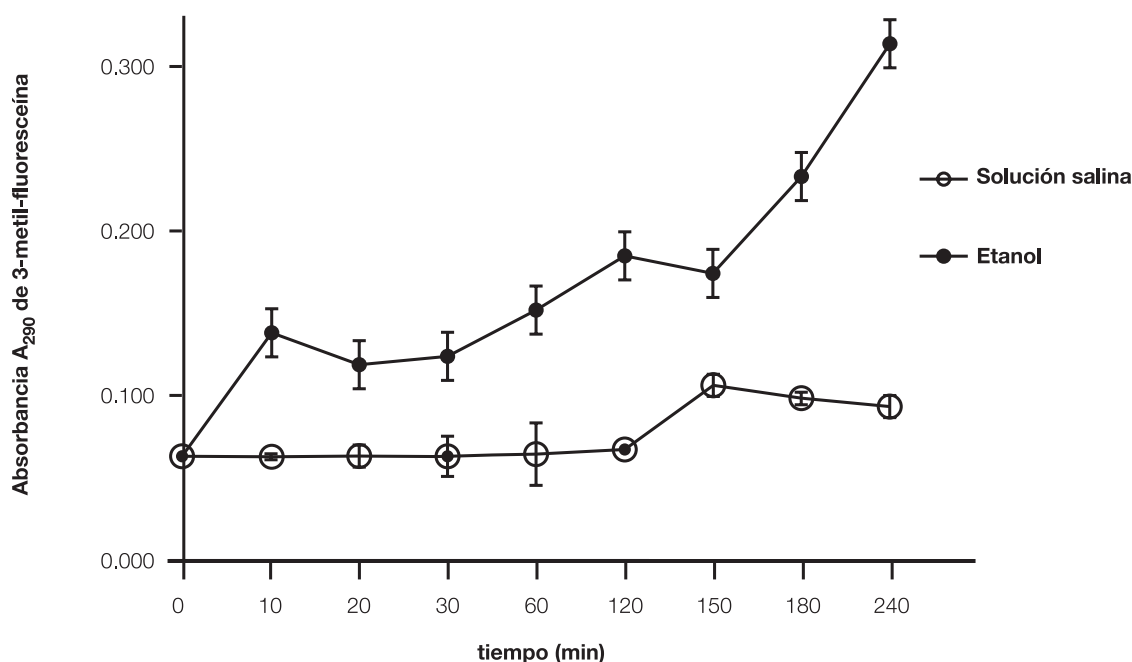


Figura 2. Las microcápsulas de alginato de calcio mantienen en su interior moléculas no polares. Se hicieron microcápsulas de alginato de sodio por inmersión de 200 μ l de alginato en cloruro de calcio. En la solución de alginato se incluyeron 5 μ g/ml de fluoresceína. Las microcápsulas se incubaron en solución salina (círculos abiertos) o etanol (círculos sólidos) y se determinó la absorbancia de la solución sobrenadante a los tiempos indicados. Se muestran promedios y desviaciones estándar de 5 determinaciones independientes por triplicado. La liberación de 3-metil-fluoresceína es estadísticamente diferente en los diferentes medios de incubación ($p < 0.05$)

nido. Finalmente, la estabilidad de las microcápsulas aún sin fase dispersora es suficiente permitiendo su manipulación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abreu Nogueiro Estevinho, B.M., Nogueira Rocha, F.A., Da Silveira Santos, L.M., Costa Alves, M.A. (2013). Using water-soluble chitosan for flavor microencapsulation in food industry. *J. Microencapsul.* 30, 571-579
2. Al Haushey, L., Bolzinger, M.A., Bordes, C., Gauvrit, J.Y., Briancon, S. (2007). Improvement of a bovine serum albumin microencapsulation process by screening design. *Int. J. Pharmacol.*, 344, 16-25.
3. Arenas-Gamboa, A.M., Ficht, T.A., Davis, D.S., Elzer, P.H., Kahl-McDonagh, M., Wong-Gonzalez, A., Rice-Ficht, A. C. (2009). Oral vaccination with microencapsulated strain 19 vaccine confers enhanced protection against *Brucella abortus* strain 2380 challenge in red deer (*Cervus elaphus elaphus*). *J. Wild Dis.*, 45, 1021-1029.
4. Balmayor, E.R., Azevedo, H.S., Reis, R.L. (2011). Controlled delivery systems: from pharmaceuticals to cell and genes. *Pharm Res.*, 28, 1241-1258.
5. Breguet, V., Gugerli, R., von Stockar, U., Marison, I.W. (2007). CHO immobilization in alginate/poly-L-lysine microcapsules: an understanding of potentials and limitations. *Cytotechnology*, 53, 81 – 93.
6. Chan, B.P., Hui, T.Y., Yeung, C.W., Li, J., Mo, I., Chan, G.C. (2007). Self-assembled collagen-human mesenchymal stem cell microspheres for regenerative medicine. *Biomaterials*, 28, 4652-4666.
7. Chang, T.M. (1995). Artificial cells with emphasis on bioencapsulation in biotechnology. *Annu. Rev. Biotechnology*, 1, 267- 295.
8. Darrabie, M.D., Kendall, W.F., Opara, E.F. (2006). Effect of alginate composition and gelling cation on microbead swelling. *J. Microencapsul.* , 23, 613-621.
9. Fratianni, F., Cardinale, F., Russo, I., Tremonte, P., Iuliano, C., Coppola, R., Nazzaro, F. (2014). Ability of synbiotic encapsulated *Saccharomyces cerevisiae* boulardii to grow in berry juice and to survive under simulated gastrointestinal conditions. *J. Microencapsul.*, 31, 299-305.
10. Fu S., Thacker, A., Sperger, D.M., Boni, R.L., Buckner, I.S., Velankar, S., Munson, E.J., Block, L.H. (2011). Relevance of rheological properties of sodium alginate in solution to calcium alginate to calcium alginate gel properties. *AAPS Pharm. Sci. Tech.*, 12, 453 – 460.
11. Lim, F., Sun, A.M. (1980). Microencapsulated islets as bioartificial endocrine pancreas. *Science*, 210, 908 – 910.
12. Mercadé-Prieto, R., Zhang, Z. (2012). Mechanical characterization of microspheres-capsules, cells and beads: a review. *J. Microencapsul.*, 29, 277-285.
13. Pawar, A.P., Shelake, M.R., Bothiraja, C., Kamble, R.N. (2012). Development of photostable gastro retentive formulation for nifedipine using low-density polypropylene microporous particles. *J. Microencapsul.*, 29, 409-416.
14. Takei, T., Yoshida, M., Hatate, Y., Shiomori, K., Kiyoyama, S. (2008). Lactic acid bacteria-enclosing poly(epsilon-caprolactone) microcapsules as soil bioamendment. *J. Biosci. Bioengin.*, 106, 268-272.
15. Yoncheva, K., Lambov, N., Miloshev, S. (2009). Modification of biodegradable poly(malate) and poly(lactic-co-glycolic acid) microparticles with low molecular polyethylene glycol. *Drug Dev. Ind. Pharm.*, 35, 449-454.

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Asimetría macromolecular en el hipotálamo de la rata de laboratorio

Héctor Serrano¹, Martha Felipe Hernández,
Alondra Castro Campillo*, José Luis Gómez Olivares,
Arturo Salame** y Héctor Daniel Serrano García***
Ma. Dolores García-Suárez*

RESUMEN

La distribución de las macromoléculas en órganos pareados usualmente es asimétrica. Existen varias evidencias que indican que hay una correlación entre la expresión asimétrica de genes y la fisiología de ese órgano. Este fenómeno afecta la fisiología total del animal, incluyendo el comportamiento sexual. En este trabajo investigamos la distribución macromolecular del hipotálamo de la rata de laboratorio en ambos sexos y las variaciones que se presentan a lo largo del ciclo estral de las hembras. Ratas de ambos sexos se sacrificaron, los hipotálamos se extrajeron y se separaron los hemisferios. Se extrajeron las diferentes macromoléculas ADN, ARN y proteínas mediante una metodología de extracción fenólica de dos etapas. Las macromoléculas aisladas se cuantificaron espectrofotométricamente. El contenido de ARN no sólo es asimétrico en ambos sexos, sino que presenta un patrón específico de cada sexo. El contenido de ARN en las hembras es mayor en el hemisferio derecho, esta macromolécula tiene una mayor cantidad en el hemisferio izquierdo de los machos. El contenido de proteínas es mayor en el hemisferio izquierdo de machos y hembras. El contenido de ADN de los hipotálamos de los machos es mayor que el de las hembras, particularmente cuando se compara el contenido de ADN del hemisferio izquierdo. Las variaciones en el contenido de ARN en las diferentes etapas del ciclo estral muestra un patrón en el cual durante el proestro se presenta el mayor contenido comparado con el diestro con una predominancia del hemisferio izquierdo, con excepción del metaestro. Los datos obtenidos indican que la asimetría y las variaciones asociadas al ciclo estral podrían dar sustento a las funciones del hipotálamo en el control de la conducta sexual de los adultos.

Palabras clave: Hipotálamo, asimetría macromolecular, ciclo estral, asimetría asociada al sexo, ratas.

1 Correspondencia: Dr. Héctor Serrano, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento Ciencias de la Salud, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Ejidos del Moral, Delegación Iztapalapa, México, D.F., 09340, México. Tel: 5804 4733. Fax: 5804 4727. Correo electrónico: hser@xanum.uam.mx

* Biología, Departamentos de Ciencias de la Salud.

** Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, México, 09340, DF, México.

***Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México Paseo de las Faculades s/n. Cd. Universitaria. México D.F. 01470 México.

INTRODUCCIÓN

Varias líneas de evidencia han mostrado que existen diferencias en la distribución de las macromoléculas en diversos órganos de los animales tanto de laboratorio como en poblaciones naturales. Se ha propuesto que la determinación de la lateralidad derecho-izquierdo implica una cascada compleja de interacciones moleculares en los vertebrados (Harvey, 1998) y que la expresión específica de algunos genes regula la activación de aquellos que llevan a cabo los procesos subsiguientes, como es el caso de la co-operación en aves de corral de los productos de los genes Sonic (Shh) y el ácido retinoico (AR) en el control de la distribución bilateral de la proteína producto del gene Lefty-1 (Tsukui *et al.*, 1999).

Estos hallazgos se han encontrado de manera similar en otros animales de laboratorio, principalmente ratones y hamster. La presencia generalizada en la mayoría de los modelos indica claramente que una vez que se ha establecido la asimetría derecho-izquierdo, el contenido macromolecular en cada una de las mitades de un órgano de simetría bilateral, puede ser diferente. Esta diferencia quizá se deba tanto a pequeñas variaciones en el número de células así como de los genes que se están expresando en cada una de estas mitades. Por otro lado, estas diferencias en el contenido macromolecular pueden ser tanto cualitativas como cuantitativas.

En la literatura se encuentra ampliamente documentado el efecto que tienen los productos génicos sobre la conducta sexual tanto de machos como de hembras. En particular, destaca la relación entre la expresión del receptor a estrógenos (ER) y la lordosis en la rata (Pfaff *et al.*, 1994), la cual se debe no únicamente a la acción del ER, sino también a las fluctuaciones en la cantidad de ARNm para el receptor a progesterona (Ogawa *et al.*, 1996).

Nuestro objetivo en el presente trabajo fue determinar las variaciones en la concentración de las principales macromoléculas (ADN, ARN y proteínas totales) en el hipotálamo de ratas hembra en las diferentes etapas del ciclo estral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio, se utilizaron ratas Wistar adultas en diferentes etapas del ciclo estral. Los ani-

males se mantuvieron en condiciones de bioterio con alimentación y agua *ad libitum* y el sacrificio se realizó de acuerdo con los lineamientos propuestos por la oficina de bienestar animal del Instituto Nacional de Salud de los Estados Unidos.

Los hipotálamos se extrajeron mediante cirugía, y para separar ambos hemisferios, se cortaron a lo largo de la línea media. Los tejidos se pesaron y depositaron en tubos individuales conteniendo el reactivo de Tri-Zol (GIBCO, Grand Island, NY, USA) en la cantidad recomendada por Chomczynski (1993). La separación de cada tipo de macromolécula se realizó mediante centrifugación a 13 000 Xg después de inducir la formación de interfases con isopropanol. En esta metodología, la fase acuosa contiene los ácidos nucleicos y la interfase a las proteínas. La separación ulterior de ADN y ARN se realizó por solubilidad diferencial en soluciones alcohólicas.

La cuantificación de cada tipo de macromoléculas se hizo mediante absorbancia en ultravioleta con la corrección de la masa del tejido original. Las diferencias estadísticas se obtuvieron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y calculando la probabilidad exacta de Fisher. Se tomó como diferencia estadísticamente significativa una $p < 0.05$.

RESULTADOS

Nuestro estudio se llevó a cabo en un grupo de cinco machos y 24 hembras primeramente para explorar la posibilidad de que hubiese diferencias en la asimetría macromolecular de machos y hembras. Como se muestra en la gráfica 1, la cantidad de ADN y proteínas que se pudo aislar del hipotálamo derecho de los machos fue mayor que la del lado izquierdo. También en machos, no pudimos detectar diferencias estadísticamente significativas en el contenido de ARN de ambos hemisferios del hipotálamo.

A diferencia de lo que se observó en machos, las hembras mostraron una diferencia significativamente mayor entre la cantidad de ARN que se aisló en el hemisferio izquierdo del hipotálamo, que el que se presentó en el hemisferio derecho. En el mismo orden de ideas, la cantidad de proteínas que se presentó en el hemisferio izquierdo de las hembras fue mayor ($p < 0.05$) en casi 0.5 μg por miligramo de tejido utilizado (Tabla 1).

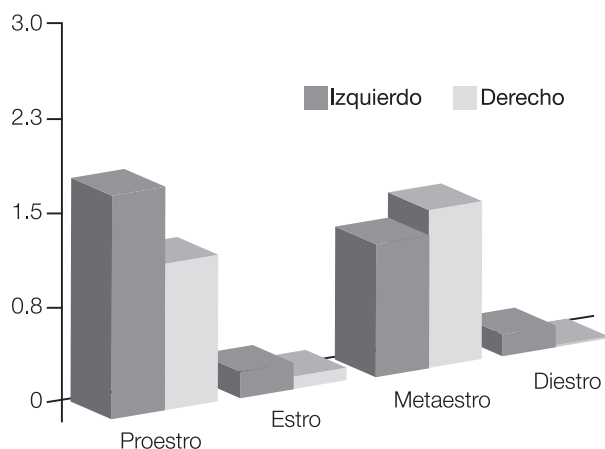


Figura 1. Variaciones en el contenido de ARN en hemisferios hipotalámicos de ratas hembras durante el ciclo estral. Los hipotálamos de ratas hembras adultas se obtuvieron y procesaron de acuerdo a lo descrito en Material y métodos. Después del aislamiento y purificación, el ARN total se cuantificó por absorbancia en ultravioleta. Los resultados son el promedio de al menos cinco hipotálamos.

Tabla 1.

Distribución macromolecular en ratas macho y hembras adultas. Se obtuvieron los hipotálamos y se homogeneizaron en el reactivo de TriZol. La cuantificación de las macromoléculas se realizó por absorbancia en ultravioleta. Los números entre paréntesis indican el número de animales utilizados en cada caso. Las diferentes letras en cada línea indican una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0.05$).

Macromolécula (10-3 µg/mg de tejido)	Machos (n=5)		Hembras (n=24)	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
ADN	56 ± 6.8 a	161 ± 2.4 b	31 ± 2.5 c	24 ± 2.3 d
ARN	263.4 ± 9.0 ab	250.3 ± 8.0 a	285 ± 8.9 b	377 ± 7.8 c
Proteínas	1943 ± 113 a	2235 ± 111 b	2675 ± 290 b	3178 ± 245 c

Para explorar la posibilidad de las variaciones en las tres macromoléculas, se realizó el sacrificio de hembras de características similares a las utilizadas en el estudio de la diferencia entre machos y hembras, pero utilizando esta vez hembras en diferentes etapas

del ciclo estral, medido por citología de descamación y evaluada al microscopio.

La cantidad de ADN que se pudo extraer del hemisferio derecho del hipotálamo semeja un comportamiento cíclico con un máximo correspondiente al estro. En el hemisferio izquierdo, esta macromolécula muestra un pico de mayor concentración durante el metaestro con un mínimo durante el proestro y el diestro (Tabla 2). El comportamiento de las proteínas extraídas del hemisferio derecho muestra un perfil similar al del ADN con un máximo también durante el estro. La misma macromolécula muestra un perfil diferente en el hemisferio izquierdo, en el cual, durante el diestro, se pudo aislar la mayor cantidad de proteínas (Tabla 2).

Tabla 2.

Cantidades de ADN y proteínas aisladas de hipotálamos de ratas hembra. Después de la obtención de los hipotálamos, se cortaron y procesaron como se indica en Materiales y métodos. Cada tipo de macromolécula se purificó y cuantificó por absorbancia en ultravioleta. Las letras diferentes en cada línea y los números en cada columna, indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Cada valor es la media ± desviación estándar de al menos cinco hipotálamos cuantificados independientemente. ND= No determinado.

Etapa del ciclo	Cantidad de ADN (10-3 µg/mg de tejido)		Cantidad de proteínas (µg/mg de tejido)	
	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo
Proestro	22.2 ± 1.6 a	14.5 ± 0.07 b	ND	ND
Estro	37.6 ± 3.1 a1	31.9 ± 2.7 a3	3.57 ± 0.28 x	2.70 ± 0.16 y
Metaestro	16.9 ± 1.0 a2	51.3 ± 2.9 b4	2.17 ± 0.29 x1	3.09 ± 0.03 y2
Diestro	21.7 ± 2.4 a	16.6 ± 0.9 b	2.56 ± 0.62 x1	3.26 ± 0.29 x2

En lo referente al ARN, en todas las etapas del ciclo fue posible aislar mayor cantidad de ARN del hemisferio izquierdo que del derecho (Figura 1), con excepción del metaestro. La diferencia en las concentraciones de esta macromolécula en cada etapa entre ambos hemisferios es muy pequeña, con excepción del proestro ($p < 0.05$). En ambos

hemisferios, la cantidad de ARN que pudimos aislar del hipotálamo mostró un comportamiento cíclico con una mayor cantidad durante el proestro y el metaestro y disminuciones significativas ($p < 0.001$) durante el estro y el diestro.

DISCUSIÓN

El comportamiento sexual es una función multipolar que puede ser estudiada a diferentes niveles. En el nivel específico de los genes, se ha encontrado que en la rata hembra existe una asimetría característica que regula varios aspectos de la conducta reproductiva (Ogawa *et al.*, 1996). Se ha demostrado que las concentraciones de calmodulina son mayores en el hemisferio izquierdo (Rodríguez-Medina *et al.*, 2002). Otros autores han establecido que el hemisferio izquierdo controla no sólo la conducta sexual, sino también la liberación cíclica de gonadotropinas (Nordeen y Yahr, 1983), mientras que el hemisferio derecho muestra mayor cantidad de receptores a progesterona, principalmente durante el proestro (McCormick y Singh, 1996).

Las variaciones en las macromoléculas, especialmente ARN, indican que estas diferencias pueden deberse a una exposición diferencial del hipotálamo de las hembras a hormonas esteroides provenientes de las gónadas dado que sus variaciones son similares a las que presentan el ARN y las proteínas encargadas de su síntesis (Ullo y Timossi, 1998). Las variaciones de este tipo de macromoléculas pueden ser detectadas en respuesta a factores que los cambios en el ARN que detectamos no se deben a variaciones en el número de células, mientras que algunas de las variaciones en el contenido de ADN y proteínas podrían explicarse por una mayor cantidad de células presentes en las muestras. Un fenómeno similar fue observado.

En conclusión, los resultados obtenidos indican que hay un cambio en la composición macromolecular, principalmente en el contenido de ARN en el hemisferio izquierdo del hipotálamo de la rata hembra. Los niveles de ARN corresponden a la preparación de los eventos que se llevan a cabo en el ciclo estral de la rata, lo que podría implicar que el ARN para algunos de los componentes enzimáticos están formando parte de esta variación. Las variaciones en el ARN del hipotálamo de las hembras es la respuesta a las variaciones de esteroides de origen gonadal a los que están expuestas las células del hipotálamo. Se necesitan estudios posteriores para evaluar la expresión específica de genes y su correlación con las variaciones de los componentes reguladores del sistema Calcio-Calmodulina.

Realizando una búsqueda que pudiese dar una dirección del campo, se hizo la consulta de las bases de datos comunes de PubMed, su versión libre PMC, así como UKPubMed, las bases de datos ESCOPUS y EMBASE y al menos por los últimos 10 años, se han publicado solamente 5 artículos asociados con la asimetría del cerebro. Sin embargo, todos ellos están asociados con alteraciones del comportamiento o a representaciones electrocardiográficas, de tomografía o de otro tipo de imágenes aplicadas.

Creemos que este tema que fue documentado con cierta profusión durante el siglo pasado presenta este hueco que estamos tratando de abarcar. Si bien se han analizado la distribución y la participación de algunos genes en el cerebro, a nivel del hipotálamo, este tipo de estudios es escaso. Aún más, una de las interpretaciones de nuestros hallazgos es la diferencia en la cantidad de células presentes en los tejidos y asociada al sexo, representa una aportación que no ha sido propuesta en la literatura.

REFERENCIAS

- [16.] Harvey, R.P. Links in the left/right axial pathway. *Cell* 94:273-276.1998.
- [17.] Tsukui, T., Capdevila, J., Tamura, K., Ruiz-Lozano, P., Rodríguez-Esteban, C., Yonei-Tamura, S., et al. Multiple left/right asymmetry defects in Shh(-/-) mutant mice unveil a convergence of the shh and retinoic acid pathways in the control of Lefty-1. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 96: 11376-11380.1999.
- [18.] Pfaff, D.W., Schwartz-Giblin, S., MacCarthy, MM., Kow, LM. Cellular and molecular mechanisms of female reproductive behavior. En: Knobil, E., Neill, J.D., eds. *The Physiology of Reproduction*, 2nd. Edition. Raven Press (New York):107-220.1994.
- [19.] Ogawa, S., Gordon, J.D., Taylor, J., Lubahn, D., Korach, K., Pfaff, D.W. Reproductive functions illustrating direct and indirect effects of genes on behavior. *Hormones Behav.* 30: 487-494.1996.
- [20.] Chomczynski, P. A reagent for the single-step simultaneous isolation of RNA, DNA and proteins from cell and tissue samples. *Bio-techniques* 15: 535-536.1993.
- [21.] Rodríguez-Medina, MA., Reyes, A., Chavarria, ME., Vergara-Onofre, M., Canchola, E., Rosado, A. Asymmetric calmodulin distribution in the hypothalamus. Role of sexual differentiation in the rat. *Pharmacol. Biochem. Behav.* 72:189-195.2002.
- [22.] Nordeen, E.J., Yahr, P.A., A regional analysis of estrogen binding to hypothalamic cell nuclei in relation to masculinization and feminization. *J. Neurosci.* 3: 933-941.1983.
- [23.] McCormick, CM., Singh, P. Asymmetry in progesterin receptor levels and sexual behavior in female rats. *Physiol. Behav.* 59: 349-354.1996.
- [24.] Ulloa, A., Timossi, C. Structure-function relationship of follicle stimulating hormone and its receptor. *Human Reprod. Update* 4:260-283.1998.

Normas de publicación para los autores

El comité editorial de *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, recibe propuestas de artículos sobre tópicos de Ciencia en General para su publicación bajo dos modalidades: artículos de investigación y artículos síntesis de investigación (Revisiones). Las normas establecidas para la publicación son las siguientes:

1. Los trabajos deberán ser de calidad científica e inéditos.

2. Una vez publicado el artículo, los derechos de autor pasan a la UACJ.

3. Los artículos pueden ser artículos de investigación original y revisiones, los cuales deberán referirse a las áreas de ciencias naturales y exactas, ajustándose al dictamen del Comité Editorial, el que evalúa la calidad de su contenido científico y decide sobre la pertinencia de su publicación.

4. Los trabajos pueden ser enviados para su publicación en el idioma inglés o el español. Los artículos deberán incluir resumen en español seguido de uno en inglés (y viceversa).

5. Los trabajos deben ajustarse al siguiente formato:

Título del trabajo, breve y conciso, menor a 120 caracteres (incluyendo espacios).

Un resumen del contenido en español de 150 palabras como máximo, y un abstract en inglés.

Nombre de los autores.

Adscripción de todos los autores.

La institución de adscripción de los autores participantes deberá incluirse como un pie de página, comenzando con el número 1.

Ejem. Ramírez, J. L.¹ y Martínez, R.²

¹ Universidad de Puebla, México.

² Universidad de Santiago Compostela, España.

Naturaleza del trabajo: artículo de investigación original, síntesis de información (Revisión).

Dirección para correspondencia que incluya: teléfono, fax y correo electrónico. El nom-

bre del autor al cual se dirigirá la correspondencia debe indicarse con un asterisco (*) y la leyenda "Autor para correspondencia".

Artículo de investigación original. Deberá constar de las siguientes secciones:

Introducción.

Método Experimental. En el caso de presentar experimentos con animales vivos, anexar aprobación del Comité De Bioética de la Institución de los autores

Resultados y Discusión.

Conclusiones.

Bibliografía. Las referencias bibliográficas deben asentarse de la forma convencionalmente establecida en español, indicando éstas en el cuerpo del texto con los apellidos del primer autor y año de publicación entre paréntesis, y los datos bibliográficos al final del escrito. La bibliografía se presenta al final del artículo por orden alfabético.

Distribuir los datos de las referencias bibliográficas de la siguiente manera:

Referencia de libro:

Apellidos, nombre del autor. Título del libro. Ciudad y País, Editorial. Número de páginas totales, año.

Ejemplo:

Foucault, Michael. Las palabras y las cosas. México: Siglo XXI. Pp. 30-45. 1984.

Referencia de capítulo libro:

Apellidos, nombre del autor. Título del capítulo. In: Apellido e iniciales del edi-

tor (ed.). Título del libro. Ciudad y País, Editorial. Páginas del capítulo, año.
Ejemplo:

Levine, F. Economic perspectives on the Comanchero trade. In: Spielmann CA (ed.). *Farmers, hunters and colonists*. Tucson, AZ: The University of Arizona Press. 155-169, 1991.

Referencia de revista:

Apellido(s) del autor, inicial(es); otros autores. (año). "Título del artículo". *Nombre de la revista*, volumen, páginas. El título de la revista debe abreviarse según el Index Medicus journal abbreviations:

<http://www.nlm.nih.gov/tsd/serials/lji.html>

Ejemplos:

Sagara, Y., Fernandez-Belda, F., de Meis, L. e Inesi, G. (1992). "Characterization of the inhibition of intracellular Ca²⁺ transport ATPases by thapsigargin". *J. Biol. Chem.*, 267, 12606-12613.

Rivas-Cáceres, R. (1999). Médanos de Samalayuca. Un urgente reclamo, una estrategia emergente. *Ciencia en la Frontera*, 1, 29-32.

Artículo de Síntesis de Investigación (revisión)

Introducción.- Se sugiere exponer enfáticamente la relevancia del tema de la Revisión dentro de un área del conocimiento.

Desarrollo del tema y subtemas.

Perspectivas.- Analizar la síntesis expuesta con el planteamiento de los posibles descubrimientos ó desarrollos dentro del área, e implicaciones de índole terapéutica, industrial, o de impacto social.

Bibliografía. Conforme se ha expuesto para los artículos de investigación original.

El manuscrito debe remitirse en formato de "Word"; la tipografía Arial de 12 puntos, con 1.5 de espacio entre renglones. La extensión del trabajo deberá ser máximo de 30 cuartillas de texto.

Las ilustraciones, cuadros y fotografías, deberán referirse dentro del texto, enumerándose en el orden que se citan en el mismo, e indicar el programa de cómputo en el que están elaborados. Los cuadros deben separarse del texto del artículo y colocarse en un listado después de la bibliografía. Los pies de figura deberán ser explícitos sin necesidad de leer el texto principal, deberán incluirse en un listado después de los cuadros. Los archivos de fotografías e ilustraciones deben enviarse aparte, indicando el título del trabajo y la secuencia (Figura 1, Figura 2, etc). Los archivos de figuras e ilustraciones deben ser menores a 2 MB.

REMISIÓN DE ARTÍCULO Y EL PROCESO EDITORIAL

Remitir el original por correo electrónico a

ciencia.frontera@uacj.mx

con atención al Comité Editorial.

En el texto del correo electrónico debe exponerse el título del artículo y los autores, en archivos anexos deben incluirse:

Datos de contacto de dos revisores que dictaminarán la calidad del trabajo, los revisores deben ser de una Institución diferente a la de los autores; las Facultades, escuelas, institutos ó centros de investigación de la misma universidad se considerarán como una misma institución; los diferentes departamentos de una empresa también se considerarán como pertenecientes a la misma institución, y por lo tanto no podrá incluirse a su personal como dictaminadores. Los datos de contacto son:

Nombre completo del revisor.

Adscripción: institución, dependencia, departamento, grupo de trabajo.

Correo electrónico.

Números de teléfono, y fax

Dirección con código postal.

El Comité Editorial acusará recibo del trabajo mediante correo electrónico. No se extienden oficios por la recepción del manuscrito. La recepción del manuscrito no garantiza su publicación.

Posteriormente a un tiempo de dictamen de un mes máximo, el Comité Editorial remite, vía correo electrónico, el trabajo a sus autores para que realicen las modificaciones que hubiera, con base en las acotaciones de los dictaminadores.

Los autores remitirán la segunda versión del manuscrito en un plazo máximo de 2 semanas y el Comité Editorial acusa recibo mediante correo electrónico. En caso de no recibir la versión corregida en este plazo, el comité se reserva el derecho de descartar la publicación y su posterior remisión se considerará como un nuevo proceso.

No se emitirán oficios por la recepción de los trabajos corregidos.

Posteriormente a la recepción del artículo en su versión definitiva, el Comité Editorial emite una acuse de recibo por correo electrónico y anunciará el proceso de revisión de galeras y publicación. Durante éste, el Comité Editorial trabaja en conjunto con la Subdirección de Publicaciones de la UACJ.

No se emiten oficios por cada artículo aceptado para publicación.

Cada fascículo se incluye en la página de publicaciones periódicas de la UACJ, bajo la dirección:

<http://www2.uacj.mx/Publicaciones/cienciaenlafrontera/default.htm>

La versión impresa de cada fascículo se procesa por la Subdirección General de Publicaciones.

